



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

**FACULDADE DE ARQUITETURA ARTES E
COMUNICAÇÃO**

**FACULDADE DE ARQUITETURA, ARTES E COMUNICAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO STRICTO SENSU : DESIGN
LINHA DE PESQUISA EM ERGONOMIA**

**ERGONOMIA DE QUADRAS URBANAS:
CONDIÇÃO TÉRMICA DO PEDESTRE**

Elisangela Cristina Sorano

Bauru - SP

2009

Elisangela Cristina Sorano

ERGONOMIA DE QUADRAS URBANAS: CONDIÇÃO TÉRMICA DO PEDESTRE

Dissertação de Mestrado apresentada junto ao Programa de Pós-Graduação em Design, linha de pesquisa em Ergonomia, da Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – Campus de Bauru, como parte dos requisitos para obtenção do Título de Mestre em Design.

**Orientadora: Prof.^a Dr.^a Léa Cristina
Lucas de Souza**

Bauru - SP

2009

Sorano, Elisangela Cristina.

Ergonomia de Quadras Urbanas: condição térmica do pedestre./ Elisangela Cristina Sorano, 2009.

135 p.

Orientador: Léa Cristina Lucas de Souza

Dissertação (Mestrado)–Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação, Bauru, 2009


1. Ergonomia Ambiental. 2. Conforto Térmico Urbano. 3. Conforto Ambiental. I. Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação. II. Título.



ATA DA DEFESA PÚBLICA DE MESTRADO DE ELISANGELA CRISTINA SORANO, DISCENTE DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESIGN, DA FACULDADE DE ARQUITETURA, ARTES E COMUNICAÇÃO, UNESP - CAMPUS DE BAURU.

Aos vinte dias do mês de março de dois mil e nove, às nove horas, na Sala da Congregação dos Órgãos Colegiados da UNESP - campus de Bauru, instalou-se a Comissão Examinadora da defesa pública de Mestrado, composta pelos seguintes membros: Prof^ª. Dr^ª. Léa Cristina Lucas de Souza (presidente), docente do programa de pós-graduação em Design da UNESP - campus de Bauru; Prof^ª. Dr^ª. Gianna Melo Barbirato, docente da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de Alagoas e Prof. Dr. José Carlos Plácido da Silva, docente do programa de pós-graduação em Design da UNESP - campus de Bauru, a fim de proceder à arguição pública da defesa de Mestrado de **Elisangela Cristina Sorano**, discente do programa de pós-graduação em Design, desta Faculdade, dissertação intitulada: **Ergonomia de quadras urbanas: condição térmica do pedestre**. Abertos os trabalhos, foi dada a palavra à Prof^ª. Dr^ª. Gianna Melo Barbirato que arguiu a candidata por quarenta minutos, tendo esta respondido em vinte minutos. Em seguida, o Prof. Dr. José Carlos Plácido da Silva arguiu a candidata por quarenta minutos, tendo esta respondido em vinte minutos. Finalmente, a Prof^ª. Dr^ª. Léa Cristina Lucas de Souza discorreu sobre o trabalho por vinte minutos. Logo após, reuniu-se a Comissão Examinadora tendo chegado ao seguinte julgamento que de público foi anunciado: Prof^ª. Dr^ª. Gianna Melo Barbirato – conceito: "aprovado"; – Prof. Dr. José Carlos Plácido da Silva conceito: "aprovado" e Prof^ª. Dr^ª. Léa Cristina Lucas de Souza – conceito:

[Handwritten signatures and initials in blue ink, including a large circular signature at the bottom right.]

"aprovado". A Comissão Examinadora apresentou o conceito final: **"APROVADO"**. Nada mais havendo a tratar, foi lavrada a presente Ata, que vai por mim assinada, Silvio Carlos Decimone  e pela Comissão Examinadora. Bauri, vinte dias do mês de março de dois mil e nove.



Prof. Dr. Léa Cristina Lucas de Souza
(Presidente)



Prof. Dr. Gianna Melo Barbirato



Prof. Dr. José Carlos Rêgo da Silva

“Eu vou só
Vou buscando um tempo de sonhar
Vou chegar
Vai saber
Que muda o dia de qualquer um
Se o sol chegar, é bom
Tudo é melhor
Com essa cor

No fundo
O mundo é que nem um
Chão de sementes
Eu faço da terra molhada
O meu jardim
Espero as flores se abrirem
Como se a gente soubesse
Que o amor nunca vai ter fim.”

Monique Kessous
(Trecho da música “Com essa Cor”)

Dedico este trabalho primeiramente a Deus, o todo poderoso, por ter me dado a vida e me guiado durante toda minha caminhada.

Dedico também à minha mãe, Vanderli, pelo exemplo de amor ao ensino público e ao meu pai, Osvaldo, por sempre ter aguçado minha curiosidade pelo novo e meu interesse pelo conhecimento.

Finalmente, dedico à minha única irmã, Ana Carolina, por desde a infância me mostrar suas novas descobertas e me apontar o melhor caminho.

Agradecimentos

De forma especial, agradeço aos meus pais pelo incentivo e apoio à minha carreira profissional, pela dedicação às filhas e pelo apreço à união de nossa família. À minha irmã, Ana Carolina, pela amizade e amor incondicional que nos une e nos ajuda a superar todos os obstáculos. Ao meu cunhado Gerson pelo incentivo, por meio do seu exemplo, a seguir a carreira acadêmica. À minha avó, Angelina, pelo amor que espalha por toda a família.

À professora Léa Cristina Lucas de Souza, pela oportunidade de orientação, pela amizade e pela constante disposição em me guiar por caminhos, até então, por mim desconhecidos.

À minha amiga Marta pela amizade, sinceridade, incentivo nos momentos de dúvida e sabedoria no ouvir e no falar.

Aos professores do programa de Pós-Graduação em Design da UNESP responsáveis pelas disciplinas que cursei, pelo ensino e incentivo.

À Belinha e à Lolita por seu amor incondicional, mesmo diante de minhas ausências.

Aos bolsistas de iniciação científica, Mariene Giunta e Cezar Tente pela cooperação na pesquisa.

Às pessoas que autorizaram a instalação dos data-loggers em suas residências e estabelecimentos comerciais e àqueles que de bom grado responderam aos questionários.

À FAPESP, pela concessão da bolsa de mestrado.

A todos meus familiares e amigos que me acompanharam, me auxiliaram e me incentivaram a me dedicar a esta pesquisa.

Resumo

Sorano, Elisângela Cristina. **Ergonomia de quadras urbanas: condição térmica do pedestre, 2009.** 136p. Dissertação (Mestrado em Design) - Programa de Pós-Graduação *Stricto-sensu* em Design, Universidade Estadual Paulista, Bauru, 2009

Abordando o caráter interdisciplinar da ergonomia, esta pesquisa propõe a avaliação das influências do ambiente urbano de um bairro residencial da cidade de Bauru-SP, Brasil, sobre a temperatura do ar na escala do pedestre e conseqüentemente do conforto térmico do mesmo. O bairro escolhido para estudo de caso apresenta tendência ao adensamento, heterogeneidade construtiva quanto à verticalidade e complexidade de uso do solo. A metodologia englobou: a observação da área de estudo para identificação das atividades humanas ali realizadas; a classificação das quadras segundo parâmetros formais, de uso e ocupação do solo; registros da temperatura do ar em 10 pontos fixos; avaliação do conforto térmico do pedestre por meio da aplicação de questionários e coleta de dados microclimáticos; e avaliação do ambiente térmico e da sensação térmica do pedestre por meio da inter-relação das características do tecido urbano com os dados climáticos da área estudada e a sensação térmica do pedestre. O cruzamento dos dados foi realizado com auxílio do Sistema de Informações Geográficas (SIG) Arc View, que gerou mapas temáticos relacionando os atributos climáticos medidos com os padrões de uso do solo. Como resultado, se determinou o comportamento térmico da malha urbana e a sensação térmica experimentada pelo pedestre, sendo possível verificar que o uso do solo urbano interfere tanto na temperatura do ar como conforto térmico do homem. Os resultados obtidos por essa pesquisa poderão servir de base para o planejamento urbano sustentável que proporcione ambientes favoráveis às atividades humanas.

Palavras-Chave: Ergonomia Ambiental; Conforto Térmico Urbano; Conforto Ambiental.

Abstract

Sorano, Elisangela Cristina. **Urban blocks Ergonomics: pedestrian thermal condition, 2009.**136p. Dissertation (MSC in Design) – Graduate Studies in Design, State University of São Paulo, Bauru, 2009.

Addressing the interdisciplinary character of Ergonomics, this research proposes the evaluation of the influences of the urban environment on the air temperature at the pedestrian level in a residential neighborhood of the city of Bauru, in the state of São Paulo, Brazil. Its thermal comfort is also analyzed. The neighborhood chosen for the case study presents densification tendency, heterogeneous verticality and complexity of land use. The methodology consisted of: field observation of the study area in order to identify the human activities being carried out; classification of urban blocks according to their formal parameters of land use and occupation; records of air temperature at 10 reference points; evaluation of thermal comfort for the pedestrian through the application of questionnaires and microclimatic data collection; evaluation of the thermal environment and pedestrian thermal sensation, by means of the interrelationship of the urban characteristics with the climatic data of the study area and walking thermal sensation. The Geographic Information Systems (GIS) Arc View was applied to cross-examining the data, generating thematic maps that allowed the comparison of weather attributes and land use patterns. As a result, it was determined the thermal behavior of the urban network and the thermal sensation experienced by the pedestrian, in this way being possible to verify that the use of urban land interferes in both air temperature and thermal comfort of man. The results reached in this research could help on the basis for sustainable urban planning that would provide favorable environments to human activities.

Key-words: Environmental ergonomics; Urban thermal comfort; environmental comfort.

Sumário

Lista de Figuras	xiii
Lista de Gráficos	xvi
Lista de Quadros	xvii
Glossário	xix

INTRODUÇÃO	1
Objetivo	3
Objetivo Geral	3
Objetivo Específico	3
Estrutura da Dissertação	3

1. CLIMA, MORFOLOGIA URBANA E CONFORTO TÉRMICO	5
1.1. Ergonomia ambiental	6
1.2. Clima	7
1.3. O Clima Urbano	9
1.4. Morfologia Urbana	12
1.4.1. Porosidade	13
1.4.2. Rugosidade	13
1.4.3. Áreas Densamente Construídas	13
1.4.4. Tamanho da cidade	16
1.4.5. Uso e ocupação do solo	16
1.4.6. Orientação e Largura das Ruas	16
1.4.7. Cobertura do Solo e Propriedades dos Materiais Urbanos	19
1.4.8. Altura dos edifícios	21
1.4.9. Efeitos da Vegetação no Clima Urbano	22
1.5. Conforto Térmico no Espaço Urbano	25
1.5.1. Índices de Conforto térmico	30
1.5.1.1. Índices de Conforto Térmico para Ambientes Externos	32
1.5.2. Estudos de Conforto Térmico em Espaços Externos	34

2. MATERIAIS E MÉTODOS	5
2.1. Roteiro Metodológico	37
2.2. Etapa 01: Revisão Bibliográfica	38

2.3.	Etapa 02: Definição da área de estudo	38
2.3.1.	Características Gerais	38
2.3.2.	Características Climáticas	39
2.3.3.	O Fragmento Urbano Estudado	40
2.3.4.	Identificações Realizadas por Estudos Anteriores	42
2.4.	Etapa 03: Observação do Objeto de Estudo	43
2.5.	Etapa 04: Classificação das Quadras	44
2.6.	Etapa 05: Eleição dos pontos para levantamento de dados.	44
2.7.	Etapa 06: Observação sistemática do objeto de estudo	44
2.7.1.	Medições Fixas de Temperatura	44
2.7.2.	Instrumentação Utilizada para as Medições Fixas	45
2.7.3.	Avaliação do Conforto Térmico	46
2.7.4.	Instrumentação Utilizada para a Avaliação do Conforto Térmico	48
2.8.	Etapa 07: Incorporação dos dados a um Sistema de Informações Geográficas	50
2.9.	Etapa 08: Cruzamento de dados e Análise	50
3.	CLASSIFICAÇÃO DAS QUADRAS E SELEÇÃO DOS PONTOS DE MEDIÇÃO	51
3.1.	Observação do Objeto de Estudo	51
3.2.	Classificação das Quadras	58
3.3.	Eleição dos pontos para levantamento de dados.	67
4.	RESULTADOS E ANÁLISES	69
4.1.	Comportamento Térmico da Malha Urbana	69
4.1.1.	Tratamento dos dados	70
4.1.2.	Análise dos dados climáticos	71
4.1.2.1.	Comparação entre as temperaturas da estação meteorológica (IPMET) e da área urbana de estudo	82
4.1.2.2.	Análise da influência dos parâmetros urbanos no comportamento térmico da área de estudo	88
4.1.2.2.1.	Taxa de Ocupação	90
4.1.2.2.2.	Índice de Aproveitamento (IA)	94
4.1.2.2.3.	Altura Média das Edificações	98
4.1.2.2.4.	Área Livre	102

4.1.3.	Discussão dos resultados para as medições fixas _____	107
4.2.	Avaliação do Conforto Térmico _____	108
4.2.1.	Cruzamento dos dados climáticos com as variáveis: sensação térmica, preferência térmica e grau de satisfação. _____	115
4.2.2.	Vegetação _____	117
4.2.3.	Materiais das Superfícies _____	120
4.2.4.	Cruzamento entre o comportamento térmico da malha urbana e a avaliação do conforto térmico. _____	122
4.2.5.	Discussão dos resultados da Avaliação do Conforto térmico do pedestre _____	123
5.	CONSIDERAÇÕES FINAIS _____	125
5.1.	Recomendações para trabalhos futuros _____	127
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS _____	128
	APÊNDICE _____	134

Lista de Figuras

Figura 1.1: Comportamento dos ventos de acordo com a morfologia do tecido urbano. Fonte: Bustos Romero (2001). _____	14
Figura 1.2: Distribuição esquemática da radiação solar incidente em (a) área rural, (b) Área construída com razão H/W =1 e (c) Área urbana com alta densidade construída, com razão H/W =4. Fonte: Givoni (1998). _____	15
Figura 1.3: Comportamento dos ventos quando sua direção é perpendicular à dos edifícios. Fonte: Bustos Romero (2001). _____	18
Figura 1.4: Efeito da largura dos edifícios no comportamento dos ventos Fonte: Bittencourt e Cândido (2006). _____	19
Figura 1.5: Albedo de materiais e superfícies urbanas. Fonte: Espereenc (2003) apud Barbirato et al (2007). _____	20
Figura 1.6: Comportamento dos ventos em relação à altura dos edifícios Fonte: Bustos Romero (2001). _____	22
Figura 1.7: Absorção da vegetação. Fonte: Adaptado de Bustos Romero (2001) _____	24
Figura 1.8: Vegetação e ofuscamento. Fonte: Adaptado de Bustos Romero (2001). _____	24
Figura 1.9: Representação esquemática dos efeitos da vegetação na modificação da direção dos ventos. _____	25
Figura 1.10: Equilíbrio térmico humano. Fonte: Bustos Romero (1988). _____	27
Figura 2.1: Localização da cidade de Bauru - SP Fonte: Yamaguti (2006). _____	39
Figura 2.2: Fotografia aérea da região de estudo com localização de referências Fonte: Adaptado de Google Earth (2008). _____	41
Figura 2.3: Área selecionada para estudo – ZR3. Fonte: Souza (2006). _____	42
Figura 2.4: Mapas de Ilhas de calor. Fonte: Postigo e Souza (2007). _____	42
Figura 2.5: Perspectiva dos edifícios mostrando as manchas de temperatura média do ar. Fonte: Postigo e Souza (2007). _____	43
Figura 2.23: Datta-logger dentro da capa protetora. _____	46
Figura 3.1: Fluxo de pessoas na entrada principal do Shopping Center. _____	52
Figura 3.2: Ponto de ônibus localizado em frente ao Shopping Center. _____	52
Figura 3.3: Alto fluxo de pessoas em frente à empresa de cobrança e prestação de serviços. _____	53
Figura 3.4: Funcionários da empresa de cobrança e prestação de serviços no horário do lanche. _____	53

Figura 3.5: Funcionários da empresa de cobrança e prestação de serviços.	54
Figura 3.6: Pessoas descansando à sombra de uma árvore na única praça da região.	54
Figura 3.7: Uso do entorno do aeroclube como pista de caminhada	55
Figura 3.8: Área de permanência próxima ao aeroclube.	55
Figura 3.9: Fluxo de pessoas aos serviços e comércios.	56
Figura 3.10: Pedestres e prestadores de serviços na Marginal da Avenida Nações Unidas.	56
Figura 3.11: Pessoas em ponto de ônibus na Alameda Dr. Otávio Pinheiro Brizzola.	57
Figura 3.12: Pessoas em ponto de ônibus na Marginal da Avenida Nações Unidas.	57
Figura 3.13: Bairro Vila Cidade Universitária dividido em três loteamentos. Fonte: Constantino (1995) e Giunta (2008).	58
Figura 3.14: Implantação dos edifícios nas quadras. Fonte: Postigo (2006).	59
Figura 3.15: Área construída. Fonte: Postigo (2006).	60
Figura 3.16: Volume construído. Fonte: Postigo (2006).	60
Figura 3.17: Classificações pela forma geométrica. Fonte: Giunta (2007).	61
Figura 3.18: Classificadas pelo índice de aproveitamento médio Fonte: Adaptado de Giunta (2007).	62
Figura 3.19: Classes integradas. Fonte: Adaptado de Giunta (2007).	63
Figura 3.20: Classificação de massa-vegetação.	65
Figura 3.21: Classificação pelo Fator de forma de quadra.	66
Figura 3.22: Foto aérea com os pontos de medição selecionados. Fonte: Adaptado de Google Earth (2008).	67
Figura 4.1: Temperaturas Máximas (C°) Diárias.	89
Figura 4.2: Temperaturas Mínimas (C°) Diárias.	89
Figura 4.3: Amplitudes Térmicas (C°) Diárias.	90
Figura 4.4: Diferenças Térmicas entre área urbana e rural.	90
Figura 4.5: Cruzamento entre taxa de ocupação e Temperatura Máxima (°C) do ar.	91
Figura 4.6: Cruzamento entre taxa de ocupação e Temperatura Mínima (°C) do ar.	92
Figura 4.7: Cruzamento entre taxa de ocupação e os dados de amplitude térmica (°C).	93
Figura 4.8: Cruzamento da taxa de ocupação e diferença entre a temperatura média (°C) diária urbana rural (IPMET).	94
Figura 4.9: Cruzamento entre índice de aproveitamento e temperatura máxima do ar (°C).	95

Figura 4.10: Cruzamento entre índice de aproveitamento e temperatura mínima do ar (°C).	96
Figura 4.11: Cruzamento entre índice de aproveitamento e amplitude térmica (°C).	97
Figura 4.12: Cruzamento do índice de aproveitamento com a diferença entre temperatura média (°C) diária urbana e rural.	98
Figura 4.13: Cruzamento entre Altura Média das Edificações e Temperatura Máxima (°C).	99
Figura 4.14: Cruzamento entre Altura Média das Edificações e Temperatura Mínima (°C).	100
Figura 4.15: Cruzamento entre Altura Média das Edificações e Amplitude Térmica (°C).	101
Figura 4.16: Cruzamento da altura média das edificações com a diferença entre temperatura média (°C) diária urbana e rural.	102
Figura 4.17: Cruzamento entre área livre das quadras e temperatura máxima (°C)	103
Figura 4.18: Cruzamento entre área livre das quadras e temperatura mínima (°C)	104
Figura 4.19: Cruzamento entre área livre das quadras e amplitude térmica (°C).	105
Figura 4.20: Cruzamento entre área livre das quadras e amplitude térmica (°C)	106

Lista de Gráficos

Gráfico 0.1: Crescimento da população urbana em detrimento da rural. Fonte: IBGE (2000).	1
Gráfico 4.1: Comparativo entre as Temperaturas médias horárias do ar (°C) durante todo o período de coleta e as Temperaturas horárias do ar (°C) em 26/12/07 no Ponto 07.	71
Gráfico 4.2: Comparativo entre as Temperaturas médias horárias do ar (°C) durante todo o período de coleta e as Temperaturas horárias do ar (°C) em 26/12/07 no Ponto 09.	71
Gráfico 4.3: Temperatura média do ar (°C) em função do horário.	83
Gráfico 4.4: Temperatura média diurna (°C) – das 7h às 19h.	85
Gráfico 4.5: Temperatura média Noturna (°C) – das 20h às 6h	85
Gráfico 4.6: Diferença entre Temperatura (°C) média diária, diurna e noturna dos pontos urbanos e do IPMET	86
Gráfico 4.7: Diferença entre Temperatura (°C) média noturna dos pontos urbanos e do IPMET.	86
Gráfico 4.8: Distribuição da amostra por faixa etária.	109
Gráfico 4.9: Distribuição da freqüência relativa do gênero dos entrevistados.	110
Gráfico 4.10: Distribuição da freqüência das atividades realizadas.	110
Gráfico 4.11: Distribuição da freqüência de moradores do bairro.	111
Gráfico 4.12: Comparativo das respostas sobre a sensação térmica nos 10 pontos.	112
Gráfico 4.13: Comparativo das respostas sobre a preferência térmica nos 10 pontos.	113
Gráfico 4.14: Comparativo das respostas sobre o grau de satisfação dos pedestres.	114

Lista de Quadros

Quadro 1.1: Calor cedido ao ambiente (W), segundo a atividade desenvolvida pelo indivíduo. Fonte: Mesquita (1977) apud Frota e Schiffer (2001).	27
Quadro 1.2: Tipo de vestimenta e valor correspondente do clo. Fonte: Costa (2003).	29
Quadro 2.1: Dados climáticos de Bauru – Período 1961 a 1990. Fonte: Centro de Pesquisas Meteorológicas e Climáticas aplicadas à Agricultura (2008).	40
Quadro 2.2: Equipamentos de Medições Fixas.	45
Quadro 2.3: Equipamentos de Coleta de Dados Microclimáticos	49
Quadro 4.1: Período e Características da Coleta de Medidas Fixas.	69
Quadro 4.2: Fichas de caracterização climática dos 10 pontos de coleta de dados	72
Quadro 4.3: Resumo das médias de Temperatura Atmosféricas (°C) e Amplitude Térmica (°C).	82
Quadro 4.4: Valores médios de temperatura do ar mínima e máxima, amplitude térmica e diferença entre a temperatura média diária urbana e rural (IPMET).	83
Quadro 4.5: Diferença horária entre a Temperatura do ar (°C) noturna dos 10 Pontos e a Temperatura do ar (°C) noturna no IPMET e intensidade das ilhas de calor.	87
Quadro 4.6: Taxa de ocupação dos Pontos.	90
Quadro 4.7: índice de Aproveitamento dos Pontos.	94
Quadro 4.8: Altura Média das edificações em cada ponto.	98
Quadro 4.9: Área Livre (m ²).	102
Quadro 4.10: Influências dos parâmetros urbanos sobre os dados climáticos.	106
Quadro 4.11: Data e Horário de coleta dos Questionários dos dados microclimáticos.	108
Quadro 4.12: Dados microclimáticos coletados durante a aplicação dos questionários.	111
Quadro 4.13: Questões do questionário sobre conforto térmico e variável relacionada.	112
Quadro 4.14: Classificação dos pontos segundo as variáveis de sensação térmica, preferência térmica e grau de satisfação.	115
Quadro 4.15: Densidade de vegetação nos pontos de coleta de dados.	117

Quadro 4.16: Temperatura Média do ar (°C), Material e Temperatura média (°C) das superfícies do entorno do pedes_____120

Glossário

Albedo: razão entre a quantidade de radiação refletida e a quantidade total de radiação incidente.

Amplitude térmica: diferença entre as temperaturas mínima e máxima registras em determinado local, num certo período de tempo.

Índice de Aproveitamento: razão entre a área máxima total de construção (incluindo todos os pavimentos) e a área do lote

Morfologia Urbana: elementos formais que constituem uma área urbanizada, compreendem a forma dos edifícios e das quadras, a altura das construções e o espaço entre elas, a largura e orientação das ruas, a orientação das edificações e a presença ou não de vegetação.

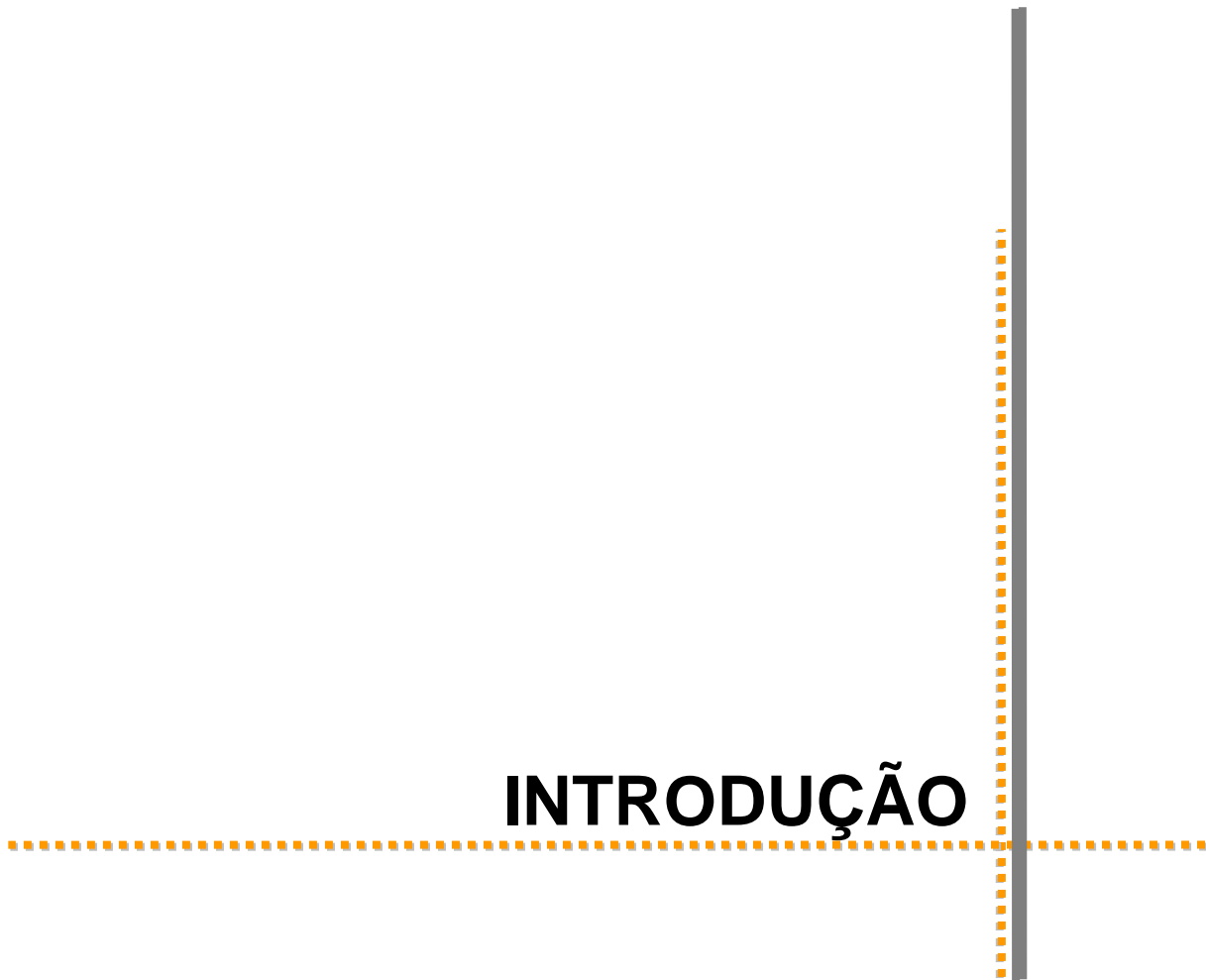
Porosidade: é representada pela maior ou menor permeabilidade de uma estrutura urbana à passagem dos ventos expressa por meio do espaçamento entre as edificações e/ou arranjos morfológicos, diversidade de altura das edificações e índice de fragmentação das áreas construídas.

Rugosidade: características urbana que expressa a influência das diferentes alturas das edificações sobre o fluxo de ar.

Sotavento : região contrária àquela que barra o vento, caracterizada por ser uma zona protegida do vento.

Taxa de Ocupação: razão entre a área projetada da edificação sobre e a área do terreno.

INTRODUÇÃO



INTRODUÇÃO

A Ergonomia Ambiental, estudando a interface homem-ambiente, engloba estudos do ambiente construído, utilizando vários aspectos para avaliar a relação humana com suas atividades. No caso dessa pesquisa, propõe-se que o ambiente gerado pela configuração urbana seja avaliado através da qualidade térmica proporcionada ao pedestre e/ou usuários dos espaços urbanos.

Durante as últimas décadas, as cidades dos países menos desenvolvidos têm atraído a população rural. A numerosa migração rural e as elevadas taxas de reprodução têm provocado uma explosão do crescimento urbano. A afluência de população para as cidades acontece numa velocidade que o planejamento, a ampliação da administração e o estabelecimento de um controle sanitário adequado não conseguem alcançar (LOMBARDO, 1985).

No Brasil 81,25% da população vive na área urbana (IBGE, 2000). Até 1960 predominava no país a população rural, no recenseamento de 1970 já se constatou o predomínio da população urbana com 56% da população nacional. Com a grande migração acompanhada de alto crescimento vegetativo, houve uma rápida expansão das cidades (figura 1.1). Esse processo de urbanização sem planejamento tem resultado em intensa e profunda manipulação do ambiente, causando sérias transformações que recaem sobre a paisagem local, afetando o estado psicológico e fisiológico dos habitantes.

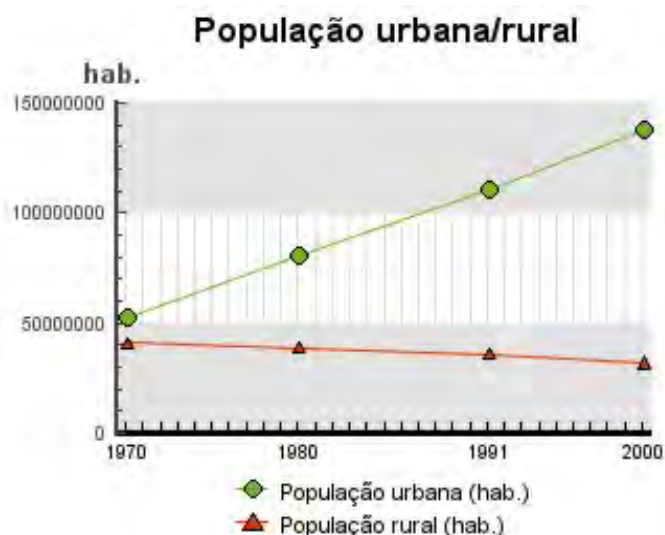


Gráfico 0.1: Crescimento da população urbana em detrimento da rural. Fonte: IBGE (2000)

Uma cidade sem planejamento adequado de uso do solo, com ausências de parâmetros adequados de verticalização e ocupação, sobretudo onde ela cresce a uma velocidade rápida e com poucos recursos técnicos, pode colocar em risco a qualidade de vida dos seus habitantes.

Um dos fatores mais preocupantes no ambiente das cidades que contribui para a qualidade de vida da população residente relaciona-se com as transformações no clima local. Este pode ser influenciado por uma série de fatores como densidade demográfica e de construção, intensidades do fluxo de veículos e pedestres, estrutura e morfologia urbana, configuração vertical, padrões de edificação, uso do solo, áreas livres e áreas verdes. Segundo Oke (1978) o clima urbano é o resultado das modificações causadas pelo processo de urbanização na superfície terrestre e das características atmosféricas de um determinado local e para Bustos Romero (2001) o clima urbano é a modificação substancial de um clima local.

Ao se considerar o clima urbano na escala das edificações e dos elementos de seu entorno fala-se em microclima, que apresenta características diferentes em diversas regiões de uma mesma cidade. O microclima intraurbano resulta dos impactos causados pelo ambiente urbano no clima local. Chama-se “ilha de calor” o microclima criado por uma região urbanizada que passa a apresentar temperaturas noturnas mais elevadas que as da área rural.

De acordo com Toudert & Bensalem (2001) a geometria urbana é responsável pelo clima urbano global, particularmente pelo aparecimento da ilha de calor, o sistema de ventos e o armazenamento de calor no edifício, modificando o balanço de energia e os efeitos da obstrução do sol e do vento.

Tais alterações climáticas exercem influência na sensação térmica do usuário tanto de ambientes externos como do interior das edificações. É neste ambiente, com inúmeras modificações climáticas sofridas ao longo de seu desenvolvimento, que acontece, com crescente frequência e intensidade, a maior parte das atividades humanas

Para Martins (2003), a ergonomia do ambiente construído tem como objeto de estudo a relação entre as interações do homem com o espaço modificado, e sua adequação a partir de técnicas e métodos do design universal, acessibilidade, arquitetura, desenho urbano, entre outros. Oliveira (1993) afirma que o homem, por meio de suas ações e de seu papel no processo de ocupação, é capaz de alterar a

forma urbana (conformação das características do sítio versus massa edificada) possibilitando alterações do clima urbano.

Estudando e conhecendo os fatores que influenciam o microclima urbano torna-se possível manipulá-los ao se planejar cidades ou bairros para que se tornem mais adequados à região em que serão implantados e ao uso a que se destinam, tornando-se mais confortáveis termicamente e favoráveis ao bem-estar dos seus habitantes e usuários.

Este trabalho se propõe a verificar a influência da estrutura urbana sobre as condições do clima de um bairro residencial na cidade de Bauru-SP, que apresenta tendência ao adensamento e verticalização.

Objetivo

Objetivo geral

O projeto tem como objetivo estabelecer relações entre parâmetros urbanos de uso e ocupação do solo com as temperaturas urbanas e o conforto térmico do pedestre.

Objetivos específicos

Relacionar os padrões de quadra com as temperaturas urbanas alcançadas;

Mapear as condições térmicas da área urbana estudada;

Verificar as possíveis relações entre fatores urbanos e o conforto térmico humano para algumas atividades desenvolvidas em áreas externas em locais de permanência e passagem;

Identificar características de ocupação que tenham influência no conforto térmico do usuário.

Estrutura da Dissertação

Esta dissertação foi dividida em cinco capítulos. A introdução resgata um breve panorama a respeito do assunto a ser estudado, apresentando os objetivos a que esta pesquisa se propõe e a estrutura desta dissertação.

O Capítulo 01 apresenta a revisão bibliográfica e a fundamentação teórica da pesquisa. Abordam-se a função da ergonomia ambiental no planejamento urbano; o clima, seus fatores e elementos; o clima urbano, a morfologia urbana e o conforto térmico dos usuários de ambientes externos.

No segundo capítulo descreve-se a metodologia aplicada neste trabalho. Foram detalhadas as etapas da pesquisa, explicitando a forma como esta se desenvolveu, incluindo os instrumentos utilizados e os questionários aplicados na coleta de dados. Apresenta-se o município de Bauru – SP, onde o estudo foi desenvolvido, dando-se ênfase ao bairro em que a pesquisa se efetivou, sendo descritos os aspectos climáticos, a localização e as principais características morfológicas da região.

No capítulo 03 estão expostos os resultados da classificação das quadras urbanas e a seleção dos pontos de coleta de dados.

O capítulo 04 apresenta inicialmente os resultados obtidos com as medições fixas de temperatura e as análises que culminaram na determinação do comportamento térmico da malha urbana. Posteriormente são expostos os resultados alcançados pela aplicação de questionários e simultânea coleta de dados microclimáticos. Finalmente, com base em tais resultados, é feita a avaliação do conforto térmico do pedestre.

No quinto e último capítulo são feitas, as considerações finais a respeito do trabalho e alguns apontamentos para futuros estudos na área.

No final do trabalho estão descritas as referências bibliográficas utilizadas na elaboração desta dissertação.

É importante observar que por essa dissertação ter sido desenvolvida num momento de transição das regras ortográficas, no texto ainda está sendo aplicada a regra antiga de ortografia para a língua portuguesa.

**CLIMA, MORFOLOGIA URBANA
E CONFORTO TÉRMICO**

01

1. CLIMA, MORFOLOGIA URBANA E CONFORTO TÉRMICO

O processo de urbanização sem planejamento tem resultado em intensa e profunda manipulação do ambiente, causando sérias transformações que recaem sobre a paisagem da cidade afetando o estado psicológico e fisiológico dos habitantes. As alterações da paisagem natural e sua substituição pelo ambiente construído ocasionam forte mudança no balanço de energia, trazendo mudanças no conforto térmico, na qualidade do ar e no impacto meteorológico (Monteiro & Mendonça, 2004).

Em virtude da urbanização acelerada e sem planejamento pesquisadores da área ambiental têm demonstrado crescente preocupação e interesse no conhecimento do clima urbano, o que pode ser constatado a partir de consultas a anais de encontros da área. No Brasil, foi criada a partir de 1997 uma sessão técnica específica para o tema nos Encontros Nacionais sobre Conforto no Ambiente Construído (ENCAC). Internacionalmente, deve-se ressaltar a International Conference on Urban Climate (2003), na qual constou uma série de sessões de interesse de arquitetos e planejadores urbanos, e os encontros da Passive and Low Energy Architecture (PLEA), nos quais os artigos sobre clima urbano estão diluídos entre as várias sessões segundo o enfoque específico do trabalho (FARIA & MENDES, 2004), em 2005 foi criado o Congresso Luso Brasileiro para o Planejamento Urbano, Regional, Integrado e Sustentável (PLURIS), uma parceria entre pesquisadores brasileiros e portugueses, cujo objetivo principal é discutir e relacionar aspectos do planejamento urbano e regional, do ambiente construído e da qualidade de vida, da mobilidade e dos transportes. Na área da ergonomia os principais congressos como o ERGODESIGN e o da Associação Brasileira de Ergonomia (ABERGO) também reservam uma sessão para a Ergonomia do Ambiente Construído, na qual é incluída a ergonomia ambiental.

Segundo Lombardo (1985), a urbanização, considerada em termos de espaço físico construído, altera significativamente o clima urbano, considerando-se as superfícies de absorção térmica, impermeabilização dos solos, alterações na cobertura vegetal, concentração de edifícios que interferem no efeito dos ventos, contaminação da atmosfera pela emissão de gases.

Sabendo-se do grande impacto que o ambiente urbano causa no clima local, criando microclimas dentro das cidades, assim como foi descrito por Landsberg (1981), Oke (1987) e Givoni (1989), torna-se justificável o crescente interesse em estudar o clima urbano e em suas condicionantes. Estas variáveis exercem influência

não somente nos espaços urbanos abertos, mas também interagem diretamente com as envoltórias das edificações urbanas.

Com o intuito de compreender melhor a interação entre o clima, o ambiente urbano e o comportamento humano, este capítulo traz uma revisão bibliográfica a respeito da ergonomia ambiental e sua atuação, do clima em geral, com destaque para o clima urbano e suas condicionantes, da morfologia urbana e finalmente do conforto térmico.

1.1. .Ergonomia ambiental

Segundo Moraes e Mont'Alvão (2000), conceitua-se a ergonomia como tecnologia projetual das comunicações entre homens e máquinas, trabalho e ambiente. O atendimento aos requisitos ergonômicos possibilita maximizar o conforto, a satisfação e o bem-estar do indivíduo.

De acordo com as mesmas autoras, o objeto da ergonomia, seja qual for sua linha de atuação, ou as estratégias e os métodos que utiliza, é o homem no seu trabalho, realizando a sua tarefa cotidiana, executando as suas atividades do dia-a-dia. Esse trabalho compreende o trabalhador, o operador, o mantenedor, o instrutor ou o usuário no seu local de trabalho, enquanto executa sua tarefa, com máquinas, ferramentas, equipamentos e meios de trabalho, num determinado ambiente físico e arquitetural.

Para Moraes e Mont'Alvão (2000), projeto ergonômico é a aplicação da informação ergonômica ao design de ferramentas, máquinas, sistemas, tarefas, trabalhos e ambientes para uso humano seguro, confortável e efetivo.

Com base nos enfoques sistêmico e informacional, a Ergonomia como tecnologia operativa trata de definir para projetos os seguintes parâmetros: interfaciais, instrumentais, informacionais, acionais, comunicacionais, cognitivos, movimentacionais, espaciais/arquiteturais, físico-ambientais, químico-ambientais, securitários, operacionais, organizacionais, instrucionais, urbanos e psicossociais (MORAES E MONT'ALVÃO, 2000). Sendo que a ergonomia ambiental se utiliza dos seguintes parâmetros:

- Espaciais/arquiteturais: Aeração, insolação e iluminação do ambiente; isolamento acústico e térmico; áreas de circulação e layout de

instalação das estações de trabalho, ambiência gráfica, cores do ambiente e dos elementos arquiteturais.

- Físico-ambientais: Iluminação, ruído, temperatura, vibração, radiação, pressão, dentro dos limites da higiene e segurança do trabalho, e considerando as especificidades da tarefa.
- Urbanos: Planejamento e projeto do espaço da cidade, sinalização urbana e de transporte, terminais rodoviários, ferroviários e metroviários. Áreas de circulação e integração, áreas de repouso e de lazer.

Portanto, ao estudar aspectos espaciais, físico-ambientais e urbanos, a ergonomia ambiental, procura conhecer melhor a ventilação, insolação, a temperatura e iluminação do ambiente, bem como as características do sítio urbano como as áreas de circulação de veículos e pedestres, áreas de lazer e convivência e as áreas verdes. Ao realizar suas pesquisas e posteriores intervenções possibilita maximizar o conforto, a satisfação e o bem-estar do homem urbano.

As pesquisas e intervenções ergonômicas lançam mão dos métodos em uso pelas ciências sociais e das técnicas propostas pela engenharia de métodos. As classificações de pesquisa em sociologia e psicologia baseiam-se em métodos de pesquisa que incluem diferentes abordagens lógicas para os projetos de investigações, assim como a escolha de uma variedade de técnicas, tais como a construção de questionários e escalas de avaliação (MORAES E MONT'ALVÃO, 2000).

A ergonomia do ambiente construído incorpora disciplinas relacionadas ao ser humano (antropologia, antropometria, fisiologia, sociologia, psicologia, semiótica, entre outras) e relacionadas ao ambiente construído (arquitetura, conforto ambiental, desenho urbano, planejamento urbano, engenharias). Desta forma, ela trata do ambiente modificado pelo homem, ou seja, o espaço arquitetônico ou urbano. Realiza pesquisas e propostas projetuais sugerindo mudanças e inovações, tanto para o ambiente interno como para o urbano, a partir de variáveis fisiológicas, psicológicas e cognitivas humanas e segundo critérios que privilegiam em primeira instância o ser humano.

1.2. Clima

O estudo do clima é importante para a compreensão dos princípios e para o entendimento do que deve ser controlado no ambiente a fim de se obter os resultados esperados de um projeto (BUSTOS ROMERO, 1988).

Segundo Lamberts et al (1997), é importante conhecer as diferenças conceituais entre tempo e clima. Os autores definem o tempo como a variação diária das condições atmosféricas, e o clima como a condição média do tempo em uma dada região, baseada em medições (normalmente durante trinta anos).

Givoni (1981) afirma que o clima de uma dada região é determinado pelo padrão de variações dos vários elementos e suas combinações, destacando que os principais elementos que devem ser considerados num projeto são: radiação solar, comprimento de onda de radiação, temperatura do ar, umidade, ventos e precipitações.

Conceitualmente, o clima é resultado de fatores climáticos globais e locais e de elementos climáticos que caracterizam certa localidade.

Os **fatores climáticos globais** envolvem a radiação solar, a latitude, a altitude, o regime dos ventos e as massas de água. Os **fatores climáticos locais** envolvem a topografia, a vegetação, e o revestimento do solo. Os **elementos climáticos**, principalmente a temperatura do ar, a umidade, as precipitações, a radiação e os movimentos do ar, sofrem influência do ambiente urbano. Tais elementos atuam de forma integrada, influenciando-se mutuamente.

As informações climáticas devem ser consideradas em três níveis (MASCARÓ, 1996):

- Dados macroclimáticos: descrevem o clima em geral de uma região e são obtidos em estações meteorológicas;
- Dados mesoclimáticos: informam as modificações do macroclima, provocadas pela topografia local;
- Dados microclimáticos: informam os efeitos das ações humanas sobre o entorno, como também, a influência que estas modificações exercem em recintos urbanos.

Segundo Bustos Romero (1988), atribui-se aos fatores climáticos globais a qualidade de condicionar, determinar e dar origem ao clima, enquanto os chamados fatores climáticos locais introduzem variações no clima condicionando, determinando e

dando origem aos diferentes microclimas identificados em ambientes restritos como uma cidade, um bairro ou uma rua. Os elementos climáticos representam os valores relativos a cada tipo de clima.

Portanto, o clima de uma determinada região costuma sofrer alterações determinadas pelos fatores climáticos locais, gerando, nos espaços urbanizados, diferenciações climáticas conhecidas como clima urbano.

1.3. O Clima Urbano

Em geral a temperatura numa área urbana construída é diferente daquela dos arredores rurais, isso acontece principalmente pela interferência no balanço energético dessa área pela maior ou menor exposição à radiação solar e ao vento. Assim define-se o clima urbano, como a mudança do clima local em consequência da urbanização, ou seja, o clima dentro da cidade apresenta-se distinto do padrão regional.

De acordo com Oliveira (1993), o clima urbano é definido pelas características do clima regional, pela forma urbana e pelas atividades humanas desenvolvidas na cidade. Monteiro (1976) conclui que o clima urbano é um sistema que compreende o clima de um determinado espaço urbanizado, ou seja, o espaço concreto e tridimensional que instantânea e ininterruptamente incorpora e desprende energia de natureza térmica. O homem, pela sua atuação, tem grande importância na estrutura do sistema, constituindo um referencial de problemas e valores.

No interior da cidade o próprio clima urbano pode apresentar desvios em determinadas regiões devido às características urbanas de cada local, implicando na formação de microclimas particulares.

O estudo do clima urbano, bem como dos seus microclimas é, segundo Katzschner (1997), um instrumento para o planejamento das cidades, pois considera a circulação do ar e as condições térmicas como aspectos relevantes para a preservação e/ou o projeto do chamado “clima urbano ideal” durante o processo de crescimento das cidades. Isto evita que as intervenções sobre o meio natural prejudiquem os recursos que o sítio oferece, assegurando a circulação e renovação das massas de ar.

Há muito tempo tem-se discutido a importância da estrutura urbana em relação ao clima. De acordo com SOUZA (1996), devido às influências das condições

atmosféricas e climáticas sobre o homem e suas atividades, as tendências e problemas, apresentados pelo clima urbano são observados desde antes do início da Era Cristã. Vitruvius (75-26 a.C.) já se preocupava em discutir largura de vias e de direção de ventos predominantes para melhor adequação de edificações ao clima.

Os primeiros estudos sobre o clima urbano aconteceram no começo do século XIX, na Europa. O trabalho de Howard (1833 apud Landsberg, 1981), publicado em 1818, sobre o clima de Londres foi um dos primeiros a observar as diferenças de temperatura entre a cidade e o meio rural.

Na França e Alemanha, na segunda metade do século XIX, houve crescimento nos estudos do clima urbano, em virtude da expansão das redes de observação meteorológica. Na década de 30, a utilização dos dados de redes-padrão foi muito discutida, assim houve a emergência da micro-meteorologia, especialmente na Alemanha e na Áustria (PEZZUTO, 2007).

A América do Norte e o Japão iniciaram alguns estudos sobre o clima durante a 2ª Guerra Mundial. Desde então, muitos trabalhos foram desenvolvidos nestes países, tomando a temperatura do ar como a principal variável de estudo. Nesse período, segundo Monteiro (2003), destacam-se o estudo de Landsberg (1956) e Chandler (1965). O primeiro trabalho assinala o princípio da preocupação com o destino do planeta e faz parte da coletânea, patrocinada pela National Science Foundation, intitulada "Man's role in changing the face of Earth", onde se encontra a pesquisa de Landsberg: *The Climate of towns*. Tal trabalho representa o marco histórico nos estudos climatológicos, pois é a primeira síntese sobre as pesquisas a respeito do clima urbano. Já o trabalho de Chandler, foi uma monografia sobre as modificações climáticas da cidade de Londres, que obteve grande destaque no período.

De acordo com Pezzuto (2007), no Brasil, a partir da década de 1960, a preocupação com a queda da qualidade ambiental das grandes cidades brasileiras foi um dos fatores que impulsionaram o surgimento de estudos relacionados ao clima urbano no país. Cidades de pequeno, médio e grande porte foram o alvo das investigações, a maioria delas na região centro-sul, tendo-se intensificado e se distribuído pelo território nacional na década de 1990. Dentre os estudos, destacam-se os trabalhos de Gallego (1972), Monteiro (1976), Tarifa (1977), Sartori (1979), Fonzar (1981), Sampaio (1981), Lombardo (1985) e Dani (1987).

A alteração climática mais evidente produzida pelo ambiente urbano é o fenômeno denominado “ilha de calor”. As ilhas de calor ocorrem especialmente à noite, quando as cidades apresentam temperaturas maiores que o meio rural que a circunda. O local de seu maior desenvolvimento coincide com o centro das cidades, onde as construções formam um conjunto mais denso. As causas que contribuem para sua formação estão relacionadas às mudanças no balanço energético da superfície devido à urbanização. O fenômeno é decorrente do balanço de energia no espaço urbano, que se caracteriza pelo acúmulo de calor nas superfícies e conseqüente elevação da temperatura do ar.

Lombardo (1985) desenvolveu um estudo a respeito das ilhas de calor em metrópoles e usou como objeto de estudo a cidade de São Paulo-SP. Sua pesquisa demonstrou que a configuração da ilha de calor na cidade de São Paulo identifica-se com o modelo concebido por Oke (1978), onde as maiores temperaturas acontecem no centro comercial, ocorrendo um grande declínio no limite rural-urbano. As maiores variações de temperatura ocorreram durante a tarde, intensificando-se até o período noturno. Durante a madrugada a ilha de calor tende a diminuir coincidindo com o declínio da atividade urbana, associada às diferenças no balanço de radiação. Aos domingos, com a diminuição das atividades urbanas e conseqüente menor concentração de poluentes, há diminuição na intensidade das ilhas de calor na cidade de São Paulo, o que leva à conclusão que situações favoráveis à concentração de poluentes também contribuem para aumentar o gradiente horizontal de temperatura em grandes cidades.

Ainda na pesquisa de Lombardo (1985), evidenciou-se que espacialmente a ilha de calor acompanha a conformidade da mancha urbana, sofrendo alterações de acordo com a direção dos ventos predominantes. As menores temperaturas, no interior da mancha urbana de São Paulo, ocorreram nas proximidades de parques, serras e reservatórios d’água. Em condições de atmosfera estável o gradiente térmico horizontal da metrópole paulistana registra as maiores variações de temperatura, chegando a temperaturas até 10°C superiores onde ocorrem as ilhas de calor.

García (1999) explica que a “ilha de calor” é um fenômeno próprio das cidades e consiste em se ter uma temperatura mais quente, em especial à noite, que a do meio menos urbanizado que a cerca, sua intensidade é principalmente determinada pelo balanço térmico da região urbana, chegando a resultar em mais de 10°C de diferença de temperatura em casos mais extremos. Suas principais causas são: o aquecimento da camada de ar mais próxima ao solo, devido à grande quantidade de poluentes na

atmosfera, principalmente do dióxido de carbono; a utilização de condicionadores de ar e refrigeradores, e a fumaça dos automóveis e das indústrias que provocam aumento do calor na área urbana; a grande concentração de edifícios, que impede a chegada de energia solar na superfície; em função das propriedades térmicas dos materiais urbanos, o calor é rapidamente absorvido durante o dia, mas, facilmente liberado durante a noite, gerando grande amplitude térmica; e ainda, a retirada da vegetação e a diminuição de superfícies líquidas que diminuem a evapotranspiração e aumentam o calor.

Portanto, a urbanização ao substituir ecossistemas naturais por centros de alta densidade criados pelo homem produz um ambiente artificial, criando fenômenos como as ilhas de calor que contribuem para o desconforto térmico experimentado pelo habitante da cidade.

Deste modo, percebe-se que a forma urbana atua como modificador do clima regional e cria condições concretas que se pode definir como clima urbano. Assim, a paisagem urbana é resultado de elementos físicos, biológicos e antrópicos que, interagindo entre si, fazem dela um conjunto único em constante evolução.

1.4. Morfologia Urbana

A morfologia do tecido urbano diz respeito aos elementos formais que constituem uma área urbanizada. Estes compreendem a forma dos edifícios e das quadras, a altura das construções e o espaço entre elas, a largura e orientação das ruas, a orientação das edificações e a presença ou não de vegetação.

Lamas (1989) afirma que a forma urbana, corpo ou materialização da cidade, é capaz de determinar a vida humana em comunidade. Oliveira (1988) completa esse conceito ao apresentar a forma urbana como produto das relações estabelecidas pelo homem, e como um dos instrumentos de controle climático para obter condições de conforto e salubridade do espaço citadino.

Oke (1976) enfatiza que as condições climáticas específicas num dado local são determinadas pelo seu entorno, em particular, os materiais, a geometria, e as propriedades da superfície. Os principais fatores que contribuem para a formação do clima urbano, citados por Givoni (1998), são: a localização da cidade dentro da região, o tamanho das cidades, a densidade da área construída, a cobertura do solo, a altura

dos edifícios, a orientação e largura das ruas, a divisão dos lotes, a existência de parques e áreas verdes e detalhes especiais no desenho dos edifícios.

Cada um dos fatores que influenciam o clima urbano tem um efeito específico, entender o impacto que cada um deles, sozinho ou combinados entre si, exercem na temperatura da cidade é útil para analisar que aspectos do desenho urbano podem ser manipulados, a fim de se desenvolver projetos urbanísticos que priorizem a qualidade térmica do ambiente.

Destacam-se como principais fatores condicionantes do clima urbano os atributos bioclimatizantes da forma urbana descritos a seguir.

1.4.1. Porosidade

A porosidade corresponde ao espaçamento entre as edificações e/ou arranjos morfológicos, diversidade de alturas das edificações e índice de fragmentação das áreas construídas que conferem maior ou menor permeabilidade aos ventos do tecido urbano. A diminuição da porosidade da malha urbana - redução dos índices que definem afastamentos mínimos entre o edifício e o limite do lote e o aumento do gabarito das edificações - reduz a velocidade dos ventos.

1.4.2. Rugosidade

Corresponde à maior ou menor fricção entre a superfície urbana e os ventos que a atravessam. Em climas quentes e úmidos, deve-se tornar a malha mais porosa, aumentando as dimensões dos recuos e incentivar o uso de pilotis ou de pavimentos intermediários vazados, propiciando uma melhor ventilação natural na malha urbana, evitando a formação das ilhas de calor.

1.4.3. Áreas Densamente Construídas

Corresponde aos aspectos relacionados às taxas de ocupação da área construída, distância entre edificações e alturas médias dos edifícios, além de detalhes da estrutura urbana, como tamanho e forma das edificações e posição relativa entre elas.

De acordo com Givoni (1998) a densidade das várias áreas construídas numa cidade afeta o clima local em cada uma das áreas urbanas. As edificações modificam principalmente as condições dos ventos (figura 1.1), o balanço de radiação, e a

temperatura do ar. Portanto, a fração de solo coberto por edifícios num determinado local é um fator relevante na avaliação do efeito da urbanização no clima. A influência de um determinado nível de densidade depende de uma ampla extensão de detalhes da estrutura física urbana.

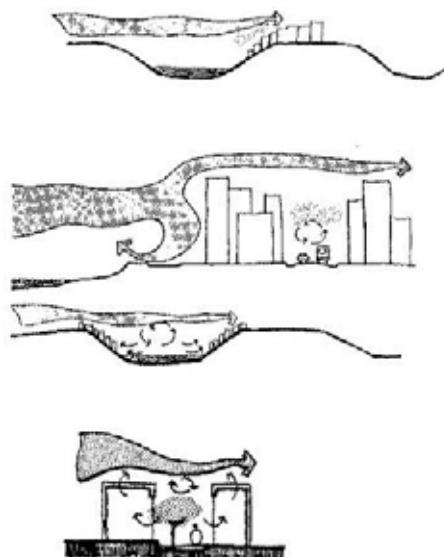


Figura 1.1: Comportamento dos ventos de acordo com a morfologia do tecido urbano. Fonte: Bustos Romero (2001)

A distância entre os edifícios, explica o autor, afeta as condições de ventilação externa e internamente. Sabe-se que o aumento na densidade da área construída reduz o fluxo de ar na área urbana, como resultado da maior rugosidade e conseqüente fricção próxima do solo.

No espaço densamente construído a trajetória da radiação solar incidente nos edifícios é complexa. Uma parte significativa da entrada de radiação chega às coberturas acima do nível do solo, somente uma pequena parte chega ao solo. O tamanho dos edifícios, com pequena distância entre si, faz com que a quantidade de radiação solar incidente nas ruas e em outras áreas abertas dos edifícios seja pequena. A radiação que incide nas fachadas dos edifícios é parcialmente refletida nas paredes dos edifícios vizinhos. No final desse processo, apenas uma pequena parte da radiação solar incidente nos edifícios é refletida para o céu, enquanto a maioria é absorvida pelas paredes das construções e, de acordo com a cor de cada edificação, pode ser emitida de volta ao céu no final da tarde ou à noite (GIVONI 1998).

Esse calor absorvido pelas paredes e pela superfície do solo é devolvido ao meio por radiações de onda longa. O autor afirma que a intensidade da perda de radiação depende da porção do céu na qual ela é descarregada, ou seja, a fração do céu que a parede e a rua “vêem”, conhecido por “fator de visão do céu”. Sob condições urbanas a maior parte da abóbada celeste vista pela parede está obstruída por outros edifícios. Desta forma, a troca de radiação por ondas longas entre as paredes não resulta numa significativa perda de calor. Quase toda a radiação emitida pelas paredes ou pelo solo em áreas densamente construídas é reabsorvida por outras paredes, conseqüentemente a perda por radiação de ondas longas resulta apenas num pequeno resfriamento do espaço próximo do nível do chão (figura 1.2).

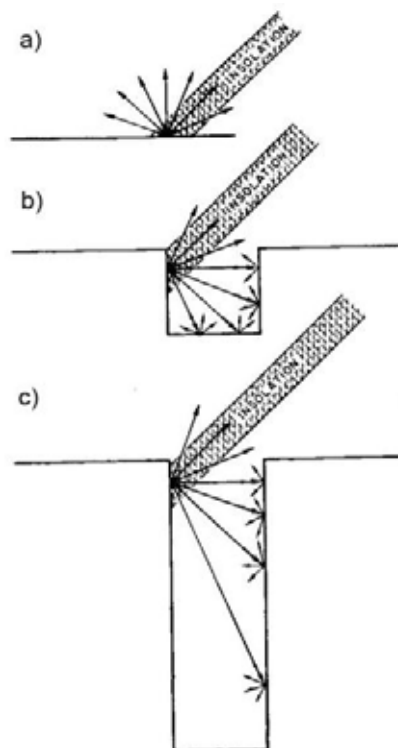


Figura 1.2: Distribuição esquemática da radiação solar incidente em (a) área rural, (b) Área construída com razão $H/W = 1$ e (c) Área urbana com alta densidade construída, com razão $H/W = 4$. Fonte: Givoni (1998)

Como a perda de calor por radiação é o fator principal do processo de resfriamento do solo e do ar que o circunda durante a noite, o resultado da insatisfatória descarga de radiação do espaço urbano abaixo do nível das coberturas é expresso primeiramente pelo lento resfriamento da área urbana durante a noite em comparação com a área rural. Portanto, quanto mais densa é a área construída menor é a taxa de resfriamento noturno, e essa é uma das maiores causas da formação das “ilhas de calor”.

Além disso, Givoni (1998) afirma que a alta densidade construída, com frequência, resulta em menos árvores e outros tipos de vegetação. Como as plantas têm taxa de aquecimento menor durante o dia e taxa de resfriamento maior durante a noite, se comparadas com os materiais que constituem os edifícios e outras superfícies urbanas, quanto menos vegetação mais alta é a temperatura urbana.

1.4.4. Tamanho da cidade

O tamanho da cidade é determinado pelas dimensões verticais e horizontais da estrutura urbana. Influi na quantidade de fontes produtoras de calor e de poluentes, assim como as áreas com crescimento vertical intenso também estão associadas às altas temperaturas urbanas. Os padrões de ocupação com maior densidade tendem a possuir as maiores médias de temperatura, enquanto que os padrões de ocupação com menores taxas tendem a possuir as menores médias (BARBIRATO et al, 2007).

1.4.5. Uso e ocupação do solo

Influenciam na distribuição das temperaturas dentro da estrutura urbana, provocada pela concentração/dispersão de atividades de acordo com o tempo (dias úteis/finais de semana); centralização/descentralização de atividades (maior massa construída nos centros urbanos) e proporção de áreas verdes (BARBIRATO et al, 2007).

Oliveira (1988) destaca que quanto maior a concentração de elementos contendo atividades industriais, comerciais e de prestação de serviços, maior a transmissão de calor e de poluentes atmosféricos, e conseqüentemente maiores as alterações climáticas. Já em parques e reservatórios d'água estudos apontam que a temperatura costuma ser menor.

1.4.6. Orientação e Largura das Ruas

Refere-se à influência da insolação e da incidência dos ventos e/ou modificações na morfologia do solo/paisagem e barreiras edificadas.

A largura das ruas determina a distância entre as edificações dos dois lados da rua, trazendo impactos tanto na ventilação como na potencial utilização do sol. O layout das ruas também determina a potencial ventilação dos edifícios, bem como as condições de ventilação externa.

Segundo Givoni (1998), nas ruas mais estreitas a razão entre a largura da rua e a altura dos edifícios (W/H) é menor e o fator de visão do céu também, o que aumenta a intensidade das “ilhas de calor”. No entanto, nota-se que no conceito convencional as “ilhas de calor” estão ligadas às temperaturas noturnas e o efeito da largura das ruas pode ser um pouco diferente nas temperaturas diurnas.

Um dos diversos estudos que evidenciam tal fato foi realizado pelo pesquisador Baruch Givoni, que em Julho de 1988 mediu a temperatura do ar durante dois dias, a cerca de 1m de altura, em três diferentes ruas, incluindo uma larga avenida, um parque urbano e uma estreita viela. As medições foram feitas das 6h às 23h. Foi apurado que a temperatura na avenida larga era mais baixa na parte da manhã (de acordo com o modelo das “ilhas de calor”), mas durante o resto do dia, principalmente por volta do meio dia e à tarde o padrão de temperatura era revertido. A temperatura mais alta era encontrada na avenida mais larga e a mais baixa na estreita viela, com a menor razão entre largura e altura (W/H). Provavelmente isso ocorria pelo maior sombreamento causado pelas edificações ao longo de ruas mais estreitas. (GIVONI, 1988).

O clima urbano também é afetado pela orientação das ruas em outros aspectos:

- As condições dos ventos na área urbana como um todo;
- Sol e sombra nas ruas e nas calçadas;
- Exposição solar dos edifícios ao longo das ruas;
- Potencial de ventilação ao longo das ruas.

A orientação das ruas determina os padrões anuais e diários da radiação solar incidente nos edifícios e nos espaços entre eles, afetando assim a exposição solar das construções e o conforto das pessoas que caminham pelas calçadas. Givoni (1998) explica que uma rua com orientação norte-sul provavelmente terá construções na orientação leste-oeste, que receberão exposição solar desfavorável. No ponto de vista da insolação são preferíveis ruas com orientação leste-oeste.

Em áreas construídas ocorrem muitas variações na velocidade do vento nas ruas, bem como em volta e entre os edifícios, dependendo da relação entre a direção do vento e as orientações da rua e das edificações.

Quando longas fileiras de edifícios num quarteirão são perpendiculares à direção do vento, zonas protegidas (sotavento) são estabelecidas entre as construções, onde a velocidade do vento é apenas uma pequena fração daquela acima da cobertura dos edifícios, ou em comparação com a velocidade do vento em ruas que são praticamente paralelas à sua direção. Bustos Romero (2001) acrescenta que quando os edifícios formam longas fileiras de mesma altura, perpendiculares à direção do vento, a distância entre eles tem pouca influência na velocidade das correntes de ar, pois as primeiras fileiras desviam as correntes, enquanto o resto, que fica atrás, é deixado à sombra do vento (figura 1.3).

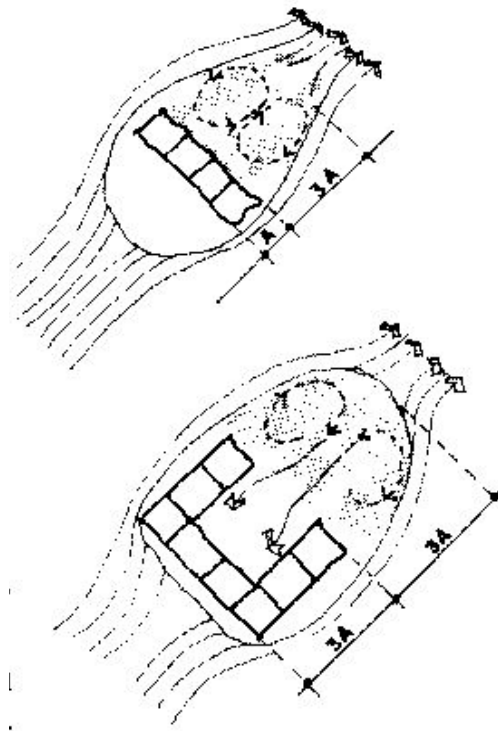


Figura 1.3: Comportamento dos ventos quando sua direção é perpendicular à dos edifícios.
Fonte: Bustos Romero (2001)

O aumento na altura e na largura das edificações corresponde a uma expansão proporcional do tamanho da sombra de vento. Aumentando-se a profundidade da construção a sombra de vento é reduzida, que é ainda influenciada pela combinação entre altura e a largura da edificação (BITTENCOURT E CÂNDIDO, 2006) (figura 1.4).

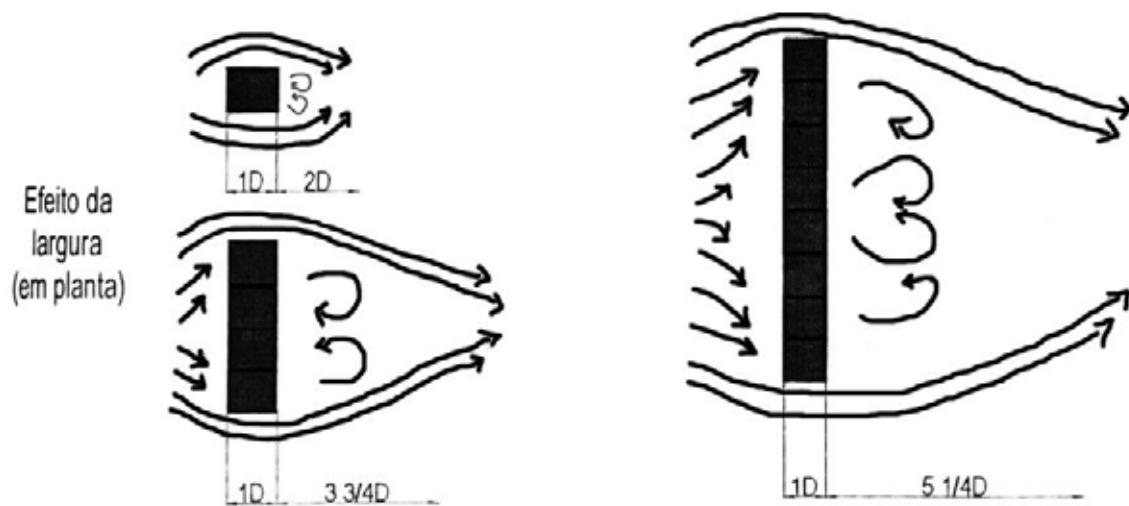


Figura 1.4: Efeito da largura dos edifícios no comportamento dos ventos. Fonte: Bittencourt e Cândido (2006)

Por outro lado, quando as ruas ou os edifícios são paralelos à direção do vento, ele pode fluir pelos espaços entre os prédios e ao longo das ruas, com um pequeno retardo em consequência da fricção com as edificações. Quanto mais largas forem as ruas menor resistência das construções será encontrada pelas correntes de ar, melhorando o nível de ventilação urbana. Neste caso, a velocidade do vento será alta nas ruas, calçadas e áreas livres entre as construções, contudo, os edifícios estarão expostos à mesma pressão do ar em ambos os lados, um fator que reduz seu potencial de ventilação interna natural.

Um caso especial acontece quando o vento é oblíquo às ruas e às construções em sua extensão. Se os edifícios são de média altura, por volta de duas vezes a largura da rua, a situação será muito diferente em cada um dos lados da rua, pois a pressão e a velocidade do vento serão opostas nos dois lados do edifício e nas calçadas. Ao longo dos prédios com baixa ventilação um forte fluxo de ar descendente será gerado pelos ventos, especialmente próximo do cruzamento das ruas. A calçada ao longo destes edifícios será afetada por tal corrente de ar, enquanto a calçada do outro lado estará protegida (GIVONI, 1998).

1.4.7. Cobertura do Solo e Propriedades dos Materiais Urbanos

Relaciona-se à quantidade de superfície do solo urbano recoberto por edificações e construções e a quantidade de solo nu compactado, bem como dos materiais que revestem o solo e as construções.

A impermeabilização das cidades, com as superfícies edificadas e os pavimentos das ruas, faz com que a evacuação da água das chuvas seja muito rápida, e por haver poucas superfícies com solo natural e vegetação, a evapotranspiração seja reduzida. Para Frotta & Schiffer (2001) o revestimento do solo interfere nas condições climáticas locais, pois quanto maior for a umidade do solo, maior será sua condutibilidade térmica. Um solo pouco úmido se esquentamais facilmente durante o dia, mas à noite devolverá o calor armazenado rapidamente, provocando grande amplitude térmica diária

A substituição dos materiais naturais pelos urbanos provoca mudanças nas características da atmosfera local, aumentando a temperatura nos grandes centros. Como os materiais das superfícies urbanas têm usualmente grande capacidade calorífica, seu potencial de armazenar energia é maior que o das superfícies rurais e, portanto, é maior também seu potencial de aumentar a temperatura noturna do ar através da irradiação de energia acumulada.

A capacidade de reflexão e absorção dos diversos materiais, em relação à luz e ao calor, depende diretamente de suas propriedades físicas como densidade, textura e cor. Influenciam consideravelmente na quantidade de energia térmica acumulada e irradiada para a atmosfera, contribuindo para o aumento da temperatura do ar (BARBIRATO et al, 2007).

Uma propriedade importante na determinação da taxa relativa de calor na superfície exposta à insolação é o albedo, ou seja, a porcentagem de energia refletida de volta para a atmosfera, e depende do tipo e da cobertura da superfície (figura 1.5).



Figura 1.5: Albedo de materiais e superfícies urbanas. Fonte: Espereenc, 2003 apud Barbirato et al (2007).

Os diferentes tipos de revestimentos e materiais urbanos possuem albedos diferenciados. Desta forma, verifica-se que a qualidade térmica dos recintos urbanos também será fortemente influenciada pelas propriedades termo-físicas dos materiais adotados. Os materiais que possuem albedo baixo e condutividade alta proporcionam um microclima suave e estável, enquanto que o inverso contribui para a criação de um microclima de extremos.

1.4.8. Altura dos edifícios

O efeito da altura das construções na ventilação urbana depende muito do arranjo dos edifícios que possuem diferentes alturas entre si. Isto acontece especialmente no modo como a distribuição de edifícios altos relaciona-se com a direção dos ventos. Num mesmo padrão de uso do solo, eles reduzem mais a velocidade dos ventos no nível do chão que os edifícios mais baixos.

A influência exercida pela altura média das edificações é modificada pela altura relativa das construções do entorno. Numa região urbana com edifícios da mesma altura, as condições do vento próximas do solo podem ser bem diferentes daquelas existentes numa área com a mesma média de altura, mas com uma combinação de edificações altas e baixas próximas entre si. Isso acontece porque enquanto as construções em geral reduzem a velocidade dos ventos regionais próximos do nível do chão, edifícios individuais mais altos que os de sua vizinhança, criam fortes correntes de ar no local (GIVONI, 1998). Bustos Romero (2001) constata que as torres, quando dispersas na vizinhança, sempre aumentam a velocidade do ar nas ruas. Uma configuração densa com torres é mais bem ventilada do que uma configuração de baixa densidade com edifícios de altura uniformes. OLIVEIRA (1988) acrescenta que quanto maior o contraste entre a altura dos elementos da massa edificada, melhor é a ventilação se combinada à porosidade, maior a velocidade dos ventos em parte da massa edificada próxima dos volumes mais altos; e maiores as trocas térmicas com o meio (figura 1.6).

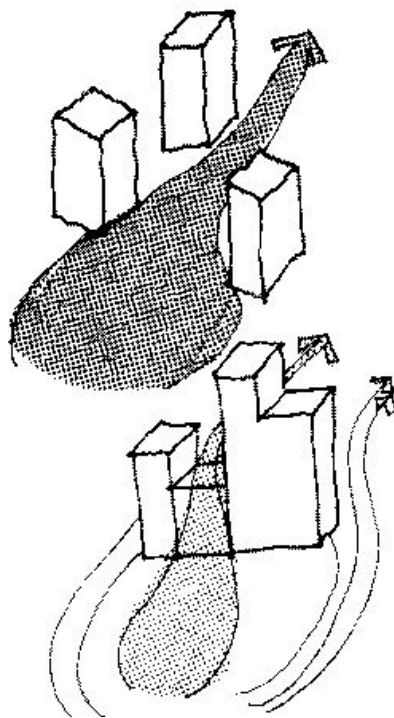


Figura 1.6: Comportamento dos ventos em relação à altura dos edifícios. Fonte: Bustos Romero (2001)

Ainda segundo Givoni (1998), quando a maioria das edificações tem aproximadamente a mesma altura, a emissão de radiação de ondas longas pelas coberturas é como nas áreas abertas, e a intensidade da troca de radiação é maximizada. Porém, quando os edifícios possuem alturas diferentes as paredes dos mais altos absorvem parte da radiação refletida e emitida bloqueando uma fração do céu, o que reduz a quantidade de reflexão solar e emissão de ondas longas pelos telhados dos edifícios mais baixos. O resultado é a redução da perda de calor por radiação pela camada urbana no nível das coberturas.

1.4.9. Efeitos da Vegetação no Clima Urbano

A ocupação urbana resulta em uma diminuição da cobertura vegetal original do solo, no entanto, se as principais características ambientais forem consideradas através de uma utilização ordenada do solo, os efeitos sobre o meio ambiente poderão ser minimizados e as conseqüências benéficas da vegetação poderão ser aproveitadas em favor da população (MOTA, 1998 apud COSTA, 2003).

Se por um lado, o ambiente construído incrementa o acúmulo de calor; por outro, a vegetação pode atuar como amenizador da temperatura do ar. O

sombreamento oferecido pelas árvores possibilita a redução de temperatura do ar, além de reduzir o consumo de energia ao longo do período mais quente do dia, protegendo ambientes da insolação indesejada (MASCARÓ & MASCARÓ, 2005).

De acordo com Costa (2003), a vegetação interfere na composição do microclima de forma parecida com as massas d'água. Ela absorve energia em forma de calor e a utiliza no processo de fotossíntese liberando energia em forma de oxigênio e gás-carbônico, renovando o ar atmosférico e produzindo vapor d'água, que umidifica o ar.

Para Bustos Romero (2001), a presença de vegetação contribui para a criação de um microclima diferente de uma área não plantada. As principais diferenças estão relacionadas à temperatura, à velocidade dos ventos, à turbulência, à umidade do ar e à temperatura radiante. Essas alterações ocorrem pelos seguintes motivos: a vegetação tem menor capacidade calorífica e condutibilidade térmica que os materiais dos edifícios; a radiação solar é, em grande parte, absorvida pelas folhas, e a reflexão é pequena; nas áreas verdes a taxa de evaporação costuma ser mais alta; a vegetação reduz a velocidade do vento e as flutuações próximas ao solo.

Ainda para a autora, como resultado da temperatura mais baixa, a radiação de ondas longas das folhas é mais lenta que a das outras superfícies do entorno, por isso as pessoas nessas áreas estão sujeitas a menor pressão do calor radiante. Resultante da evapotranspiração, o ar próximo do solo nas áreas verdes é mais frio que nas áreas construídas. De acordo com MASCARÓ (1996) a incidência do vento sob a arborização reduz as diferenças de temperatura e umidade entre as áreas sombreadas e ensolaradas, evidenciando assim o papel importante do sombreamento na caracterização do microclima urbano, e na melhora das condições ambientais adversas e do conforto humano. Neste sentido, a vegetação ajuda a atenuar condições extremas de frio ou de calor intenso.

Segundo Bustos Romero (1988) a vegetação contribui para a criação de microclimas, começando pelo processo de fotossíntese que auxilia na umidificação do ar por meio do vapor d'água que libera, auxiliando no aumento da umidade relativa do ar.

A radiação solar incidente na vegetação é absorvida, em sua maior parte, pelas folhas que têm um alto coeficiente de absorção para radiação solar. A existência de

uma camada de vegetação recobrimdo o solo reduz consideravelmente o armazenamento calorífico (BUSTOS ROMERO, 2001) (figura 1.7).

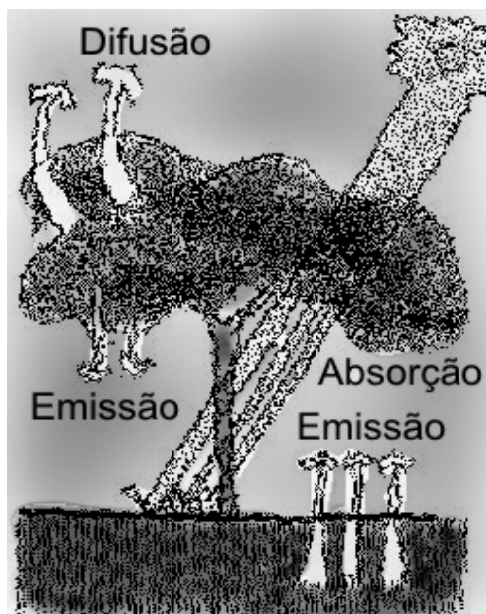


Figura 1.7: Absorção da vegetação. Fonte: Adaptado de Bustos Romero (2001)

A cor das paredes dos edifícios afeta a luz natural das ruas. Algumas vezes, superfícies brancas em grandes áreas podem causar ofuscamento para o pedestre. Tanto detalhes especiais da fachada como a vegetação podem reduzir o brilho das ruas. Árvores ao longo das calçadas reduzem o reflexo e protegem os pedestres da radiação direta (BUSTOS ROMERO, 2001) (figura 1.8).

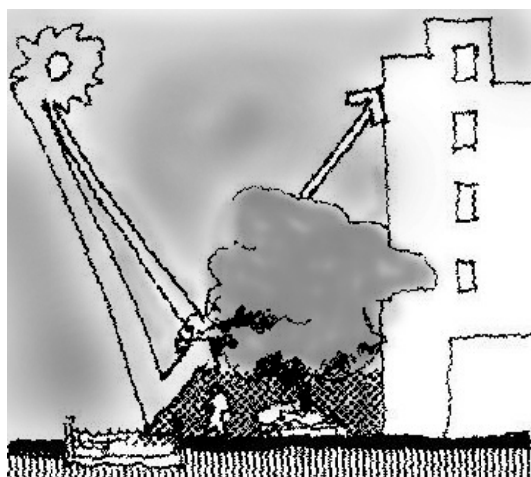


Figura 1.8: Vegetação e o ofuscamento. Fonte: Adaptado de Bustos Romero (2001)

Massas de árvores e arbustos podem atuar como barreiras para ventos indesejáveis ou como direcionadores de tais ventos. Segundo Barbirato et al (2007), a incidência do vento sob a arborização reduz as diferenças de temperatura e umidade

relativa do ar entre as áreas sombreadas e ensolaradas. A vegetação pode contribuir para o efeito de canalização dos ventos, proporcionando o resfriamento das superfícies, além de atuar como moderadora de velocidades extremas do ar no microclima urbano. Dentre os efeitos de barreira desempenhados pela cobertura vegetal (figura 1.9), destacam-se os efeitos de obstrução, deflexão, filtragem e condução.

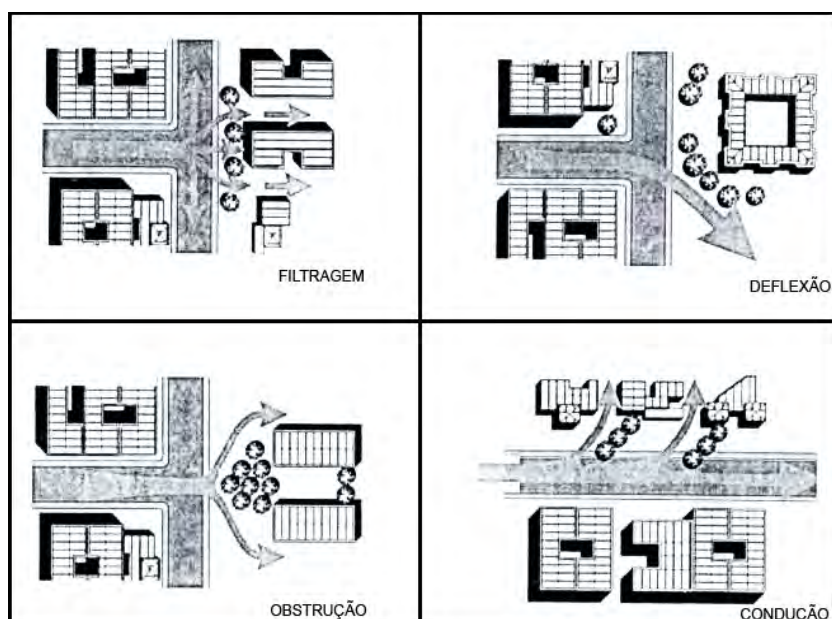


Figura 1.9: Representação esquemática dos efeitos da vegetação na modificação da direção dos ventos. Fonte: Mascaró, (1976)

Deve-se, no entanto, ter cuidado na escolha da localização e disposição de massas vegetais, para que não atrapalhem a circulação das brisas, que auxiliam na diminuição da temperatura no espaço urbano e até mesmo no interior das edificações. Para tanto, deve haver um planejamento antes do plantio, para que elas contribuam na promoção de microclimas mais amenos.

1.5. Conforto Térmico no Espaço Urbano

O homem tem melhores condições de vida e saúde quando seu organismo pode funcionar sem ser submetido à fadiga ou estresse, inclusive térmico, de modo que o corpo experimenta sensação de conforto térmico quando perde para o ambiente o calor produzido pelo metabolismo compatível com sua atividade sem recorrer a nenhum mecanismo de termoregulação.

Quando as trocas de calor entre o corpo humano e o ambiente ocorrem sem maiores esforços, a sensação do indivíduo é de conforto térmico e sua capacidade de trabalho, desse ponto de vista, é máxima. Se as condições térmicas ambientais causam a sensação de frio ou calor é porque o organismo está perdendo mais calor ou menos calor que o necessário para manutenção da homeotemia, que passa a ser conseguida com um esforço adicional, representando uma sobrecarga, com queda do rendimento no trabalho, até o limite, sob condições de rigor excepcionais, perda total da capacidade para realização de trabalho e/ou problemas de saúde (FROTTA & SCHIFFER, 2001).

Quando há ganho ou perda de calor, pode ocorrer uma tendência ao aumento ou à diminuição da temperatura interna do organismo (situada por volta dos 37°C), para isso, existem mecanismos chamados termorreguladores com a finalidade de manter constante a temperatura interna quando as condições térmicas do meio ultrapassam certas faixas (LAMBERTS et al, 1997). A sensação de conforto térmico é inversamente proporcional ao trabalho do sistema termorregulador, o que representa que quanto maior for o trabalho desse sistema para manter a temperatura interna do corpo, maior será o desconforto (RUAS & LABAKI, 1999).

O homem utiliza dois mecanismos de regulação térmica para responder às exigências externas: um de caráter fisiológico (suor, variações de fluxo sanguíneo que percorre a pele, batidas cardíacas, dilatação dos vasos, contração dos músculos e arrepio) e outro de caráter comportamental (sono, prostração, redução da capacidade de trabalho) (BUSTOS ROMERO, 1988).

No estabelecimento do seu equilíbrio térmico com o meio ocorrem diversos processos de trocas térmicas: troca por radiação, troca por condução, troca por convecção e troca por evaporação (figura 1.10).

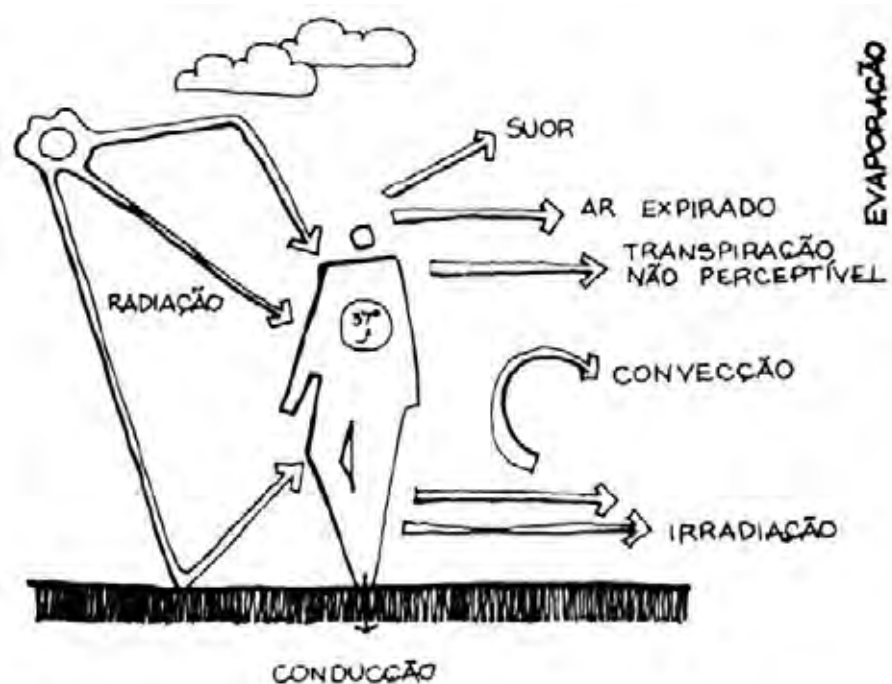


Figura 1.10: Equilíbrio térmico humano. Fonte: Bustos Romero (1988)

Os elementos climáticos, principalmente a temperatura, a radiação, a umidade e o movimento do ar, atuam sobre a percepção térmica do ser humano (BUSTOS ROMERO, 1988). Em relação às exigências humanas, as condições de conforto térmico são função da atividade desenvolvida pelo indivíduo, da sua vestimenta e das variáveis do ambiente que proporcionam as trocas de calor entre o corpo e o meio. Devem-se considerar também outras variáveis como gênero, idade, biótipo e hábitos alimentares (FROTTA e SCHIFFER 2001). Portanto, o efeito conjugado de uma série de variáveis ambientais aliadas a fatores pessoais definirão o grau de conforto ou desconforto térmico sentido.

A atividade física é expressa em watts e quanto maior ela for, tanto maior será o calor gerado pelo metabolismo. Ao efetuar trabalho mecânico, os músculos se contraem produzindo calor, a quantidade de calor liberado pelo corpo será função da atividade desenvolvida, podendo chegar a um máximo de 1200 W, desde que por pouco tempo. O quadro 1.1 apresenta dados relativos ao calor dissipado pelo corpo, cedido ao ambiente, em função da atividade do indivíduo considerado médio sadio.

Quadro 1.1: Calor cedido ao ambiente (W), segundo a atividade desenvolvida pelo indivíduo

Atividade	Calor Metabólico	Calor Sensível	Calor Latente
Durante o sono (basal)	80	40	40
Sentado (em repouso)	115	63	52
Em pé (em repouso)	120	63	57
Sentado, cosendo à mão	130	65	65
Escritório (atividade moderada)	140	65	75
Em pé (trabalho leve)	145	65	80
Datilografando Rápido	160	65	95
Lavando Pratos	175	65	110
Confeccionando Calçados	190	65	125
Andando	220	75	145
Trabalho leve (em bancada)	255	80	175
Garçom	290	95	195
Descendo escada	420	140	280
Serrando Madeira	520	175	345
Nadando	580	_____	_____
Subindo Escada	1280	_____	_____
Esforço Máximo	870 a 1400	_____	_____

Fonte: Mesquita (1977) apud Frota e Schiffer (2001).

O vestuário constitui uma resistência natural entre o corpo humano e o seu meio, por isso, tem como função básica manter o corpo num estado térmico aceitável em vários ambientes.

Segundo Frota & Schiffer (2001), a vestimenta representa uma barreira para as trocas de calor por convecção, por manter uma camada, mesmo que mínima, de ar parado, dificultando as trocas por convecção e radiação. A vestimenta adequada será função da temperatura média ambiente, do movimento do ar, do calor produzido pelo organismo, da umidade do ar e da atividade desenvolvida pelo organismo.

As roupas ainda reduzem o ganho de calor relativo à radiação solar direta, as perdas em condições de baixo teor de umidade e o efeito refrigerador do suor. Há ainda a diminuição da sensibilidade do corpo às variáveis de temperatura e de velocidade do ar. Sua resistência térmica, que é medida por meio das trocas secas relativas do usuário, depende do tipo de tecido, da fibra e do ajuste ao corpo. Para

cada tipo de roupa existe um índice de resistência térmica, expresso em “clo”, do inglês clothing, equivalente a 0,155 m²C/W (FROTTA & SCHIFFER, 2001).

Quadro 1.2: Tipo de vestimenta e valor correspondente do clo.

Vestimenta	clo		Vestimenta	clo
Meia calça	0,013		Saia grossa	0,219
Meia fina	0,032		Vestido leve	0,168
Meia grossa	0,039		Vestido grosso	0,632
Calcinha e sutiã	0,052		Blusa fina	0,168
Cueca	0,052		Blusa grossa	0,368
Cuecão longo	0,187		Jaqueta	0,490
Camiseta de baixo	0,058		Calça fina	0,258
Camiseta	0,090		Calça média	0,323
Camisa curta	0,200		Calça grossa	0,439
Camisa comprida	0,277		Sapatos	0,039
Camisa grossa curta	0,252			

Fonte: Costa (2003).

Do ponto de vista teórico, espera-se que as mulheres prefiram uma temperatura ligeiramente mais alta, devido a sua taxa metabólica por unidade de área sob condições basais ser mais baixa que a dos homens. Mas mesmo tendo sido observado em vários estudos diferenças abaixo de 10°C nas exigências de conforto térmico entre os sexos, para FANGER (1972), na prática isso não é importante.

Geralmente os idosos preferem ambientes mais quentes que os jovens, devido ao seu metabolismo basal (produção de calor dos processos vegetativos e automáticos que são contínuos) diminuir ligeiramente com a idade.

Além de a gordura subcutânea ser um excelente isolante térmico, a taxa metabólica para certas atividades que envolvem movimento costuma ser maior para os obesos, por isso eles tendem a preferir ambientes mais frios durante essas atividades.

Os estudos de conforto térmico visam analisar e estabelecer as condições necessárias para a avaliação e concepção de um ambiente térmico adequado às atividades e ocupação humanas, bem como estabelecer métodos e princípios para

uma detalhada análise térmica de um ambiente. A importância do estudo de conforto térmico está baseada principalmente em três fatores (LAMBERTS & XAVIER, 2002):

a) **A satisfação do homem** ou seu bem estar em se sentir termicamente confortável;

b) **A performance humana**, embora os resultados de inúmeras investigações não sejam conclusivas a esse respeito. Apesar dessa inconclusividade, os estudos mostram uma clara tendência de que o desconforto causado por calor ou frio reduz o desempenho humano. As atividades intelectuais, manuais e perceptivas geralmente apresentam um melhor rendimento quando realizadas em conforto térmico.

c) **A conservação de energia**, pois devido à crescente mecanização e industrialização da sociedade, as pessoas passam grande parte de suas vidas em ambientes com climas artificiais, ambientes condicionados, e assim sendo, uma vez conhecendo-se as condições e os parâmetros relativos ao conforto térmico dos ocupantes do ambiente, evitam-se desperdícios com calefação e refrigeração, muitas vezes desnecessários.

Ainda de acordo com os autores, convém ressaltar que devido à variação biológica entre as pessoas, é impossível que todos os ocupantes do ambiente se sintam confortáveis termicamente, e assim busca-se criar condições de conforto para o grupo, ou seja, condições nas quais a maior percentagem do grupo esteja em conforto térmico.

As condições climáticas no nível da rua têm muita importância para o pedestre, pois o conforto físico está diretamente ligado à sensação térmica, especialmente em países tropicais. Portanto, visando o projeto de ambientes urbanos confortáveis, faz-se necessário o estudo do conforto térmico e suas variáveis bem como da percepção térmica do usuário de ambientes externos.

1.5.1. Índices de Conforto térmico

Segundo Givoni (1981), por ser impossível expressar as reações humanas ao ambiente térmico em função de um único fator, torna-se necessário avaliar o efeito combinado dos fatores (temperatura, umidade, temperatura radiante média e velocidade do ar) e expressá-los como um único parâmetro. Todas as variáveis são então combinadas no assim denominado Índice Térmico.

Os índices de conforto térmico procuram englobar num único parâmetro o efeito conjunto das variáveis ambientais e fatores pessoais que determinam as condições de conforto térmico. Geralmente esses índices são desenvolvidos fixando-se um tipo de atividade e a vestimenta utilizada pelo indivíduo para, então, relacionar as variáveis do ambiente e reunir as diversas condições ambientais que proporcionam respostas iguais por parte de pessoas diferentes.

Para se fazer um estudo quantitativo da influência das condições térmicas de um ambiente sobre a percepção térmica do homem, é preciso medir as variáveis do ambiente, a reação humana diante destas variáveis e expressar a relação entre causa e efeito com o emprego de um único valor numérico. Seguindo estas diretrizes foram elaborados os índices ou escalas de conforto térmico (TOLEDO, 1973 apud BUSTOS ROMERO, 1988)

No início do século XIX, na Europa, foram realizados os primeiros estudos relacionados aos índices térmicos, motivados pelos problemas de saúde sofridos por mineradores e trabalhadores da indústria têxtil, causados pela insalubridade das condições de trabalho. Durante a década de 70 houve uma grande quantidade de estudos e experimentos relacionando a interação entre o corpo humano e as condições ambientais. Estes estudos foram realizados principalmente por higienistas industriais, engenheiros de ar condicionados e engenheiros térmicos (mecânicos).

Nos dias atuais, a avaliação de conforto térmico tem freqüentemente se baseado nos trabalhos de Fanger (1972), que estabeleceu o método do Voto Médio Estimado, adotado pelas normas internacionais (ISO 7730, 1994).

Em seu estudo, Fanger (1972) elaborou uma equação determinada “equação de conforto”, que permite, por meio de uma determinada combinação das variáveis pessoais (tipo de atividade física e vestimenta) calcular todas as combinações das variáveis ambientais (temperatura radiante média, umidade relativa, velocidade relativa e temperatura do ar) que produzem o conforto térmico. Visando simplificar a equação de conforto, Fanger elaborou o Diagrama de Conforto, que reúne graficamente as combinações das variáveis ambientais (temperatura radiante média, temperatura, umidade e velocidade relativa do ar) e pessoais (tipo de vestimenta e atividade), que resultam em conforto térmico, permitindo se verificar a existência ou não do conforto térmico.

Com o objetivo de se conhecer o grau de desconforto experimentado pelas pessoas em ambientes com condições diferentes daquelas de conforto térmico, o autor definiu um critério para avaliar o grau de desconforto, relacionando as variáveis que influenciam no conforto térmico com uma escala de sensação térmica, o chamado Predicted Mean Vote (PMV) ou Voto médio Estimado (VME). O PMV consiste em um valor numérico que traduz a sensibilidade humana ao frio e ao calor. A escala do voto médio é simétrica, representando o valor 0 (zero) como neutralidade térmica ou conforto térmico e variando de 1 a 3, sendo os valores positivos correspondentes às sensações de calor e os negativos às sensações de frio.

Ruas & Labaki (1999) explicam que este índice parte do princípio de que a sensação térmica das pessoas está estritamente relacionada com o equilíbrio térmico do corpo humano, influenciado por variáveis pessoais (taxa de metabolismo e isolamento térmico da vestimenta) e por variáveis ambientais (temperatura radiante média, umidade relativa, temperatura e velocidade relativa do ar).

A maioria das pesquisas sobre conforto térmico é desenvolvida em espaços internos, pois em ambientes externos o estudo do conforto e o desenvolvimento de índices térmicos torna-se mais complexo, uma vez que envolvem condições climáticas muito variadas.

1.5.1.1. Índices de Conforto Térmico para Ambientes Externos

Ainda que a maior parte das pesquisas de conforto térmico seja desenvolvida para espaços fechados, há também relevante produção adaptada ou desenvolvida especificamente para espaços abertos. A consideração desses espaços implica fatores adicionais comumente não encontrados em ambientes internos - radiação solar, ventos, atividades físicas diferenciadas, possibilidade de taxas de suor significativas, entre outros - que tornam mais complexa a análise termofisiológica do ambiente.

Para condições térmicas em espaços abertos alguns autores utilizam a Temperatura Fisiológica Equivalente (Physiological Equivalent Temperature - PET) que é um índice para cálculo do conforto térmico, adaptado às condições externas, que considera além da temperatura, da umidade e do vento, a temperatura radiante média e é baseado na equação de equilíbrio térmico humano em estado de uniformidade (LOIS & LABAKI, 2001).

Monteiro e Alucci (2007) apresentam uma revisão dos índices de conforto térmico em espaços externos. Nessa revisão pode ser verificado que os trabalhos empíricos de Temperatura Efetiva (ET), de Nova Temperatura Efetiva (ET*), e de Temperatura Resultante (RT), representam as primeiras tentativas para o estabelecimento de um índice genérico para predição de conforto por meio de uma escala de sensação térmica. O índice de taxa de suor previsto para quatro horas constitui-se numa tentativa de prever o estresse térmico em situações de trabalho mais extremas. Esses índices foram divulgados na forma de nomogramas para facilitar seu uso. Já a temperatura de globo e de bulbo úmido (WBGT) é até hoje utilizada devido à simplicidade de obtenção de dados. A norma internacional ISO 7243 (1989a) e a norma nacional NR 15 (BRASIL, 1978) são baseadas nesse trabalho. O índice de temperatura resfriada pelo vento (WCI), o índice equatorial de conforto (EC), e o Humidex, consideram de forma simplificada apenas algumas variáveis visando responder a determinadas situações específicas.

O índice de estresse térmico por calor (HSI), e o índice de estresse térmico (ITS) são os primeiros índices embasados em modelos analíticos, que consideram separadamente os diversos processos de trocas térmicas. Contudo, para a determinação analítica das trocas, são empregadas equações experimentais. Já a nova temperatura efetiva padrão (SET*) é obtida também através de modelo analítico de balanço térmico, mas, neste caso, o cálculo das trocas é feito principalmente a partir de modelo teórico. Este índice apresenta modelagem de dois nós do corpo humano, considerando as trocas entre o core central e a região periférica do corpo e desta com o ambiente externo. Os valores desse índice são dados em temperatura equivalente de sensação térmica. O Modelo Climático de Michel (KMM), também é baseado em balanço térmico. Contudo, seu modelo é mais simples, de apenas um nó, considerando apenas as trocas entre o corpo como um todo e o ambiente externo, baseando-se nos trabalhos de Fanger (1970) e adaptando-o para situações externas. O índice utilizado neste modelo apresenta as mesmas escalas de valor de PMV e de PPD de Fanger. Os critérios para níveis de sudação em espaços externos da Expo de Sevilha são também estabelecidos a partir de modelo analítico teórico. Utiliza-se metodologia semelhante à da norma internacional ISO 7933 (1989b), mas adotam-se critérios que satisfaçam necessidades específicas. A Fórmula de Conforto (COMFA) é mais um modelo analítico de balanço térmico, constituído apenas por um nó e com escala de valores simplificada. A Temperatura Neutra Exterior (Tne) é uma abordagem diferenciada que foca experimentalmente a adaptação dos indivíduos a determinado clima. Essa abordagem é bastante recente nos estudos de espaços externos, mas já

está desenvolvida para espaços internos climatizados ou naturalmente ventilados (MONTEIRO E ALUCCI, 2007).

De acordo com os mesmos autores, os estudos realizados ao longo do século XX demonstram que os índices empíricos apresentam respostas significativas, mas apenas às situações específicas em que foram determinados. As tentativas de se obterem repostas mais universais acabam convergindo para modelos analíticos, que trazem ainda a vantagem de possibilitar uma avaliação específica das diversas trocas térmicas operantes, facilitando a determinação das necessidades de intervenção nos ambientes externos. Há, por fim, ainda a abordagem adaptativa, que considera enfaticamente a adaptação ao clima.

Por meio desses estudos, observa-se que índices empíricos respondem significativamente às situações específicas em que foram determinados. Quando há intenção de se obterem repostas universais, a tendência é a utilização de modelos analíticos. Com relação aos últimos dez anos de pesquisas, considerando o atual estado da arte, confirma-se essa tendência. Verifica-se o emprego de índices empíricos para situações específicas, o refinamento dos modelos analíticos e a tentativa da SIB em determinar um índice termoclimático universal.

Os modelos de conforto térmico, adequadamente desenvolvidos, são um instrumento importante para o estudo das técnicas de controle do ambiente, uma vez que permitem a identificação daquelas variáveis que devem ser modificadas e/ou aproveitadas para se conseguir as condições de conforto desejadas (BUSTOS ROMERO, 1988).

Estes índices de conforto térmico são, no entanto, de natureza estatística e, embora de fácil aplicação, dão apenas indicações de caráter geral. Os modelos de termoregulação que fazem a simulação computacional do sistema térmico Corpo Humano – Vestuário – Ambiente são um método que permite maior detalhe e informação no estudo de problemas de conforto térmico.

1.5.2. Estudos de Conforto Térmico em Espaços Externos

Muitos estudos têm sido realizados com o objetivo de investigar como as características da morfologia urbana e as condições climáticas do espaço urbano influenciam na sensação de conforto térmico dos indivíduos nos espaços urbanos abertos.

Katzschner et al (2002) avaliaram como o comportamento das pessoas em espaços abertos, depende das condições de conforto térmico. A pesquisa foi aplicada em uma praça da cidade de Kassel, centro da Alemanha, e utilizou-se de medidas das condições climáticas, combinadas com entrevistas e observações do comportamento das pessoas, em espaços abertos. As condições de conforto térmico foram avaliadas através de um índice de conforto PMV (Predicted Mean Vote). O resultado mostrou que o comportamento e a percepção das pessoas são fortemente afetados pelo conforto térmico, mas não somente pela correlação com o PMV. As pessoas, nos espaços abertos, procuram lugares com diferentes características térmicas, de acordo com suas necessidades (lazer, relaxar, esperar pelo transporte público, entre outros).

Nagara Shimoda e Mizuno (1996) realizaram uma pesquisa, na cidade de Osaka (Japão), com o objetivo de verificar a sensação térmica em espaços urbanos abertos. A pesquisa foi realizada, durante o período da tarde, aproximadamente às 15 horas, máxima diurna. O espaço urbano de pedestre foi escolhido para o estudo de caso, caracterizado pelas calçadas e ruas subterrâneas (estações de trem e shopping no subsolo). Foram realizadas rotas a pé e coletados dados de temperatura e umidade em diversos pontos. Paralelamente, foram aplicados questionários com o objetivo de detectar a sensação térmica dos usuários urbanos. Os resultados mostram que a sensação térmica dos entrevistados é influenciada pelo tempo de exposição ao sol, e a sensação térmica mais desconfortável concentra-se nas proximidades dos cruzamentos de vias.

Givoni e Noguchi (2000) avaliaram a relação da sensação térmica e a sensação global de conforto em um parque na cidade de Yokohama, Japão. Foram coletados dados subjetivos e dados micro-climáticos de temperatura do ar, umidade, velocidade do ar, temperatura superficial do entorno e radiação solar. Foram aplicados questionários entre homens e mulheres, sob diferentes condições, durante alguns dias, em quatro estações do ano. A partir do levantamento dos dados, desenvolveu-se uma equação de predição da sensação de conforto do indivíduo em área externa.

No Brasil, Borges e Labaki (2006), por meio de medições e entrevistas, estudam três espaços externos de Campinas, SP, comparando o índice PMV e as sensações e preferências dos usuários dessas áreas. Concluem que há diversidade térmica em relação às três áreas analisadas, indicando a existência de microclimas diferenciados e de variações de efeito psicológico nas sensações térmicas. Torres e Barbirato (2004) divulgam resultados de pesquisa realizada em três áreas externas de conjuntos habitacionais de Maceió. Foram levantadas variáveis ambientais e aplicados

sessenta questionários. As autoras indicam a área que apresentou melhores resultados, ressaltando o fato de que ela é a menos freqüentada, apontando para a problemática da falta de diversidade de atividades ofertadas.

Além destes estudos citados, existem muitos outros realizados também em espaços abertos, de diferentes cidades, em diversas situações climáticas. Analisando-se os resultados de tais pesquisas, percebe-se que a sensação térmica de conforto do indivíduo em ambientes externos varia de acordo com uma série de parâmetros conjugados, como a temperatura do ar, a radiação solar, a umidade do ar, as condições dos ventos, a vestimenta do indivíduo, a atividade por ele realizada, suas características físicas e suas preferências pessoais.

No Brasil este campo de pesquisa é crescente, no entanto, a maior parte dos trabalhos publicados tem focado as relações entre microclima e meio urbano (forma e materiais constituintes, incluindo-se a vegetação e corpos de água), poucos deles concentram-se na relação entre microclima e usuário, que é o objeto de estudo do presente trabalho, que procurará compreender de que forma a morfologia urbana da área estudada tem modificado o clima local e conseqüentemente influenciado a sensação térmica e a percepção de conforto do pedestre.

O próximo capítulo expõe detalhadamente a metodologia empregada na realização desta pesquisa, os instrumentos utilizados para a coleta de dados e as técnicas aplicadas para a análise dos resultados obtidos.

MATERIAIS E MÉTODOS

02

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Neste capítulo são detalhados os métodos, técnicas, materiais e instrumentação utilizados para o desenvolvimento desta pesquisa, que tem por objetivo estabelecer relações entre a configuração urbana de um bairro residencial na cidade de Bauru – SP, as temperaturas urbanas do local e o conforto térmico do pedestre.

Dentre as várias metodologias adotadas para os estudos do ambiente construído, Moraes e Mont'Alvão (2003) destacam quatro fases na pesquisa ergonômica: a apreciação ergonômica com caráter exploratório de observação assistemática para mapeamento dos problemas e registros; a diagnose ergonômica, sistematizada com aplicação de questionários e escalas de avaliação com recomendações ergonômicas; a projeção ergonômica, que consiste na adaptação e intervenção ergonomizadora; e a validação ergonômica, que engloba as simulações.

A metodologia da pesquisa aqui proposta engloba as duas primeiras etapas, que compreendem uma análise das questões ergonômicas.

O procedimento metodológico baseou-se no aprofundamento da bibliografia existente e no conhecimento geográfico da cidade, como parte primeira e fundamental da pesquisa. Após tal fundamentação foi feita a delimitação e caracterização da área de estudo e a eleição dos pontos de medição. Foi então realizada a coleta de dados climáticos com medidas fixas e, no mesmo período, a aplicação de questionários aos pedestres. Os questionários têm o objetivo de analisar a sensação de conforto térmico e relacionar com as variáveis ambientais e o índice de conforto térmico. Em última fase os dados coletados foram correlacionados procurando-se relações entre os padrões das quadras e as temperaturas urbanas alcançadas e conseqüentemente a influência que estas exercem sobre o conforto térmico do usuário.

A seguir serão descritos com maiores detalhes o processo metodológico adotado e a instrumentação utilizada na pesquisa de campo.

2.1. Roteiro Metodológico

Os procedimentos metodológicos foram divididos nas seguintes etapas:

- Etapa 01: Revisão Bibliográfica;
- Etapa 02: Definição da área de estudo;

- Etapa 03: Observação do objeto de estudo;
- Etapa 04: Classificação das Quadras;
- Etapa 05: Eleição dos pontos para levantamento de dados;
- Etapa 06: Observação sistemática do objeto de estudo;
- Etapa 07: Incorporação dos dados a um Sistema de Informações Geográficas;
- Etapa 08: Cruzamento de Dados e Análise.

2.2. Etapa 01: Revisão Bibliográfica

Contemplando toda a contextualização sobre clima urbano, desenho da cidade, e conforto térmico humano foi inicialmente elaborada uma revisão bibliográfica, apresentada no capítulo anterior, como base para o estudo de caso proposto. Tal aprofundamento teórico abordou a função da ergonomia ambiental no planejamento urbano; o clima e o clima urbano, a morfologia urbana e o conforto térmico dos usuários de ambientes externos.

2.3. Etapa 02: Definição da área de estudo

Com o intuito de gerar a continuidade de um projeto anterior (SOUZA, 2006), em que se estudou um bairro residencial, situado na cidade de Bauru – SP, onde foram encontradas algumas tendências térmicas, definiu-se como área de estudo para esta pesquisa a mesma região estudada na pesquisa precedente. Sendo, no entanto, o objetivo da atual pesquisa estabelecer relações entre parâmetros urbanos de uso e ocupação do solo com as temperaturas urbanas e o conforto térmico do pedestre.

2.3.1. Características Gerais

A cidade de Bauru localiza-se no centro-oeste do estado de São Paulo, distante 352 km da capital. Funciona como divisor de águas dos rios Batalha e Bauru e do Ribeirão da Água Parada, inserido na bacia hidrográfica do Rio Tietê, e tem como Municípios Limitrofes Reginópolis, Piratininga, Pederneiras, Avaí, Arealva e Agudos.

Segundo o Censo de 2007 (IBGE, 2007), sua população total é de 347.601 habitantes, sendo que a grande maioria vive em área urbana. A existência de um forte setor de serviços, a presença de universidades e a localização privilegiada em um grande entroncamento rodo-ferroviário fazem com que Bauru seja o principal pólo econômico do Centro-oeste Paulista.

Tem como coordenadas geográficas a latitude compreendida entre 21,15'S e 21,50'S e longitude entre 49W e 49,10'W. Sua altitude varia entre 500 a 630m, sendo predominantemente planáltica e topograficamente pouco acidentada. Tem o solo predominantemente arenoso e a vegetação dominante é o cerrado.



Figura 2.1: Localização da cidade de Bauru - SP Fonte: Yamaguti (2006).

2.3.2. Características Climáticas

Segundo a classificação climática de Koeppen, baseada em dados mensais pluviométricos e termométricos, o clima de Bauru se classifica como Cwa (C=Sub-Tropical - composto; w= Inverno Seco – chuvas no verão; a= Verão Quente – temperatura média do mês mais quente >22°C) - clima subtropical de altitude - com chuvas no verão, sendo os dias relativamente quentes e as noites frias ao longo do ano todo, com amplitudes térmicas médias diárias superiores às anuais. As temperaturas médias mensais são elevadas, porém pouco diferenciadas (máxima de 25°C em janeiro, fevereiro e março, e mínima de 19°C em julho). Entretanto, a amplitude térmica diária é elevada (máxima de 16°C em agosto e mínima de 11°C em janeiro e fevereiro) (quadro 2.1).

Segundo Nimer (1989), essa é uma região de grande diversificação climática e de transição entre os climas quentes das latitudes baixas e os climas mesotérmicos das latitudes médias. Isso é o fator determinante de duas estações bem definidas, uma seca e outra muito chuvosa.

Quadro 2.1: Dados climáticos de Bauru – Período 1961 a 1990.

MÊS	Temp. Média Mínima (°C)	Temp. Média Máxima (°C)	Temp. Média (°C)	Amplitude Média (°C)	Chuva Total (mm)
JAN	19,00	30,00	25,00	11,00	226,60
FEV	19,00	30,00	25,00	11,00	196,10
MAR	19,00	31,00	25,00	12,00	143,30
ABR	17,00	30,00	23,00	13,00	76,20
MAI	14,00	27,00	20,00	13,00	62,30
JUN	13,00	26,00	20,00	13,00	52,40
JUL	12,00	26,00	19,00	14,00	35,40
AGO	13,00	29,00	21,00	16,00	25,50
SET	15,00	30,00	22,00	15,00	62,70
OUT	16,00	30,00	23,00	14,00	122,80
NOV	17,00	30,00	24,00	13,00	129,00
DEZ	18,00	30,00	24,00	12,00	198,70

Fonte: Centro de Pesquisas Meteorológicas e Climáticas aplicadas à Agricultura (2008)

Por estar numa região de clima seco no inverno e chuvoso no verão, a cidade sofre influência das massas equatorial e continental, com maior frequência no verão, responsáveis por calor, umidade e precipitações, ocasionando a estação das chuvas. Atuam ainda a massa tropical atlântica, no outono, inverno e primavera, com calmaria, baixa umidade relativa do ar e céu limpo, juntamente com a massa polar atlântica no inverno, constituindo um período de seca no estado.

Os ventos predominantes são fracos, com velocidades típicas na faixa de 1 a 2 m/s (força 2 na escala de Beaufort) e a cidade apresenta uma frequência de aproximadamente 5% de calmarias, que se manifesta principalmente no meio da tarde e na madrugada (FARIA, 1997).

2.3.3. O Fragmento Urbano Estudado

Como citado anteriormente, a área estudada refere-se a um bairro residencial na cidade de Bauru - SP com tendência ao adensamento. Algumas importantes identificações relacionadas ao comportamento térmico da área, realizadas em pesquisa anteriormente desenvolvida por Souza (2006), estão descritas posteriormente neste mesmo capítulo.

Delimitou-se para estudo o Bairro Vila Cidade Universitária, que compreende o Jardim Planalto, Jardim Aeroporto e Jardim Infante Dom Henrique. Seus limites são a Avenida Nações Unidas e a Alameda Dr. Otávio Pinheiro Brizola (lateralmente) e pelo Campus da USP, e o Bauru Shopping (superior e inferiormente). A região possui infraestrutura de grande porte, sendo privilegiada por sua localização, adjacente a uma das principais entradas de Bauru, à margem da Avenida Nações Unidas, um dos mais importantes eixos da cidade e próxima às principais Universidades (Figura 3.2).



Figura 2.2: Fotografia aérea da região de estudo com localização de referências Fonte: Adaptado de Google Earth (2008)

A região que tem se desenvolvido aceleradamente é alvo de especulação imobiliária, recebendo altos investimentos na construção civil e evidente aumento da verticalização. Apesar disso, o local contém grande heterogeneidade construtiva quanto à verticalidade, existindo, segundo Pedrotti (2004), desde terrenos vazios e residências térreas até construções de 18 andares.

Embora esses bairros se encontrem na área de zoneamento caracterizada pelo Plano Diretor de 1996 como ZR 3 (Figura 2.3) - Zona Estritamente Residencial - apresentam diversidade de uso do solo, oferecendo ampla variedade de comércio e de serviços, situando até mesmo o único shopping da cidade. Tal característica provoca alto fluxo de veículos e de pedestres no local, oriundos de toda a cidade e até mesmo da região.

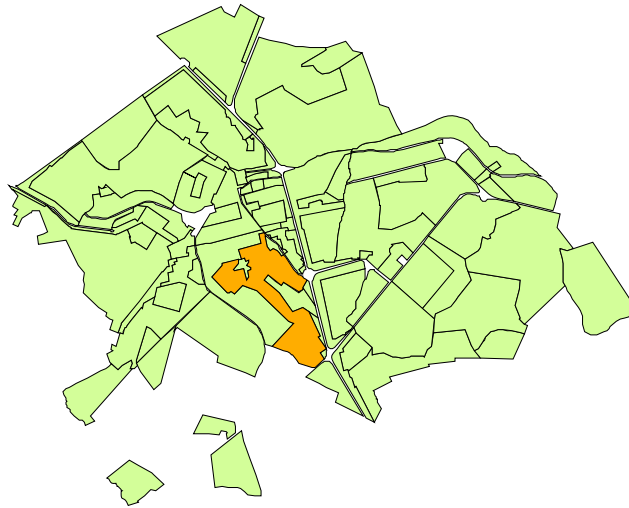


Figura 2.3: Área selecionada para estudo – ZR3. Fonte: Souza, (2006)

2.3.4. Identificações Realizadas por Estudos Anteriores

Em estudos anteriores realizados no local foram mapeadas algumas tendências térmicas existentes, como pode ser verificado nos mapas temporais das Figuras 2.4 e 2.5.

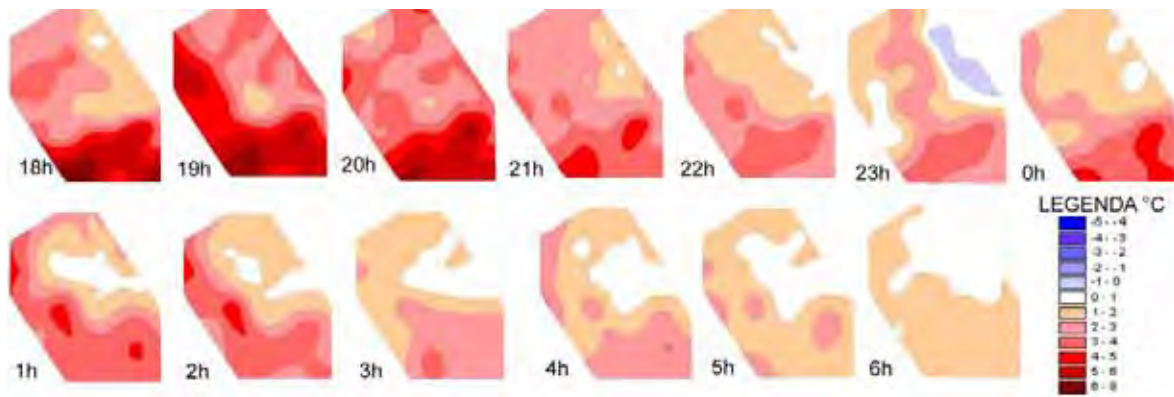


Figura 2.4: Mapas de Ilhas de calor. Fonte: Postigo e Souza (2007).

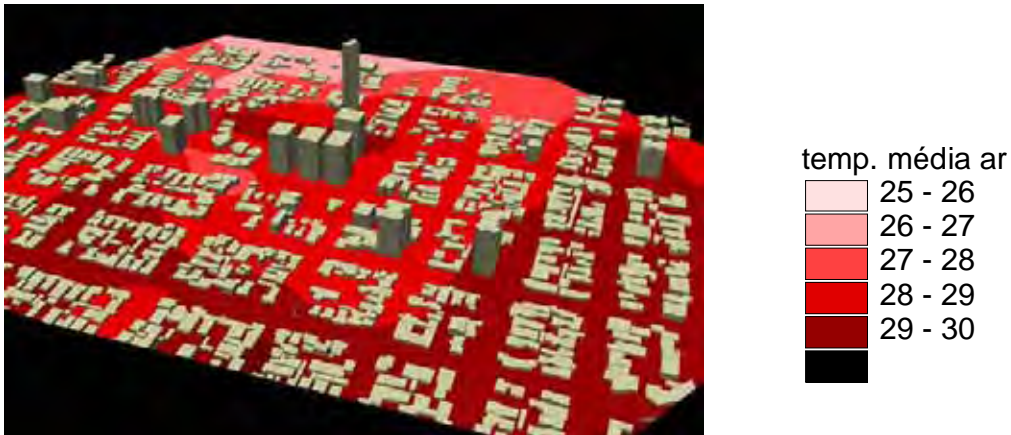


Figura 2.5: Perspectiva dos edifícios mostrando as manchas de temperatura média do ar.

Fonte: Postigo e Souza (2007).

Enquanto na Figura 2.4 é possível verificar que das 18h às 21h observam-se os períodos de maior desenvolvimento de ilhas de calor urbana, na Figura 2.5 pode-se identificar a ocorrência de maiores temperaturas médias do ar em regiões que sofrem influência da maior verticalização do bairro.

Em vários pontos constatou-se que a região de maior temperatura pode estar deslocada do ponto de maior verticalização. Esse comportamento é provavelmente devido à entrada do vento dominante nessa região, o que faz com que ocorram pontos de maior temperatura também em regiões com edificações mais baixas.

Outros resultados também derivados do projeto anterior (Nakata e Souza, 2007) indicam o importante papel da vegetação na temperatura. Nesse caso, o bairro apresenta um baixo índice de áreas verdes, sendo representado apenas por árvores ao longo das ruas. Tomando-se as temperaturas dentro de um raio de abrangência das árvores igual 100m, verificou-se que existem quatro comportamentos básicos nos pontos dessa área: pontos que manifestam ilhas de frescor de até 2oC, pontos que não apresentam ilha de frescor, pontos que apresentam ilha de frescor e ilhas de calor e pontos que só apresentam ilha de calor noturno.

2.4. Etapa 03: Observação do Objeto de Estudo

Foram feitas observações assistemáticas na região a ser estudada, procurando identificar as atividades desenvolvidas pelos pedestres. A partir da identificação das principais atividades desenvolvidas no ambiente urbano de estudo, procurou-se a melhor forma de avaliar o conforto térmico do usuário.

2.5. Etapa 04: Classificação das Quadras

Buscou-se identificar a existência de padrões de configuração das quadras na área selecionada, para tanto foi feito um levantamento das formas das quadras, assim como identificação de alturas, índice de aproveitamento, acrescentando-se informações de pesquisas anteriores como: Leme, 2005; Pedrotti, 2005; Postigo, 2006; Nakata, 2006 e Giunta, 2007, todas vinculadas ao projeto desenvolvido por Souza (2004-2007) por meio do CNPq e por Souza (2004-2006) pela FAPESP.

Os dados dos levantamentos foram incorporados e tratados num Sistema de informações geográficas (SIG), o Arc View, onde foram gerados mapas das classificações de quadras, resultando nos mapeamentos das características da área, que serão apresentados no capítulo 03.

2.6. Etapa 05: Eleição dos pontos para levantamento de dados.

Os primeiros estudos, revisões e observações realizadas no bairro, bem como a classificação das quadras, permitiram a identificação de 10 pontos para a medição da temperatura do ar considerados importantes para a relação entre as atividades desenvolvidas pelo pedestre e o conforto térmico. A seleção dos pontos foi feita com base no levantamento de campo, na análise de mapas e foto aérea, nas identificações de uso e ocupação do solo, nas informações dos estudos anteriores, dentre outros.

Procurou-se distribuir os pontos de maneira uniforme espacialmente e com características bem diferenciadas quanto à configuração de uso e ocupação do solo, à altura das edificações do entorno, à densidade construída e à proximidade de vegetação. A escolha dos pontos também levou em consideração o fluxo de pedestres na área, já que seriam aplicados questionários com os mesmos.

2.7. Etapa 06: Observação sistemática do objeto de estudo

2.7.1. Medições Fixas de Temperatura


Trata-se de um método exploratório, por meio do qual se buscam caracterizar as tendências do ambiente térmico urbano estudado e uma possível correlação entre tais identificações e a sensação térmica do pedestre, não havendo a intenção de se realizar análises estatísticas.

Após a eleição dos pontos de medição, no verão, entre os dias 20/12/2007 a 06/01/2008, realizou-se a coleta de dados climáticos com medidas fixas. Para tanto, nos locais identificados durante a Etapa 03 foram distribuídos data-loggers para registro da temperatura. A seguir serão descritos detalhadamente os levantamentos de campo com medidas fixas, bem como as técnicas utilizadas para avaliação do conforto térmico.

2.7.2. Instrumentação Utilizada para as Medições Fixas

As coletas de dados com medidas fixas foram feitas por registros contínuos de temperatura, por meio de “data-loggers” instalados em locais à sombra, voltados para a face sul, evitando-se a incidência direta da radiação solar, a uma altura aproximada de 2,00 metros. Os registradores foram padronizados pelo Núcleo de Conforto Ambiental (NUCAM), da Unesp. Para protegê-los da radiação solar, a cada equipamento foi acoplada uma capa protetora confeccionada manualmente para a pesquisa, em PVC revestido por papel alumínio, com uma das faces abertas para promover a ventilação. O quadro 2.2 mostra as características do equipamento e da capa de proteção. A figura 2.23 apresenta o equipamento dentro da capa protetora, pronto para ser instalado.

Quadro 2.2: Equipamentos de Medições Fixas

Equipamento	Características
Data-logger 	Equipamento: Data-logger Marca: Hobo Modelo: Pro Canais: 1 para Temperatura

Capa Protetora



Caixa de PVC, revestida por papel alumínio.



Figura 2.23: Datta-logger dentro da capa protetora

2.7.3. Avaliação do Conforto Térmico

Durante a realização das medições fixas da temperatura, também foram coletados os dados para a avaliação do conforto térmico do pedestre. Tal coleta incluiu simultaneamente dois parâmetros, a aplicação de questionários para avaliação da percepção climática do pedestre e o monitoramento dos dados climáticos no momento de cada entrevista.

Escolheu-se, para a coleta de dados, o período do dia em que há maior fluxo de pedestres no bairro, que se trata do horário entre às 10h e às 18h.

Nos arredores de cada um dos pontos de medição foram aplicados questionários às pessoas que transitavam no local, buscando-se uma escala de avaliação, por meio da verbalização do usuário. Estes abordaram questões a respeito da percepção do usuário em relação ao conforto térmico naquele momento.

O questionário foi elaborado com base em estudos de Lamberts e Xavier (2002), Ornstein (1992) e Pezzuto (2007). Foram também consideradas as recomendações da Norma Internacional – ISO 10551 (1995), que disponibiliza auxílio para avaliação da influência do ambiente térmico utilizando escalas de julgamento subjetivo.

Inicialmente o questionário apresentava questões relativas aos dados pessoais do entrevistado, tais como: faixa etária, gênero, residente ou não no bairro, vestimenta, uso de acessórios e atividade no momento da entrevista. A segunda parte abordava questões relativas à sensação de conforto térmico do entrevistado. A sensação térmica e as preferências do pedestre foram avaliadas em três questões, numa escala de sete pontos, elaborada com base na escala sétima da ASHRAE Standard 55 (1992) apud Lamberts e Xavier (2002).

A primeira questão avaliou a sensação térmica com as seguintes opções:

- Com muito calor
- Com calor
- Levemente com calor
- Neutro
- Levemente com frio
- Com frio
- Com muito frio.

A segunda questão avaliou a sensação de conforto do pedestre com as seguintes opções:

- Confortável
- Razoavelmente Confortável
- Desconfortável

A terceira e última questão avaliou a preferência do entrevistado na seguinte escala:

- Bem mais aquecido
- Mais aquecido
- Um pouco mais aquecido
- Assim mesmo

- Um pouco mais refrescado
- Mais refrescado
- Bem mais refrescado

Durante a aplicação dos questionários foi feito o monitoramento microclimático à sombra e bem próximo aos locais das entrevistas. As variáveis físicas medidas incluíram a temperatura do ar, a velocidade do vento, a temperatura de globo, a umidade relativa do ar, bem como a temperatura, as cores e os materiais das superfícies imediatamente ao redor do pedestre. Também eram anotadas as condições em que a entrevista era realizada, à sombra, à meia sombra ou pleno sol.

2.7.4. Instrumentação Utilizada para a Avaliação do Conforto Térmico

A coleta de dados dos parâmetros climáticos para a avaliação do conforto térmico realizou-se com o uso de diversos instrumentos de medição, sempre instalados à sombra, próximos aos locais da aplicação dos questionários. Os equipamentos utilizados nas medições foram: um termo-higrômetro de leitura direta para medição da umidade relativa do ar, um termo-anemômetro digital para medição da velocidade do ar e da temperatura do ar e um termômetro Infravermelho digital, para medição das temperaturas das superfícies do entorno do pedestre. O quadro 2.3 mostra os equipamentos e suas características.

Quadro 2.3: Equipamentos de Coleta de Dados Microclimáticos

Equipamento	Figura
<p>Termo – Anemômetro Digital Modelo: MiniAir 2 Fabricante: Schiltknecht Messtechnik AG 1 canal de velocidade do vento 1 canal de temperatura Resolução: 0,1 m/s, 0,1 graus.</p>	 <p>The image shows a blue MiniAir 2 digital anemometer and thermometer. It features a digital display showing '00.00' and several control buttons. A red and blue probe is attached to the side.</p>
<p>Termo-Higrômetro de leitura direta Fabricante: Icoterm Indústria de Termômetro Ltda. 1 canal de Temperatura de Bulbo Seco 1 canal de Temperatura de Bulbo Úmido</p>	 <p>The image shows a vertical thermo-hygrometer with a yellow frame. It has two scales: one for dry bulb temperature (0 to 50°C) and one for wet bulb temperature (0 to 30°C). A wick is visible between the two bulbs.</p>
<p>Termômetro Infravermelho Digital Modelo: MT - 350 Fabricante: Minipa Indústria e Comércio Ltda. Faixa de Temperatura: -30°C~550°C Precisão: +/- (2°C/4F) de -30~100°C +/- (2% leitura) de 101°C~55°C</p>	 <p>The image shows a handheld digital infrared thermometer. It is white with a blue strap and a small LCD screen at the top. The brand name 'Minipa' is visible on the side.</p>

2.8. Etapa 07: Incorporação dos dados a um Sistema de Informações Geográficas

Foram explorados recursos de armazenamento e análise espacial de dados, por meio de um Sistema de Informações Geográficas (SIG), possibilitando a integração das quadras com seus atributos e os dados climáticos coletados.

Na realização dos mapas temáticos, utilizou-se o SIG ArcView, onde primeiramente foram incorporados todos os dados de levantamento que em seguida foram tratados no mesmo software, resultando na sobreposição das características da área e dos dados coletados à malha urbana.

2.9. Etapa 08: Cruzamento de dados e Análise

Com todos os dados armazenados em um Sistema de Informações Geográficas (SIG), foram identificadas as possíveis relações espaciais entre as quadras estudadas e o clima do local.

Também foram relacionados os resultados obtidos na aplicação de questionários com os dados do monitoramento microclimático, buscando-se a avaliação do conforto térmico do pedestre.

No próximo capítulo se apresentam os resultados da padronização das quadras, delimitação das atividades realizadas na área e escolha dos pontos de coleta de dados.

**CLASSIFICAÇÃO DAS
QUADRAS E SELEÇÃO DOS
PONTOS DE MEDIÇÃO**

03

3. CLASSIFICAÇÃO DAS QUADRAS E SELEÇÃO DOS PONTOS DE MEDIÇÃO

Neste capítulo serão expostos os resultados obtidos pela observação assistemática do objeto de estudo, posterior classificação das quadras e finalmente a eleição dos pontos de coleta de dados térmicos.

3.1. Observação do Objeto de Estudo

Por meio de observações assistemáticas realizadas na região estudada, foram elencadas as atividades desenvolvidas com mais frequência pelos pedestres. As principais atividades identificadas no local foram:

- Acesso dos funcionários e da população da cidade e região ao shopping Center (figuras 3.1 e 3.2);
- Acesso a um hipermercado da região;
- Fluxo de clientes e funcionários a uma grande empresa de cobrança e prestação de serviços (figuras 3.3, 3.4 e 3.5);
- Local de descanso e permanência na única praça da região (figura 3.6);
- Nos arredores do aeroclube uso das calçadas como pista de caminhada no início da manhã e final da tarde (figura 3.7);
- Área de permanência próxima ao aeroclube (figura 3.8);
- Fluxo de pessoas de toda a cidade às clínicas médicas; ao comércio e aos serviços na região (figuras 3.9 e 3.10);
- Acesso de estudantes e professores à USP;
- Concentração de pedestres em alguns pontos de ônibus e “pontos de carona” (figuras 3.11 e 3.12).
- Alto fluxo de pessoas nas avenidas delimitadoras da área de estudo;



Figura 3.1: Fluxo de pessoas na entrada principal do Shopping Center.



Figura 3.2: Ponto de ônibus localizado em frente ao Shopping Center



Figura 3.3: Alto fluxo de pessoas em frente à empresa de cobrança e prestação de serviços.



Figura 3.4: Funcionários da empresa de cobrança e prestação de serviços no horário do lanche



Figura 3.5: Funcionários da empresa de cobrança e prestação de serviços.



Figura 3.6: Pessoas descansando à sombra de uma árvore na única praça da região.



Figura 3.7: Uso do entorno do aeroclube como pista de caminhada



Figura 3.8: Área de permanência próxima ao aeroclube.



Figura 3.9: Fluxo de pessoas aos serviços e comércios.



Figura 3.10: Pedestres e prestadores de serviços na Marginal da Avenida Nações Unidas.



Figura 3.11: Pessoas em ponto de ônibus na Alameda Dr. Otávio Pinheiro Brizzola



Figura 3.12: Pessoas em ponto de ônibus na Marginal da Avenida Nações Unidas

3.2. Classificação das Quadras

Na área selecionada para estudo identificou-se a existência de padrões de configuração das quadras por meio de um levantamento de dados a respeito das formas das quadras, assim como identificação de alturas, índice de aproveitamento do solo, acrescentando-se informações de pesquisas anteriores como: Leme, 2005; Pedrotti, 2005; Postigo, 2006; Nakata, 2006; Giunta, 2007, todas vinculadas ao projeto desenvolvido por Souza (2007), esta por meio do CNPq e por Souza (2006) pela FAPESP, criando-se assim uma classificação geral para as quadras da região.

Como já citado no capítulo 02, a região do Bairro Vila Cidade Universitária compreende os bairros Jardim Infante Dom Henrique, Cidade Universitária e Jardim Planalto; no primeiro o loteamento se deu a partir de 1947, no segundo iniciou-se em 1950 e o terceiro, localizado entre os outros dois, foi loteado logo em seguida, em 1957 (figura 3.13).



Figura 3.13: Bairro Vila Cidade Universitária dividido em três loteamentos. Fonte: Constantino (1995) e Giunta (2008)

Mediante o levantamento histórico da área e a análise visual do desenho das quadras foram identificadas três diferenciações formais. Nota-se que na região o desenho das quadras se diferencia de acordo com o loteamento. No bairro Cidade Universitária a maior parte das quadras é quadrada, algumas são retangulares, trapezoidais e circulares, apesar dos formatos diferenciados, visualmente, o desenho do bairro se mostra regular e bem demarcado; já no Jardim Planalto a forma das quadras é mais uniforme, apresentam-se em formato retangular e mais curtas do que no bairro anterior; o Jardim Infante Dom Henrique é constituído por quadras de

características irregulares, não seguindo qualquer padronização, têm formato triangular, trapezoidal e retangular, algumas vezes bem alongado, sendo, dos três loteamentos, o mais formalmente desigual.

Postigo (2006), fazendo parte do projeto de Souza (2007) para a região do Bairro Vila Cidade Universitária, classificou as quadras por massa construída (MC), porcentagem de áreas verdes e taxa de ocupação. Enquanto Nakata (2006), utilizando os mesmos elementos identificou 40 pontos de referência, tendo como área de classificação um raio de 100m a partir de cada ponto de referência considerado.

O cálculo, na pesquisa de Postigo (2006), foi realizado por meio do levantamento da implantação dos edifícios nas quadras (figura 3.14), a partir desses dados se calculou as áreas de cada edifício que posteriormente foram relacionadas com a área total da quadra, obtendo-se assim as porcentagens de área livre e construída (figura 3.15). Desta mesma forma foram também relacionadas às alturas de cada edificação, obtendo-se o volume construído (figura 3.16).



Figura 3.14: Implantação dos edifícios nas quadras. Fonte: Postigo (2006).

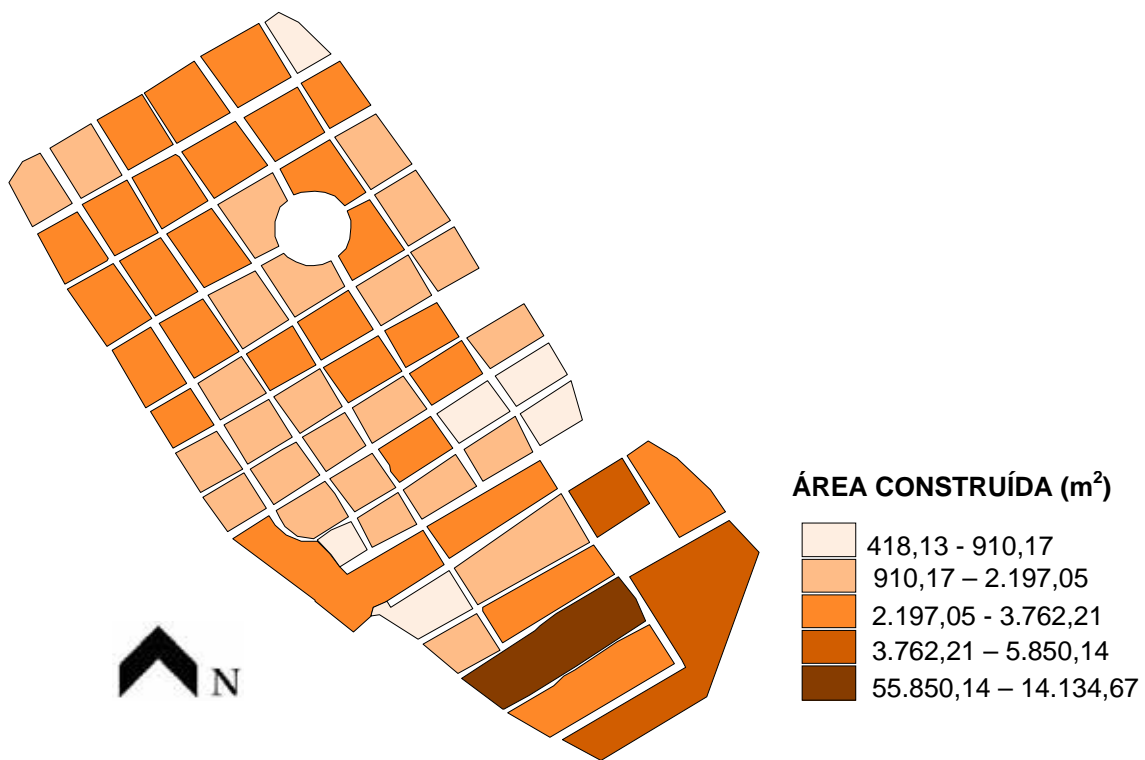


Figura 3.15: Área construída. Fonte: Postigo (2006).

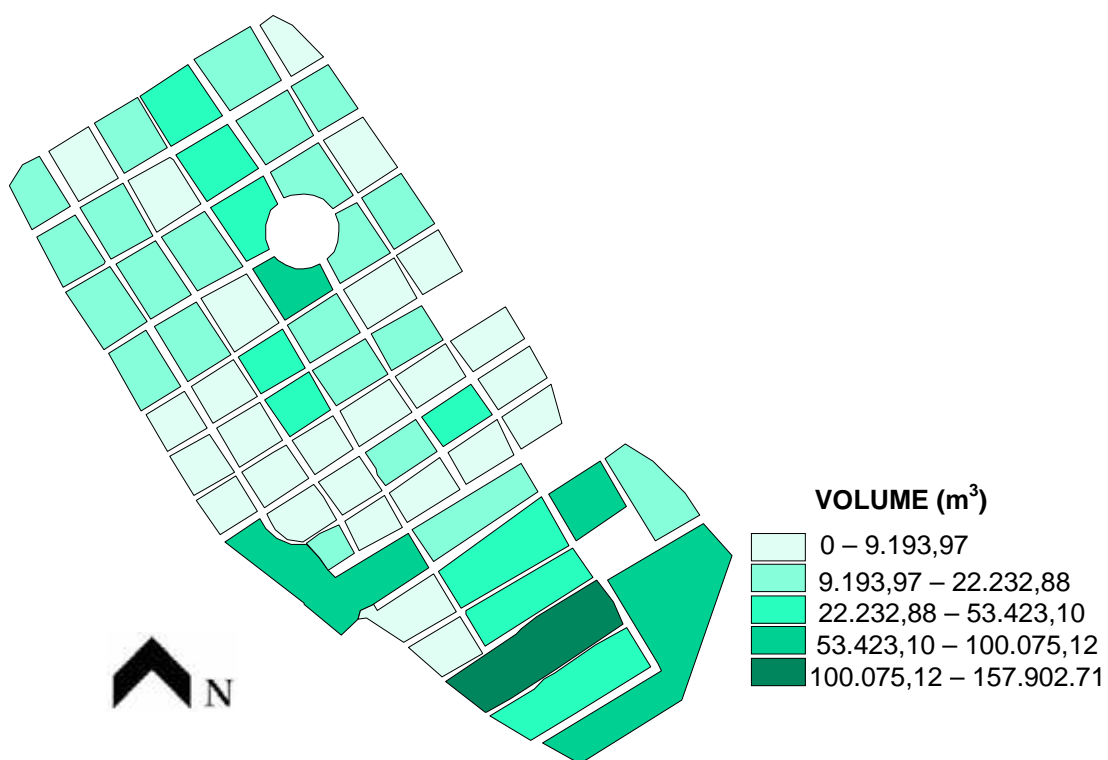


Figura 3.16: Volume construído. Fonte: Postigo (2006).

Na pesquisa de Giunta (2007), as quadras são classificadas pelo formato geométrico, pelo seu índice de aproveitamento do solo e pela sobreposição de ambos. A classificação do desenho das quadras pelo formato geométrico foi feita por meio de suas semelhanças com as formas geométricas, e classificadas em quadrada, retangular, triangular, trapezoidal, circular e composta (figura 3.17).

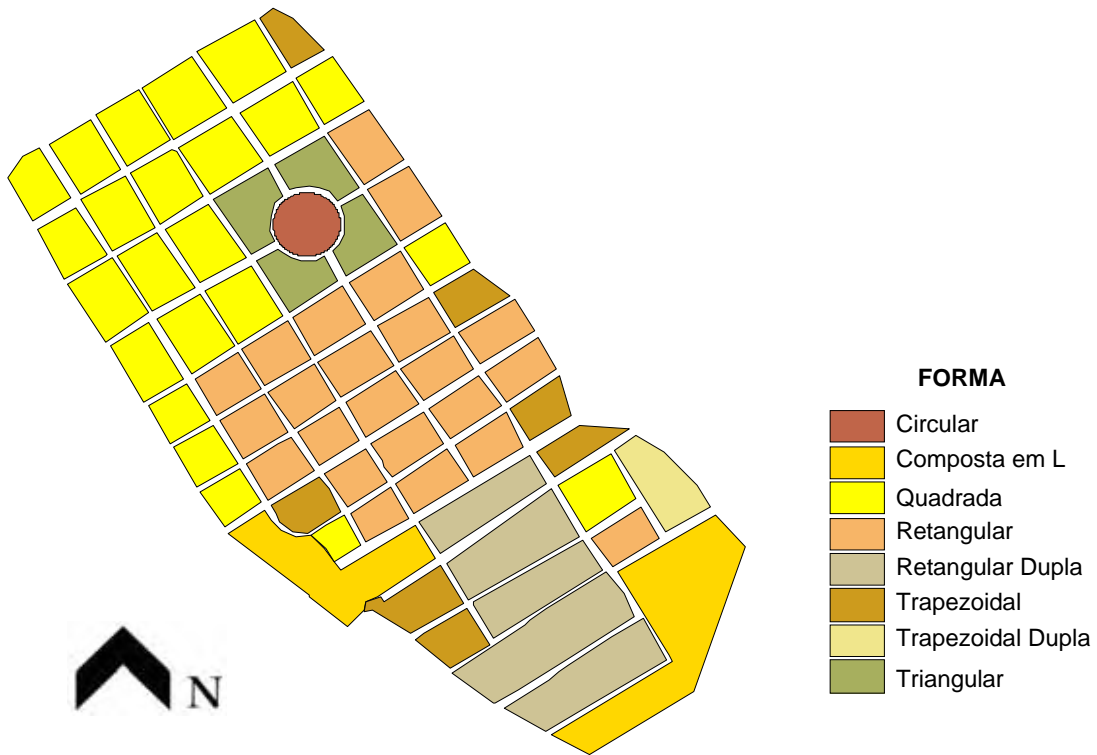


Figura 3.17: Classificações pela forma geométrica. Fonte: Giunta (2007)

A classificação por índice de aproveitamento médio da quadra (figura 3.18) foi determinada pelo índice de aproveitamento médio simplificado para cada quadra através da seguinte relação:

$$IA = \frac{(H_{\text{médioquadra}} * A_{\text{construída}})}{A_{\text{totalquadra}}}$$

Onde:

IA é o índice de aproveitamento médio da quadra

$H_{\text{médioquadra}}$ é altura média da quadra em m

$A_{\text{construída}}$ é a área construída da quadra em m^2

$A_{\text{totalquadra}}$ é a área total da quadra em m^2

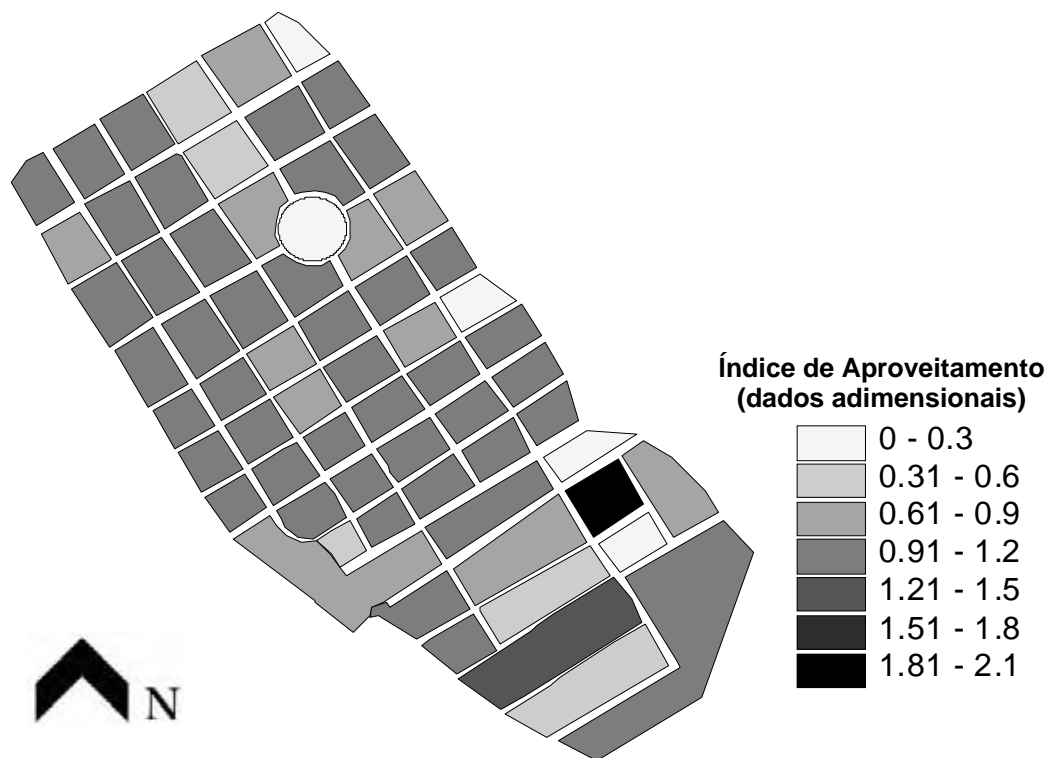


Figura 3.18: Classificadas pelo índice de aproveitamento médio. Fonte: Adaptado de Giunta (2007)

As duas classificações descritas foram sobrepostas com o auxílio do software SIG ArcView e foram identificadas novas classificações integradas das quadras, considerando-se a forma e o índice de aproveitamento simultaneamente (figura 3.19).

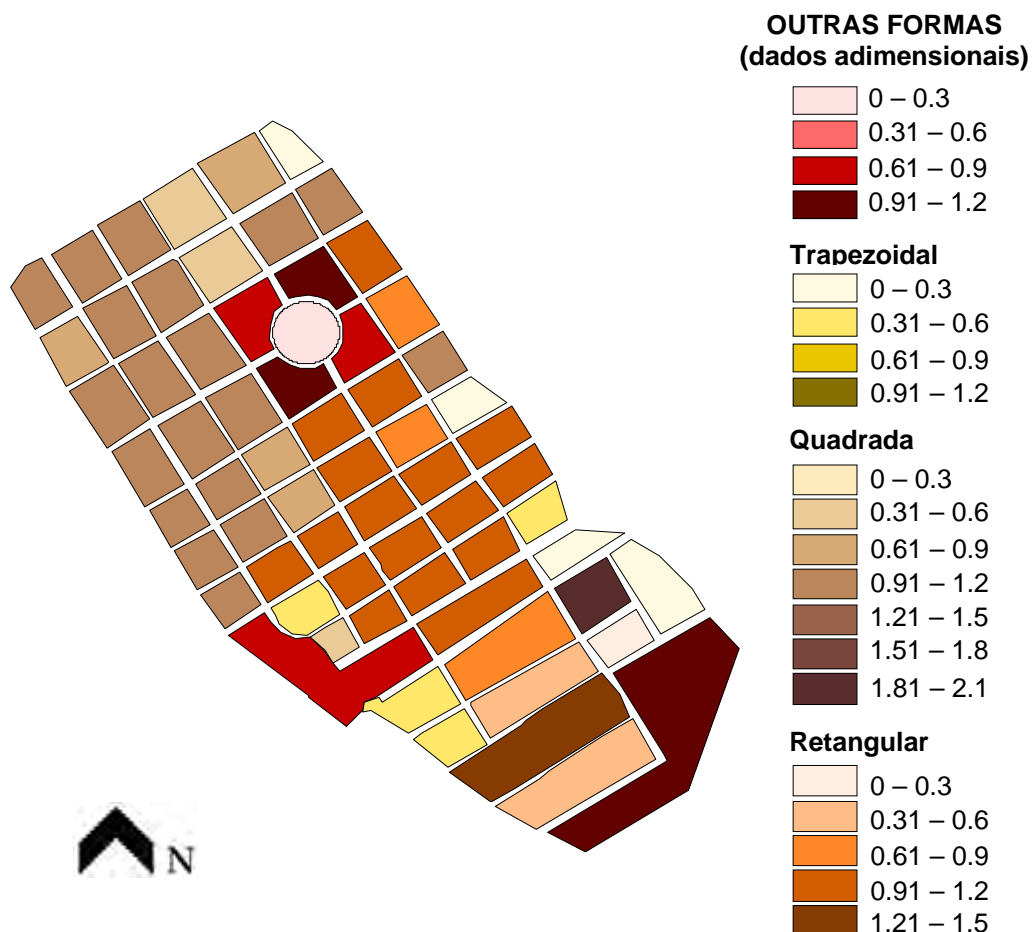


Figura 3.19: Classes integradas. Fonte: Adaptado de Giunta (2007)

O trabalho de Souza (2006-2009), que dá continuidade ao de Souza (2004-2007) propõe uma integração dessas classificações em um só tipo. Assim, essa pesquisa de mestrado ora desenvolvida, juntamente com os trabalhos de Iniciação Científica de Cezar Tente e Mariene Giunta, todos vinculados ao projeto de Souza (2006-2009), adotam como metodologia a integração das classificações das formas geométricas das quadras estudadas em Giunta (2007) e também com os demais parâmetros estudados por Postigo (2006) e Nakata (2006), ou seja, procura-se estabelecer uma classificação que englobe: forma, aproveitamento, taxa de ocupação, porcentagem de áreas verdes e massa construída. Essa nova classificação baseia-se na sobreposição de camadas representativas desses parâmetros para efetuar o produto dos parâmetros e criar novas classes.

No intuito de ser obter novas classificações para as quadras, inicialmente foram identificadas as suas principais características, considerando massa construtiva, área de vegetação, taxa de ocupação, forma da quadra e índice de aproveitamento.

Sendo que a massa construtiva foi calculada em função da seguinte equação:

$$MC = \frac{(M_{concreto} * V_{edificado})}{A_{totalquadra}}$$

Onde:

MC = massa construtiva

Massa de concreto = 2400 kg/m³

Volume edificado = (altura da edificação x largura da edificação x comprimento da edificação) consideradas pela média da somatória das edificações estimadas na quadra em m³

Área total da quadra = largura da quadra x comprimento da quadra em m²

Para a área de vegetação o cálculo foi feito pelo diâmetro da copa das árvores, e ainda se calculou a área adensada da vegetação a partir da estimativa visual da densidade destas juntamente com a área total por quadra.

A taxa de ocupação corresponde à área projetada das edificações sobre a área da quadra. E o índice de aproveitamento equivale à área média total construída, considerados todos os pavimentos das edificações sobre a área da quadra, já indicado anteriormente.

Classificando as quadras pela massa construtiva e a vegetação pelos cálculos indicados acima, e em seguida, sobrepondo-se esses dados, foram criadas as classes de forma, em que a massa construtiva representa ganho de calor e a vegetação resfriamento, assim a massa entra como peso positivo e a vegetação como peso negativo para essa classificação.

Com isso, e o auxílio de ferramentas do SIG ArcView 3.2, a partir da sobreposição das características de massa construtiva (kg/m² de quadra) e área de vegetação adensada (m² por quadra), obteve-se a classificação massa-vegetação ilustrado na figura 3.20.

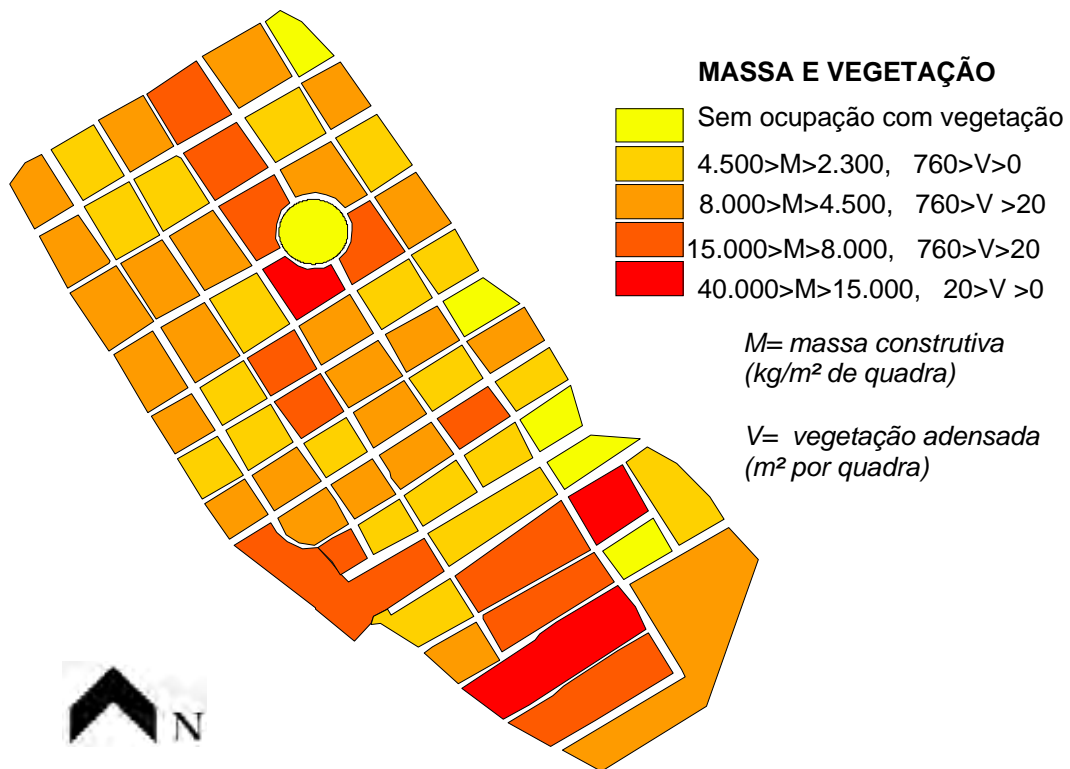


Figura 3.20: Classificação de massa-vegetação.

Para a forma da quadra, figura 3.21, a determinação foi feita por meio do fator de forma geométrica, que indica a variação morfológica da quadra, sendo independente do tamanho. Assim os valores representados são de acordo com o quanto a quadra se aproxima da forma de um círculo. Quanto mais próxima da forma circular seu valor tende a 1 e quanto mais irregular seu valor tende a 0. O fator de forma da quadra foi calculado a partir da seguinte equação:

$$\text{Fator de forma da quadra} = (4\text{Pi} \times \text{área})/\text{perímetro}^2$$

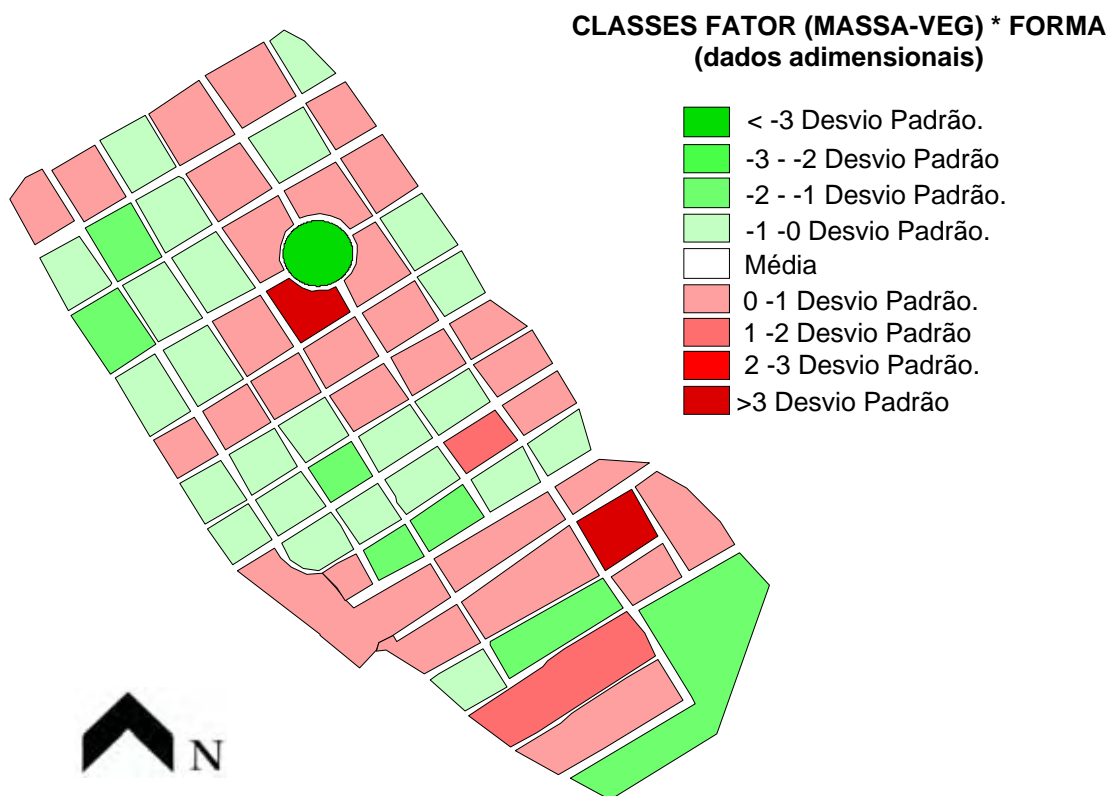


Figura 3.21: Classificação pelo Fator de forma de quadra

Para as classificações das quadras da região estudada foram feitas várias operações de manipulação dos dados, das quais a que melhor respondeu à identificação das características da área foi a seguinte:

Os dados da massa construtiva foram normalizados, considerando-se o valor zero para as quadras sem nenhuma construção e 1 para o maior valor de massa construtiva encontrado na área.

Os dados da área vegetativa foram normalizados, considerando-se 1 para quadras não ocupadas e com apenas vegetação e 0 para quadras totalmente ocupadas sem vegetação.

Considerando-se que a massa construtiva tende a acumular calor e a vegetação a resfriar o ambiente, os valores normalizados foram ponderados com valor positivo para a massa construtiva e negativo para a área de vegetação. O resultado da subtração da massa construtiva pela área de vegetação foi ponderado pelo fator de forma da quadra, sendo assim obtida a classe das quadras. Dessa forma criou-se um fator aqui denominado de Fator de Massa-Vegetação-Forma.

3.3. Eleição dos pontos para levantamento de dados.

Com base no estudos anteriores (SOUZA, 2006) e nas observações feitas na área de estudo, foram identificados 10 pontos para a medição da temperatura do ar considerados importantes para o estudo da sensação térmica do pedestre que desenvolve atividades no local.

Os pontos foram bem distribuídos espacialmente e em relação à características como a configuração de uso e ocupação do solo, altura das edificações do entorno, densidade construída e proximidade de vegetação (figura 3.22). A escolha dos pontos também levou em consideração o fluxo de pedestres na área.



Figura 3.22: Foto aérea com os pontos de medição selecionados. Fonte: Adaptado de Google Earth (2008)

Tais pontos serviram de base para a aquisição de dados térmicos e para a aplicação dos questionários aos pedestres. A seguir, no capítulo 4, serão apresentadas as fichas de caracterização de cada ponto, onde são indicadas a localização, a classificação da quadra e os principais dados climáticos coletados.

Além destes, também foram obtidos dados do Instituto de Pesquisas Meteorológicas (IPMet), uma Unidade Complementar da Universidade Estadual

Paulista "Júlio de Mesquita Filho" - UNESP, localizado na cidade de Bauru (SP), para os mesmos períodos da coleta realizada nos pontos urbanos.

O próximo capítulo apresentará os resultados obtidos com as medições fixas de temperatura e as análises do comportamento térmico da área urbana estudada. Também serão expostos os resultados da coleta de dados voltada à análise da sensação térmica do pedestre.

RESULTADOS E ANÁLISES

04

4. RESULTADOS E ANÁLISES

Seguindo a Etapa 6 do roteiro metodológico apresentado no capítulo 2, foram realizadas as coletas de temperatura nos pontos fixos para a determinação do comportamento térmico da malha urbana. Simultaneamente, nos mesmos pontos, realizou-se a aplicação de questionários e o monitoramento microclimático para a avaliação da sensação de térmica do pedestre que pratica atividades na área de estudo.

4.1. Comportamento Térmico da Malha Urbana

Nos locais eleitos para as medições foram distribuídos registradores de temperatura a fim de coletar os dados climáticos com medidas fixas. Toda a coleta aconteceu em condições de tempo com céu claro e ventos regionais fracos, podendo-se considerar os resultados como tendência de comportamento térmico da área.

As temperaturas foram registradas no verão, durante dezoito dias consecutivos com intervalo de uma hora entre as medições, em cada um dos 10 pontos.

Quadro 4.1: Período e Características da Coleta de Medidas Fixas

Estação	Período de Medição	Intervalo entre as Medições	Total de Dias	Características do Período
Verão	20/12/2007 a 06/01/2008	De hora em hora	18 dias	Dias estáveis

Depois da coleta foi feito um tratamento dos dados registrados. Foram analisados todos os pontos de medição, com o objetivo de compreender o comportamento e verificar possíveis problemas de leitura durante o período de monitoramento.

Posteriormente, é feita a descrição do campo térmico da área de estudo, obtido a partir do levantamento de dados climáticos com medições fixas. A partir da comparação dos resultados foi possível compreender melhor o desempenho térmico da área de estudo.

Para tanto, se estudou detalhadamente, os valores médios máximos, mínimos e a amplitude térmica. Os dados obtidos nos pontos de coleta foram confrontados com

os fornecidos pela estação meteorológica do IPMET, procurando identificar as diferenças entre o comportamento térmico urbano e o rural.

Em seguida, foram apresentados e avaliados os resultados obtidos por meio do cruzamento das características urbanas com os dados climáticos coletados, realizado pelo processamento de dados no software Arc view – versão 3.2, que é um Sistema de Informações Geográficas. Por meio dele foi possível manipular dados, confeccionar mapas e análises estatísticas.

4.1.1. Tratamento dos dados

Foi feita uma análise exploratória em todos os 10 pontos de coleta dos dados durante o verão, época em que foram feitos os registros de temperatura atmosférica e superficial.

Um ponto foi usado como referência na comparação dos dados. A opção foi pelo ponto 07, considerando-se os seguintes critérios: localização do equipamento, melhor proteção do equipamento com relação às intempéries e radiação e segurança do local.

Normalmente a curva determinada pela média de temperatura hora a hora se comporta assemelhando-se a um senoidal nas 24 horas do dia, porém no ponto 09 ocorre uma distorção desse comportamento no horário em que atinge a temperatura máxima diária. Entre às 11h e às 14h as temperaturas apresentam uma elevação anormal, havendo um grande aumento entre as coletadas às 10h e às 11h e um rápido decréscimo de temperatura entre 14h e 15h. Enquanto nos outros nove pontos a temperatura máxima acontece das 14h às 17h, não apresentando modificações bruscas de temperatura entre dois horários consecutivos.

Além disso, embora essa pico de temperatura aconteça na maioria dos dias, em 26/12, dia em que ocorreram as temperaturas mais amenas, essa situação não se repete. Comparando-se o comportamento das médias diárias hora a hora de todo o período com as temperaturas horárias do dia 26/12/07 no ponto 09 (gráfico 4.1) e no ponto 07 (gráfico 4.2), nota-se um claro desvio nos dados registrados no ponto 09.

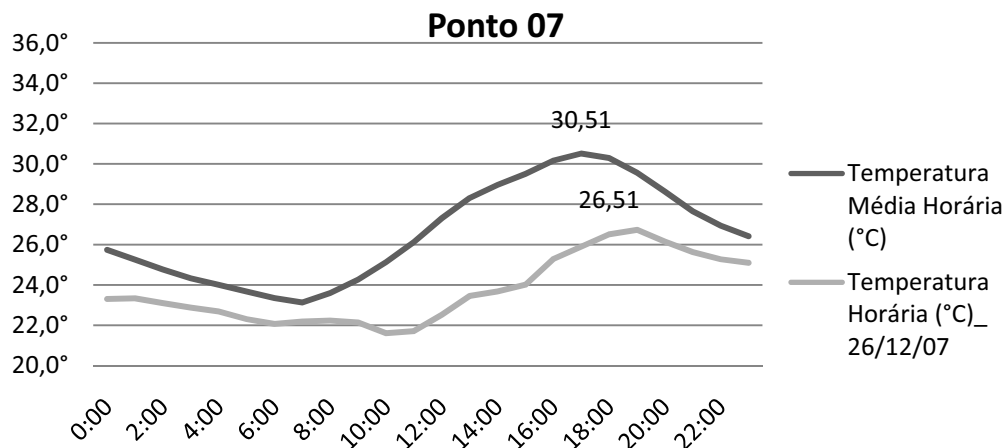


Gráfico 4.1: Comparativo entre as Temperaturas médias horárias do ar (°C) durante todo o período de coleta e as Temperaturas horárias do ar (°C) em 26/12/07 no Ponto 07.

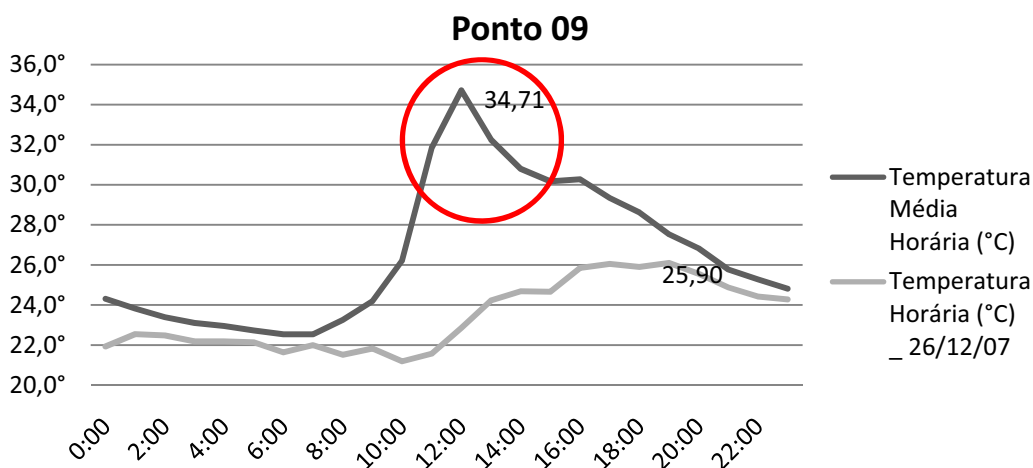


Gráfico 4.2: Comparativo entre as Temperaturas médias horárias do ar (°C) durante todo o período de coleta e as Temperaturas horárias do ar (°C) em 26/12/07 no Ponto 09.

Confrontando os demais pontos com o ponto 07, usado como referência, verifica-se um bom comportamento das curvas diárias em todo o período de coleta. Portanto, com exceção do Ponto 09, todos os outros pontos fixos foram incluídos nas análises. A seguir são descritas as análises dos dados climáticos coletados nos pontos 01, 02, 03, 04, 05, 06, 07, 08 e 10.

4.1.2. Análise dos dados climáticos

Inicialmente serão apresentadas as fichas de caracterização climática e morfológica (quadro 4.2) de cada ponto de coleta de medidas fixas. Nestas estão

indicadas a localização, a classificação da quadra e os principais dados climáticos coletados.

Quadro 4.2: Fichas de caracterização climática dos 10 pontos de coleta de dados.

Ficha de caracterização Morfológica e Climática		
Ponto 01	Endereço: Rua Alberto Segalla esquina com Rua Henrique Savi	
		
Características Observadas: <ul style="list-style-type: none"> • Uso misto, edificações de 2 a 18 pavimentos. • Pouca vegetação. • Alto fluxo de pedestres em direção ao shopping e de funcionários de uma empresa que se localiza na quadra, em direção ao ponto de ônibus. 		
Classificação:		
Área construída (m2): 4.134,67	Área Livre (m2): 979,74	Área Total (m2): 15.7902,71
Taxa de Ocupação: 0,09	Altura Média (m): 14,58	
Índice de Aproveitamento: 6	Vegetação (%): 60	
Uso do Solo Residencial +Comercial	Forma Retangular Dupla	
Dados Climáticos:		
Temperatura Superficial (°C):		
Média Diária (°C): 27,17	Média Diurna (°C): 30,92	Média Noturna (°C): 23,53
Temperatura do Ar (°C)		
Média Diária (°C): 26,95	Média Diurna (°C): 30,14	Média Noturna (°C): 23,87
Amplitude Térmica (°C): 12,80		
Temperatura Mínima (°C): 21,19	Horário: 06h	
Temperatura Máxima (°C): 33,99	Horário: 16h h	
Ilha de Calor Noturna:		
Valor médio (°C): 2°	Intensidade: Fraca	

Ficha de caracterização Morfológica e Climática

Ponto 02

Endereço: Alameda Otávio Pinheiro Brizolla entre as ruas. Durval Guedes de Azevedo e Dr. Sérgio T. C. Coube.



Características Observadas:

- Uso misto, edificações de 1 a 2 pavimentos.
- Pouca vegetação.
- Alto fluxo de pedestres que usam a área ao redor do aeroclube para caminhar no início da manhã e final da tarde.
- Área de estar em uma lanchonete.

Classificação:

Área construída (m2): 1.423,92	Área Livre (m2): 2.012,25	Área Total (m2): 6.061,63
Taxa de Ocupação: 0,17	Altura Média (m): 4,36	
Índice de Aproveitamento: 2	Vegetação (%): 60	
Uso do Solo Residencial +Comercial	Forma Trapezoidal	

Dados Climáticos:

Temperatura Superficial (°C):
Média Diária (°C): 26,62 **Média Diurna (°C):** 28,23 **Média Noturna (°C):** 25,13

Temperatura do Ar (°C)
Média Diária (°C): 26,64 **Média Diurna (°C):** 28,16 **Média Noturna (°C):** 25,26

Amplitude Térmica (°C): 8,57

Temperatura Mínima (°C): 22,62 **Horário:** 07h

Temperatura Máxima (°C): 31,19 **Horário:** 15h

Ilha de Calor Noturna:

Valor médio (°C): 3,47 **Intensidade:** Moderada

Ficha de caracterização Morfológica e Climática

Ponto 03 Endereço: Rua Engenheiro José Abreu Ribas Sampaio X Rua Manoel Pereira Rolla.



Características Observadas:

- Uso misto, edificações de 1 a 18 pavimentos.
- Pouca vegetação.
- Fluxo de veículo médio.
- Baixo fluxo de pedestres.

Classificação:

Área construída (m2): 2.197,05	Área Livre (m2): 9.001,22	Área Total (m2): 4.0143,95
Taxa de Ocupação: 0,13	Altura Média (m): 11,27	
Índice de Aproveitamento: 2,5	Vegetação (%): 60	
Uso do Solo: Residencial + Serviços	Forma: Retangular Dupla	

Dados Climáticos:

Temperatura Superficial (°C):

Média Diária (°C): 26,19 **Média Diurna (°C):** 28,12 **Média Noturna (°C):** 24,31

Temperatura do Ar (°C)

Média Diária (°C): 26,18 **Média Diurna (°C):** 27,94 **Média Noturna (°C):** 24,50

Amplitude Térmica (°C): 7,68

Temperatura Mínima (°C): 22,10

Horário: 07h

Temperatura Máxima (°C): 29,78

Horário: 16h

Ilha de Calor Noturna:

Valor médio (°C): 2,76

Intensidade: Moderada

Ficha de caracterização Morfológica e Climática

Ponto 04 Endereço: Rua Eduardo Vergueiro de Lorena X Rua Manoel Pereira Rolla.



Características Observadas:

- Uso misto, edificações de 1 e 2, pavimentos.
- Pouca vegetação.
- Trânsito intenso de veículos por ser ligação entre a Avenida Nações Unidas e a Alameda Dr. Otávio Pinheiro Brizzola.
- Alto fluxo de pedestres pela existência um pequeno supermercado.

Classificação:

Área construída (m2): 1.620,30	Área Livre (m2): 1.971,19	Área Total (m2): 6.133,50
Taxa de Ocupação: 0,26	Altura Média (m): 3,75	
Índice de Aproveitamento: 2	Vegetação (%): 60	
Uso do Solo: Residencial + Comércio	Forma: Retangular	

Dados Climáticos:

Temperatura Superficial (°C):

Média Diária (°C): 27,47 **Média Diurna (°C):** 30,31 **Média Noturna (°C):** 24,74

Temperatura do Ar (°C)

Média Diária (°C): 26,97 **Média Diurna (°C):** 28,30 **Média Noturna (°C):** 25,81

Amplitude Térmica (°C): 9,54

Temperatura Mínima (°C): 23,16 **Horário:** 07h

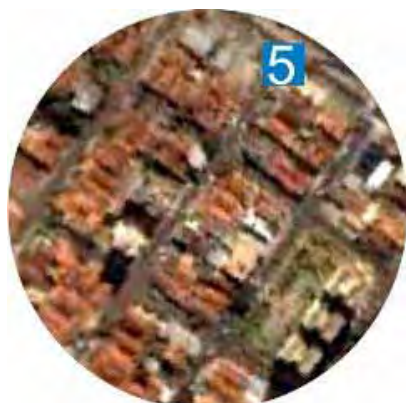
Temperatura Máxima (°C): 32,70 **Horário:** 16h

Ilha de Calor Noturna:

Valor médio (°C): 3,96 **Intensidade:** Moderada

Ficha de caracterização Morfológica e Climática

Ponto 05 Endereço: Rua Ibrahim Nobre X Marginal da Avenida Nações Unidas.



Características Observadas:

- Uso predominantemente comercial e serviços, edificações de 1 e 2 pavimentos.
- Pouca vegetação.
- Altíssimo fluxo de veículos em direção à Av. Nações Unidas.
- Alto fluxo e concentração de pedestres que usam a esquina como “Ponto de Carona” para a UNESP.

Classificação:

Área construída (m2): 1.594,56	Área Livre (m2): 2.033,41	Área Total (m2): 6.931,78
Taxa de Ocupação: 0,27	Altura Média (m): 4,14	
Índice de Aproveitamento: 2	Vegetação (%): 60	
Uso do Solo: Comércio + Serviços	Forma: Retangular	

Dados Climáticos:

Temperatura Superficial (°C):

Média Diária (°C): 26,44 **Média Diurna (°C):** 27,60 **Média Noturna (°C):** 25,42

Temperatura do Ar (°C)

Média Diária (°C): 26,33 **Média Diurna (°C):** 27,31 **Média Noturna (°C):** 25,47

Amplitude Térmica (°C): 7,40

Temperatura Mínima (°C): 22,94

Horário: 07h

Temperatura Máxima (°C): 30,34

Horário: 17h

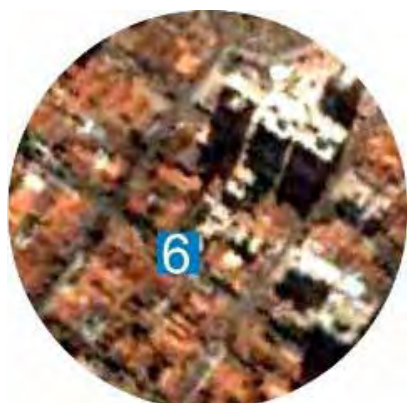
Ilha de Calor Noturna:

Valor médio (°C): 3,70

Intensidade: Moderada

Ficha de caracterização Morfológica e Climática

Ponto 06 Endereço: Rua Prof. Gerson Rodrigues - Quadra 5



Características Observadas:

- Uso residencial, edificações predominantemente de 1 a 4 pavimentos.
- Pouca vegetação.
- Baixo fluxo de veículos.
- Baixa circulação de pedestres.

Classificação:

Área construída (m2): 1.810,75	Área Livre (m2): 4.263,14	Área Total (m2): 8.712,42
Taxa de Ocupação: 0,23	Altura Média (m): 4,39	
Índice de Aproveitamento: 1,5	Vegetação (%): 90	
Uso do Solo: Residencial	Forma: Quadrada	

Dados Climáticos:

Temperatura Superficial (°C):		
Média Diária (°C): 26,60	Média Diurna (°C): 28,16	Média Noturna (°C): 25,16
Temperatura do Ar (°C)		
Média Diária (°C): 26,77	Média Diurna (°C): 27,99	Média Noturna (°C): 25,69
Amplitude Térmica (°C): 8,26		
Temperatura Mínima (°C): 23,05	Horário: 07h	
Temperatura Máxima (°C): 31,31	Horário: 14h	
Ilha de Calor Noturna:		
Valor médio (°C): 3,88	Intensidade: Moderada	

Ficha de caracterização Morfológica e Climática

Ponto 07 Endereço: Praça Salim Haddad Neto.



Características Observadas:

- Uso predominantemente residencial, edificações de 1 a 4 pavimentos.
- Densidade média de vegetação.
- Baixo fluxo de veículos.
- Alto fluxo de pedestres que usam a praça como local de passagem e de permanência.

Classificação:

Área construída (m2):	2,82 7,26	Área Livre (m2):	962,74	Área Total (m2):	10.976,60
Taxa de Ocupação:	0,17	Altura Média (m):	3,88		
Índice de Aproveitamento:	3	Vegetação (%):	30		
Uso do Solo:	Predominantemente Residencial		Forma:	Circular	

Dados Climáticos:

Temperatura Superficial (°C):

Média Diária (°C): 26,43 **Média Diurna (°C):** 27,95 **Média Noturna (°C):** 25,04

Temperatura do Ar (°C)

Média Diária (°C): 26,57 **Média Diurna (°C):** 27,27 **Média Noturna (°C):** 25,97

Amplitude Térmica (°C): 7,38

Temperatura Mínima (°C): 23,13 **Horário:** 07h

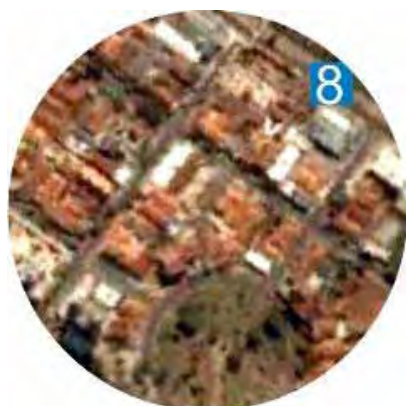
Temperatura Máxima (°C): 30,51 **Horário:** 17h

Ilha de Calor Noturna:

Valor médio (°C): 4,20 **Intensidade:** Forte

Ficha de caracterização Morfológica e Climática

Ponto 08 Endereço: Marginal da Avenida Nações Unidas X Abraão Rahal.



Características Observadas:

- Uso comercial e prestação de serviços, edificações de 1 a 12 pavimentos.
- Vegetação praticamente inexistente.
- Alto fluxo de veículos devido ao comércio e aos serviços localizados na via.
- Grande fluxo e concentração de pedestres devido ao comércio aos pontos de ônibus.

Classificação:

Área construída (m2): 681,49	Área Livre (m2): 4474.72	Área Total (m2): 6.169,74
Taxa de Ocupação: 0,27	Altura Média (m): 3,93	
Índice de Aproveitamento: 1	Vegetação (%): 30	
Uso do Solo: Comércio + Serviços	Forma: Retangular	

Dados Climáticos:

Temperatura Superficial (°C):

Média Diária (°C): 27,39 **Média Diurna (°C):** 29,99 **Média Noturna (°C):** 24,86

Temperatura do Ar (°C)

Média Diária (°C): 27,64 **Média Diurna (°C):** 29,66 **Média Noturna (°C):** 25,70

Amplitude Térmica (°C): 10,79

Temperatura Mínima (°C): 22,54

Horário: 07h

Temperatura Máxima (°C): 33,33

Horário: 16h

Ilha de Calor Noturna:

Valor médio (°C): 3,91

Intensidade: Moderada

Ficha de caracterização Morfológica e Climática

Ponto 09 Endereço: Alameda Otávio Pinheiro Brizzola X Rua Caetano Sampieri.



Características Observadas:

- Uso predominantemente residencial, edificações de 1 a 4 pavimentos.
- Vegetação mediana.
- Alto fluxo veículos e pedestres em direção à USP e ao centro da cidade.
- Concentração de pedestres nos pontos de ônibus localizados à alameda Dr. Otávio Pinheiro Brizzola.

Classificação:

Área construída (m2): 2.817,74	Área Livre (m2): 2.497,57	Área Total (m2): 1.266,12
--------------------------------	---------------------------	---------------------------

Taxa de Ocupação: 0,25	Altura Média (m): 3,46
------------------------	------------------------

Índice de Aproveitamento: 1	Vegetação (%): 30
-----------------------------	-------------------

Uso do Solo: Predominantemente Residencial	Forma: Quadrada
--	-----------------

Dados Climáticos:

Temperatura Superficial (°C):

Média Diária (°C): 26,71	Média Diurna (°C): 29,04	Média Noturna (°C): 24,44
--------------------------	--------------------------	---------------------------

Temperatura do Ar (°C)

Média Diária (°C): 26,55	Média Diurna (°C): 28,68	Média Noturna (°C): 24,50
--------------------------	--------------------------	---------------------------

Amplitude Térmica (°C): 12,18

Temperatura Mínima (°C): 22,54	Horário: 07h
--------------------------------	--------------

Temperatura Máxima (°C): 34,71	Horário: 12h
--------------------------------	--------------

Ilha de Calor Noturna:

Valor médio (°C):	Intensidade:
-------------------	--------------

Ficha de caracterização Morfológica e Climática

Ponto 10 Endereço: Rua Henrique Savi - Quadra 4.



Características Observadas:

- Uso residencial, edificações de 1 e 2 pavimentos.
- Vegetação mediana.
- Fluxo mediano de veículos.
- Alto fluxo de pedestres em direção ao shopping e à USP.

Classificação:

Área construída (m2): 2.416,32	Área Livre (m2): 4.973,93	Área Total (m2): 9.880,20
Taxa de Ocupação: 0,24	Altura Média (m): 4,04	
Índice de Aproveitamento: 1,5	Vegetação (%): 30	
Uso do Solo: Residencial	Forma: Quadrada	

Dados Climáticos:

Temperatura Superficial (°C):

Média Diária (°C): 28,93 **Média Diurna (°C):** 30,02 **Média Noturna (°C):** 28,01

Temperatura do Ar (°C)

Média Diária (°C): 28,09 **Média Diurna (°C):** 29,44 **Média Noturna (°C):** 26,91

Amplitude Térmica (°C): 11,87

Temperatura Mínima (°C): 23,27

Horário: 07h

Temperatura Máxima (°C): 35,14

Horário: 17h

Ilha de Calor Noturna:

Valor médio (°C): 4,89

Intensidade: Forte

Para a análise dos dados climáticos, com base nas temperaturas registradas durante todo o período, foram calculadas as médias das temperaturas média, máxima e mínima atmosférica, bem como a amplitude térmica, correspondendo a valores horários, diários e médios dos dias de medição em cada um dos pontos (quadro 4.3).

Quadro 4.3: Resumo das médias de Temperatura Atmosféricas (°C) e Amplitude Térmica (°C).

Ponto	Temperatura (°C)			Amplitude Térmica (°C)
	Média (°C)	Mínima (°C)	Máxima (°C)	
01	25,95	21,19	33,99	12,8
02	26,64	22,62	31,19	8,57
03	26,18	22,10	29,78	7,68
04	26,97	23,16	32,70	9,54
05	26,33	22,94	30,34	7,40
06	26,77	23,05	31,31	8,26
07	26,57	23,13	30,51	7,38
08	26,64	22,54	33,33	10,79
10	28,09	23,27	35,14	11,87

4.1.2.1. Comparação entre as temperaturas da estação meteorológica (IPMET) e da área urbana de estudo

Os dados climáticos coletados na área urbana foram comparados com os obtidos pela Estação Meteorológica do Instituto de Pesquisas Meteorológicas (IPMET) localizado na UNESP, em Bauru-SP.

A partir do quadro 4.4 é possível comparar os valores médios de temperatura do ar mínima e máxima e a amplitude térmica dos pontos urbanos e do IPMET.

Quadro 4.4: Valores médios de temperatura do ar mínima e máxima, amplitude térmica dos pontos urbanos e do IPMET.

	Temperatura Mínima (°C)	Temperatura Máxima (°C)	Amplitude Térmica (°C)
Ponto 01	21,19	33,99	12,8
Ponto 02	22,62	31,19	8,57
Ponto 03	22,1	29,78	7,68
Ponto 04	23,16	32,7	9,54
Ponto 05	22,94	30,34	7,4
Ponto 06	23,05	31,31	8,26
Ponto 07	23,13	30,51	7,38
Ponto 08	22,54	33,33	10,79
Ponto 10	23,27	35,14	11,87
IPMET	18,86	27,88	9,02

As maiores diferenças de temperaturas entre a estação meteorológica e a área urbana são observadas em relação às temperaturas máximas. A maior diferença foi entre o Ponto 10 (35,14 °C) e o IPMET (27,88 °C), uma variação de 7,26°C. O Ponto 03 (29,78°C) apresentou a menor diferença, de 1,90°C, com relação à estação do IPMET. Mesmo entre os pontos urbanos existe uma notável diferença entre as temperaturas médias máximas variando de 1,15°C a 5,36°C.

Em se tratando das temperaturas médias mínimas, embora as variações sejam menores elas também podem ser notadas. Novamente o Ponto 10 (23,27 °C) é o que mais difere do IPMET (18,66 °C), variação de 4,41 °C, e o que menos se diferencia da estação é o Ponto 01 (21,19 °C). Entre os pontos urbanos a variação é menor, sendo 2,08 °C de diferença.

A maior amplitude térmica acontece no Ponto 01, que como já citado anteriormente tem a menor média de temperatura mínima, no entanto, tem a segunda maior média das temperaturas máximas (33,99 °C).

O gráfico 4.3 evidencia a diferença entre as temperaturas mínimas e máximas por meio da comparação da temperatura média horária do período analisado. É possível notar que toda a área urbana, em todos os horários, apresenta temperaturas mais altas que a área rural, representada pela estação meteorológica do IPMET. Portanto, pode-se inferir que a temperatura está relacionada ao processo de urbanização, pois sendo a área de estudo urbanizada tem-se a redução da

evaporação, maior rugosidade e a influência das propriedades térmicas dos edifícios e dos materiais de construção, contribuindo para o armazenamento térmico durante o dia e impedem o rápido resfriamento noturno. Em contrapartida, na área onde está localizado o IPMET, constata-se o rápido resfriamento noturno proveniente de uma ocupação menos densa e urbanizada. Tais observações sugerem o desenvolvimento de ilhas de calor na área urbana, durante a noite.

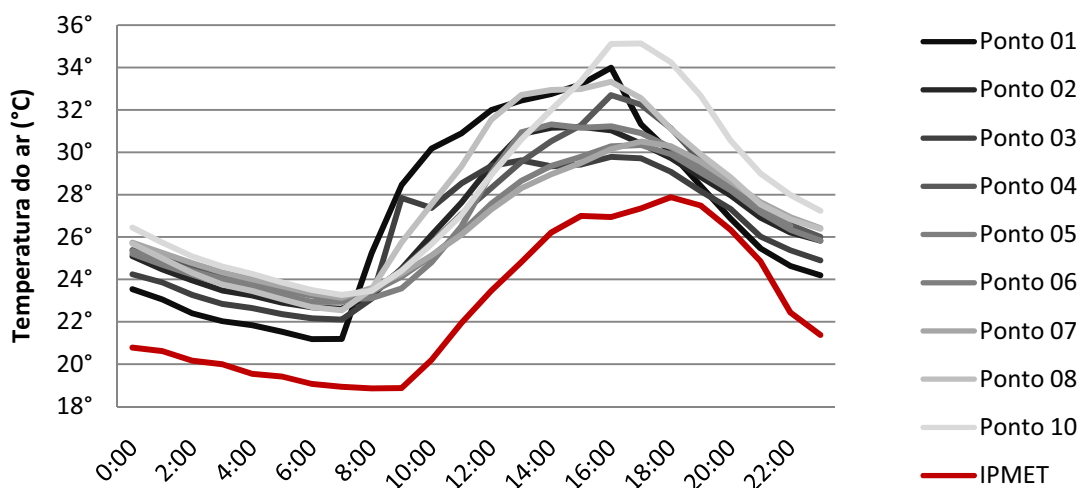


Gráfico 4.3: Temperatura média do ar (°C) em função do horário.

Comparando os gráficos das temperaturas médias diurnas (7h-19h) e noturnas (20h-6h) é perceptível a diferença no comportamento térmico de cada ponto nos dois períodos do dia (gráficos 4.4 e 4.5). Além de as médias das temperaturas diurnas serem mais altas, também é durante o dia que elas atingem seu valor máximo. À noite há perda de calor para o meio, assim a temperatura de todos os pontos diminui atingindo os menores valores ao longo de 24 horas. No entanto cada ponto se resfria numa proporção diferente, o que acontece devido à configuração do entorno de cada local.

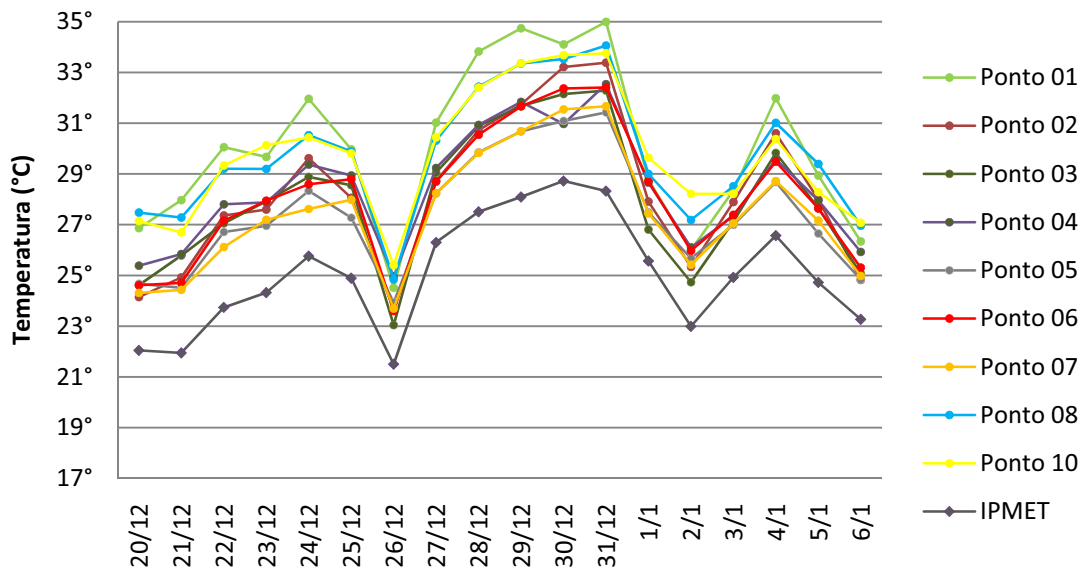


Gráfico 4.4: Temperatura média diurna (°C) – das 7h às 19h.

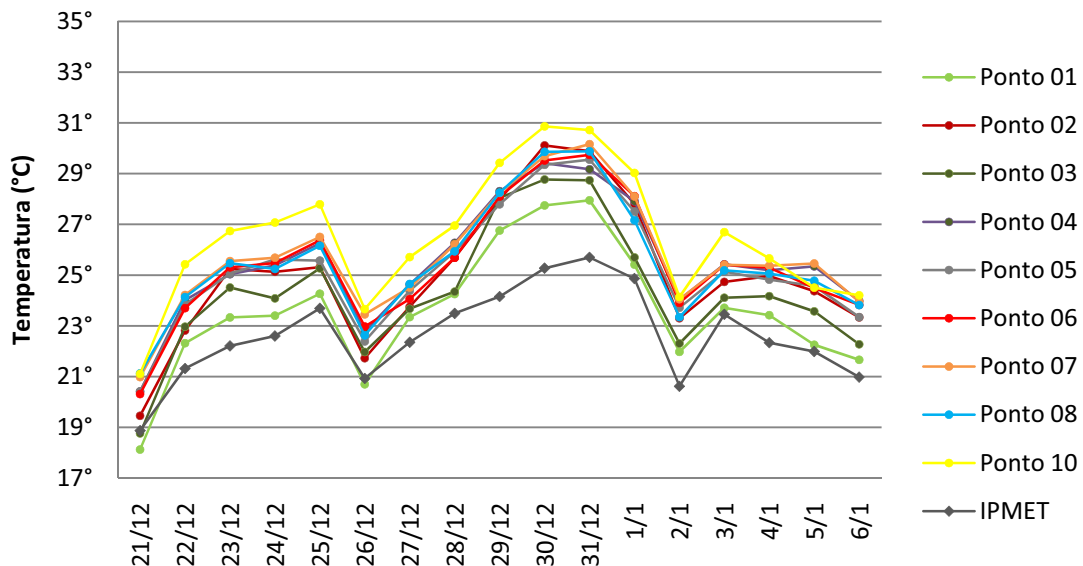


Gráfico 4.5: Temperatura média Noturna (°C) – das 20h às 6h.

Contribuindo com as observações feitas acima, o gráfico 4.6 demonstra que as diferenças de temperatura em relação ao IPMET não seguem qualquer padronização. Comparando-se as diferenças diárias, diurnas e noturnas, percebe-se que cada ponto apresenta maiores diferenças num período do dia. O Ponto 10 tem a maior diferença diária (4,22°C) e noturna (3,81°C) em comparação com o IPMET, no entanto é no Ponto 01 que ocorre a maior variação de temperatura diurna (4,93°C) e nesse mesmo ponto 01 foram registradas as menores diferenciações noturnas (0,93°C).

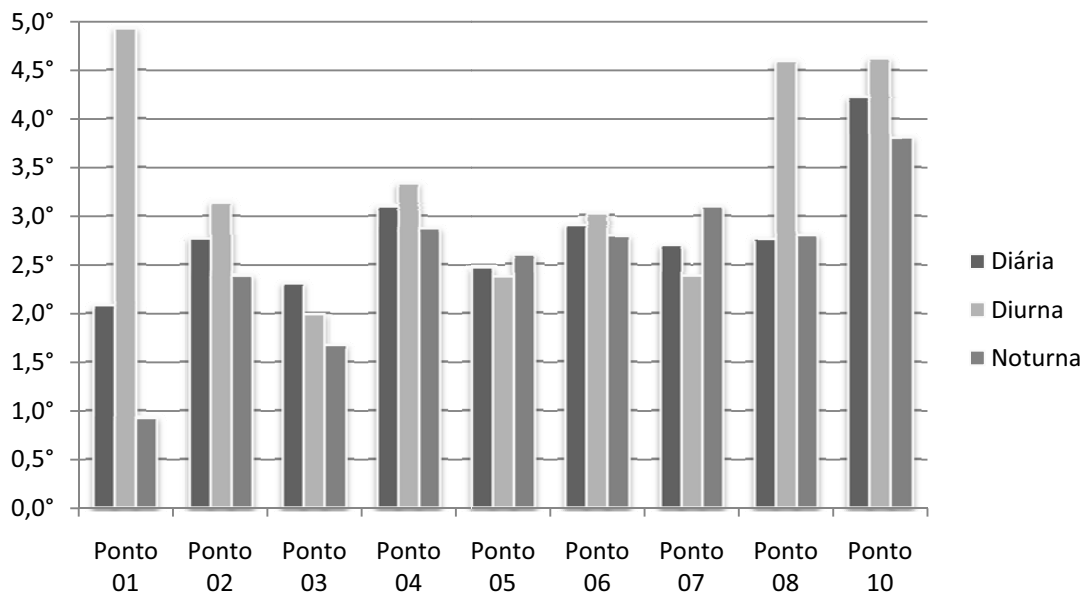


Gráfico 4.6: Diferença entre Temperatura (°C) média diária, diurna e noturna dos pontos urbanos e do IPMET

Observando-se as diferenças médias de temperatura noturna dos pontos de coleta de dados e da estação meteorológica (gráfico 4.7), nota-se que todos os pontos seguem uma curva parecida de diferenciação de temperatura, porém com valores distintos. Isso reforça a hipótese de ocorrência de ilhas de calor durante a noite em todos os pontos urbanos, ressaltando, porém que elas se desenvolvem com intensidades diferentes de acordo com a localização.

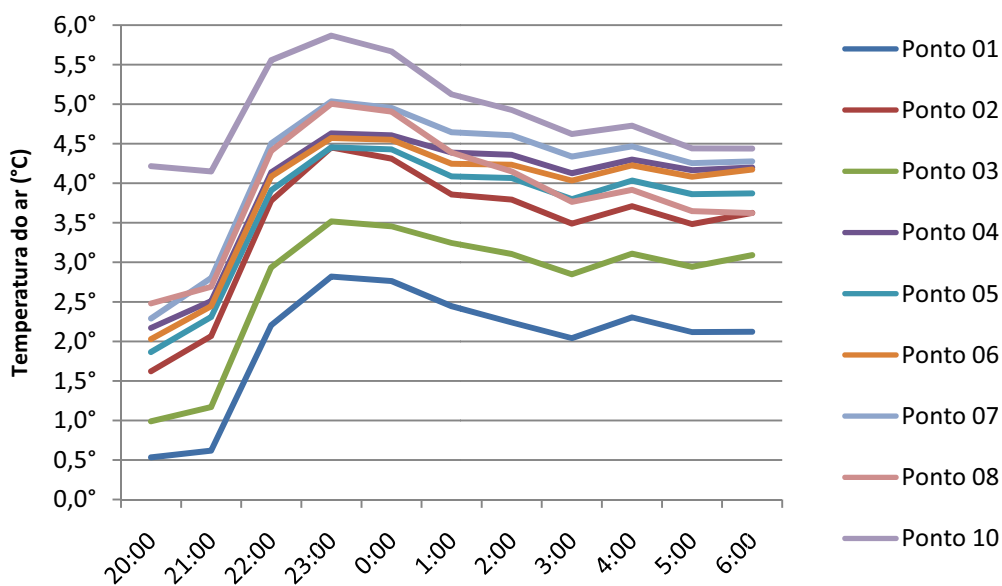


Gráfico 4.7: Diferença entre Temperatura (°C) média noturna dos pontos urbanos e do IPMET

Com o intuito de dimensionar a intensidade das ilhas de calor na área urbana, com base nos estudos de Pezzuto (2007), foram analisadas as diferenças térmicas relativas entre cada um dos 10 pontos e o IPMET. Utilizou-se uma escala de intensidade de ilhas de calor, com as seguintes categorias:

- **Fraca** = diferenças térmicas entre 0 e 2°C
- **Moderada** = diferenças térmicas entre 2 e 4°C
- **Forte** = diferenças térmicas entre 4 e 6°C
- **Muito Forte** = diferenças térmicas acima de 6°C

Abaixo o quadro 4.5 mostra as diferenças de temperatura hora a hora após o pôr-do-sol, e a intensidade das ilhas de calor desenvolvidas em cada um dos pontos.

Quadro 4.5: Diferença horária entre a Temperatura do ar (°C) noturna dos 10 Pontos e a Temperatura do ar (°C) noturna no IPMET e intensidade das ilhas de calor.

Diferença em relação ao IPMET									
Hora	Ponto 01	Ponto 02	Ponto 03	Ponto 04	Ponto 05	Ponto 06	Ponto 07	Ponto 08	Ponto 10
20:00	0,53	1,62	0,99	2,17	1,86	2,03	2,29	2,48	4,22
21:00	0,62	2,07	1,17	2,51	2,31	2,44	2,80	2,69	4,15
22:00	2,20	3,78	2,94	4,14	3,91	4,08	4,50	4,41	5,56
23:00	2,82	4,45	3,52	4,63	4,46	4,57	5,04	5,01	5,87
0:00	2,76	4,31	3,46	4,61	4,43	4,55	4,95	4,91	5,67
1:00	2,45	3,86	3,24	4,39	4,09	4,25	4,65	4,39	5,12
2:00	2,24	3,79	3,11	4,36	4,07	4,23	4,61	4,15	4,93
3:00	2,04	3,49	2,85	4,13	3,80	4,03	4,34	3,76	4,62
4:00	2,30	3,71	3,11	4,30	4,04	4,23	4,47	3,92	4,73
5:00	2,12	3,48	2,94	4,16	3,86	4,08	4,26	3,65	4,44
6:00	2,12	3,63	3,09	4,20	3,87	4,17	4,28	3,62	4,44
Média	2,00	3,47	2,76	3,96	3,70	3,88	4,20	3,91	4,89
Intensidade	Fraca	Moderada	Moderada	Moderada	Moderada	Moderada	Forte	Moderada	Forte

Todos os pontos atingem a diferença máxima de temperatura às 23h, sendo este, portanto, o horário em que as ilhas de calor se desenvolvem com maior intensidade. Quando classificadas às 23h a maioria atinge a escala de Forte intensidade, exceto os pontos 01 e 03 que apresentam intensidade Moderada. Às 20h

as ilhas de calor se desenvolvem com menor intensidade em todos os pontos, classificam-se como de Fraca intensidade os pontos 01, 02, 03 e 05. Por outro lado, os pontos 04, 06, 07 e 08 tem ilhas de calor de Moderada intensidade e apenas o ponto 10 apresenta Forte intensidade da ilha de calor.

No geral, as médias noturnas seguem o mesmo padrão das horárias. O Ponto 10 novamente apresenta-se como o de desenvolvimento mais intenso das ilhas de calor seguido do Ponto 07. O Ponto 01 é o único que nas médias da noite tem as ilhas de calor classificadas como de fraca intensidade, os demais pontos apresentam intensidade Moderada das ilhas de calor.

Pode-se concluir que tais comportamentos térmicos diferenciados em cada um dos pontos de coleta urbana devem-se às diferentes configurações das quadras e do entorno urbano em que cada um se insere. A seguir serão discutidos o comportamento térmicos dos pontos de medição em relação a alguns dos parâmetros urbanos estudados, procurando identificar a existência de relações térmicas entre eles.

4.1.2.2. Análise da influência dos parâmetros urbanos no comportamento térmico da área de estudo

Como já citado anteriormente neste capítulo, essa pesquisa de mestrado está vinculada ao projeto de Souza (2006-2009), e esta fase de geração dos mapas temáticos e desenvolvimento de algumas análises foi realizada em conjunto com o aluno Cezar Tente, que realiza trabalho de Iniciação Científica também vinculado ao projeto citado.

Os dados coletados nos 10 pontos foram armazenados no SIG Arc View e inseridos na malha urbana para a criação de mapas temáticos que relacionam as temperaturas máximas, temperaturas mínimas, amplitudes térmicas e diferenças térmicas entre área urbana e rural, com os seguintes parâmetros urbanos: taxa de ocupação, índice de aproveitamento, altura média das edificações e áreas livres. Possibilitando que sejam avaliadas as influências que as características urbanas exercem no comportamento térmico de determinado lugar.

Para gerar os mapas temáticos relacionados às temperaturas máximas foram calculadas as médias (32,03°C), máximas (35,1°C), mínimas (27,7°C) e o desvio padrão (1,7°C). Para o cruzamento dos parâmetros urbanos com as temperaturas mínimas foram calculadas as médias (22,6°C), máximas (23,3°C), mínimas (21,2 °C) e

o desvio padrão ($0,7^{\circ}\text{C}$). Para a amplitude térmica a média registrada foi de 9°C , a máxima de $12,8^{\circ}\text{C}$ e a mínima foi de $7,4^{\circ}\text{C}$. O desvio padrão foi de $1,9^{\circ}\text{C}$. As diferenças térmicas entre a área urbana e a rural foram calculadas com base nas temperaturas registradas nos pontos de coleta e nas temperaturas fornecidas pelo IPMET. A diferença média foi de $2,8^{\circ}\text{C}$, a máxima de $4,2^{\circ}\text{C}$ e a mínima de $2,1^{\circ}\text{C}$, com desvio padrão de $0,5^{\circ}\text{C}$.

As figuras 4.1, 4.2, 4.3 e 4.4 mostram os valores de Temperatura Máxima, Temperatura Mínima, Amplitude Térmica e diferença térmica entre área urbana e rural, em cada um dos pontos de coleta localizados sobre a malha urbana da área estudada.

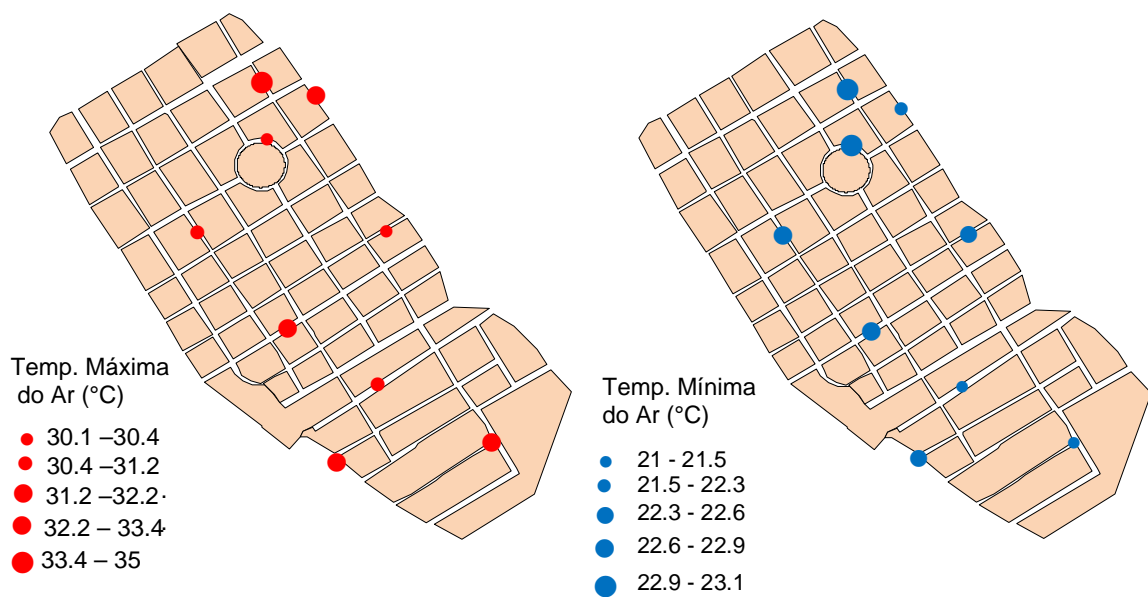


Figura 4.1: Temperaturas Máximas ($^{\circ}\text{C}$) Diárias

Figura 4.2: Temperaturas Mínimas ($^{\circ}\text{C}$) Diárias

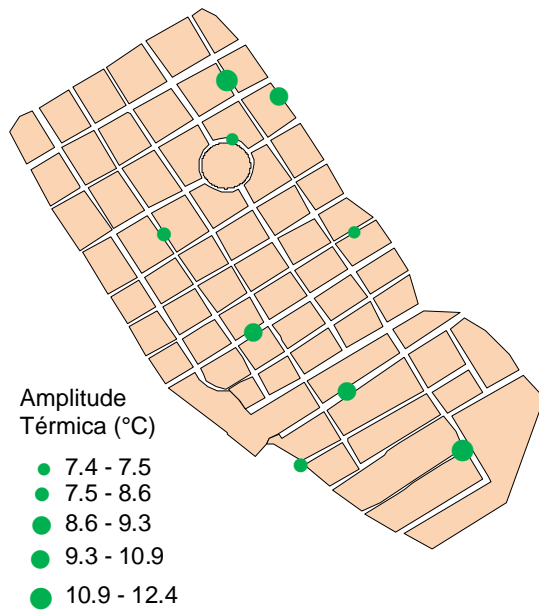


Figura 4.3: Amplitudes Térmicas (C°) Diárias

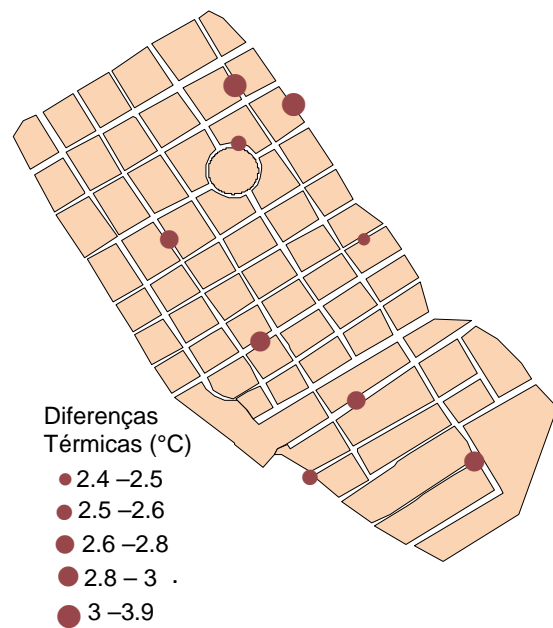


Figura 4.4: Diferenças Térmicas entre área urbana e rural

A análise será dividida de acordo com os atributos urbanos escolhidos para estudo procurando encontrar a relação entre eles e os dados climáticos coletados.

4.1.2.3. Taxa de Ocupação

A taxa de ocupação corresponde à área projetada das edificações sobre a área da quadra. As médias das taxas de ocupação das quadras foram tiradas a partir do valor médio encontrado entre as duas quadras entre as quais se situa o ponto de referência.

Quadro 4.6: Taxa de ocupação dos Pontos

Taxa de Ocupação	
Ponto 01	0,09
Ponto 02	0,17
Ponto 03	0,13
Ponto 04	0,26
Ponto 05	0,27
Ponto 06	0,23
Ponto 07	0,17
Ponto 08	0,27
Ponto 10	0,24

Cruzando os dados de **temperaturas máximas** com a taxa de ocupação (figura 4.5) nota-se que os pontos 02, 03, 05, 06 e 07, com temperaturas máximas

abaixo da média (32°C), a taxa de ocupação média da quadra foi de 0,19 e para os demais, com temperaturas máximas acima da média, a taxa de ocupação média foi de 0,21. Apesar da diferença entre as médias da taxa de ocupação ser pequena, analisando-se as taxas ponto a ponto, percebe-se que dentre os pontos que apresentam temperaturas acima da média, com exceção do ponto 01, os demais têm taxa de ocupação acima de 0,24, o que sugere que quadras com maiores taxas de ocupação tendem a atingir temperaturas máximas acima da média.

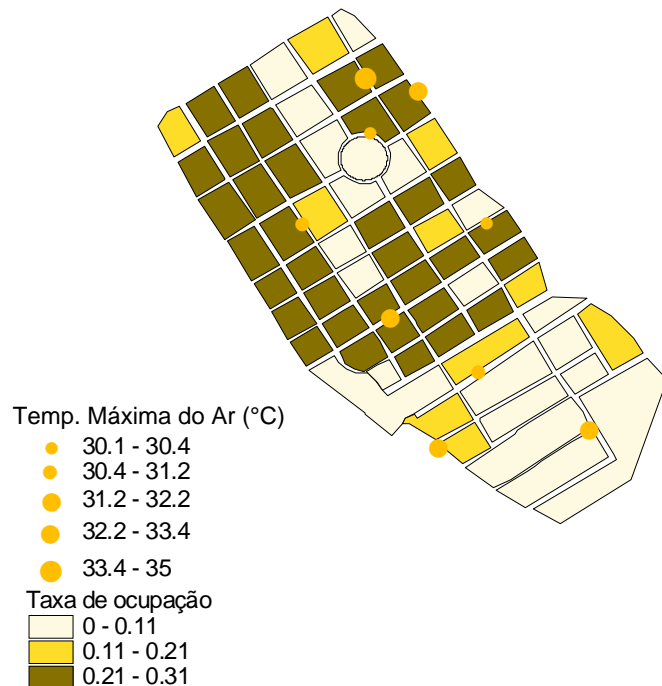


Figura 4.5: Cruzamento entre taxa de ocupação e Temperatura Máxima (°C) do ar.

Relacionando-se as taxas de ocupação com as **temperaturas mínimas** (figura 4.6) os resultados apontam que os pontos acima da média (22,6°C) da temperatura mínima correspondem a quadras com taxa de ocupação média de 0,23. Por outro lado, apenas os pontos 01 e 03 têm temperatura mínima abaixo da média com taxa de ocupação média de 0,11, sendo que o ponto 01 apresenta a menor taxa de ocupação (0,09) e a menor temperatura mínima (21,19 °C) dentre todos os outros. Neste caso, quanto menor taxa de ocupação menor a temperatura mínima.

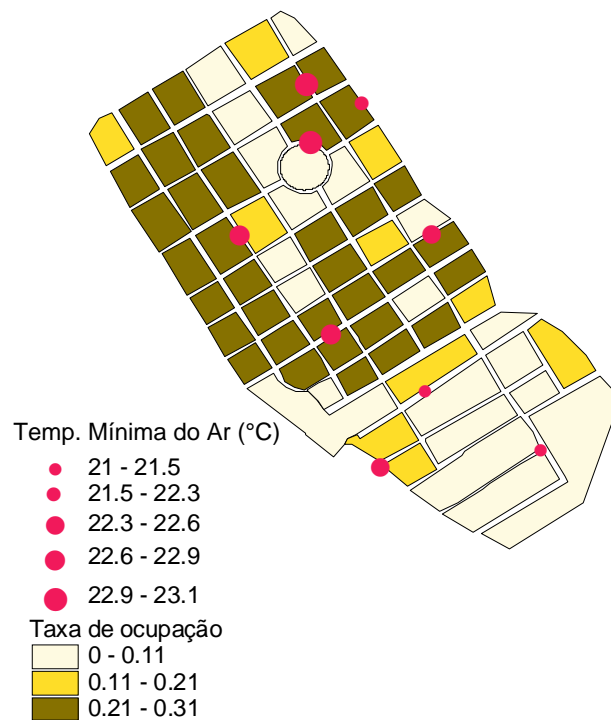


Figura 4.6: Cruzamento entre taxa de ocupação e Temperatura Mínima (°C) do ar.

Amplitude térmica é a diferença entre a temperatura máxima e a temperatura mínima de um determinado ponto. Em relação a este parâmetro (figura 4.7), os pontos com amplitudes abaixo da média (9 °C) têm taxa de ocupação média de 0,19, enquanto que aqueles com amplitude acima da média têm taxa de ocupação média de 0,21. Portanto, como a diferença entre as taxas de ocupação média é pequena, não é possível determinar se há influência desse parâmetro sobre as amplitudes térmicas, até mesmo pelo fato de o Ponto 01, cuja taxa de ocupação (0,09) é menor dentre todas as quadras, apresenta a maior amplitude térmica.

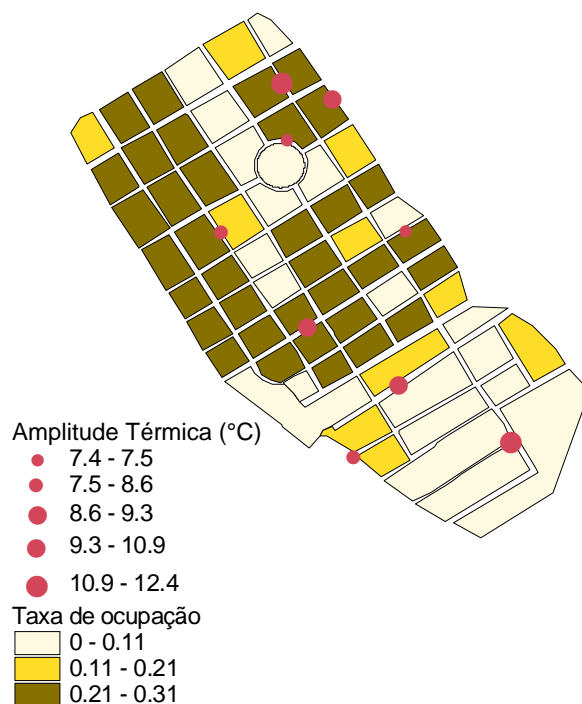


Figura 4.7: Cruzamento entre taxa de ocupação e os dados de amplitude térmica (°C).

Ao se cruzar os dados das taxas de ocupação com os valores da **diferença térmica entre o IPMET** e cada ponto de coleta (figura 4.8), notou-se que para os pontos 01, 02, 03, 05, 07 e 08, cujas diferenças de temperatura são abaixo da média (2,8°C), a taxa de ocupação média foi de 0,18, enquanto os demais pontos, com diferenças acima da média, tem quadras com taxa média de ocupação de 0,24. Como as taxas de ocupação são bem maiores nos pontos onde as temperaturas atingem valores bem acima daquelas do IPMET, pode-se associar a ocorrência de maiores temperaturas urbanas a maiores taxas de ocupação

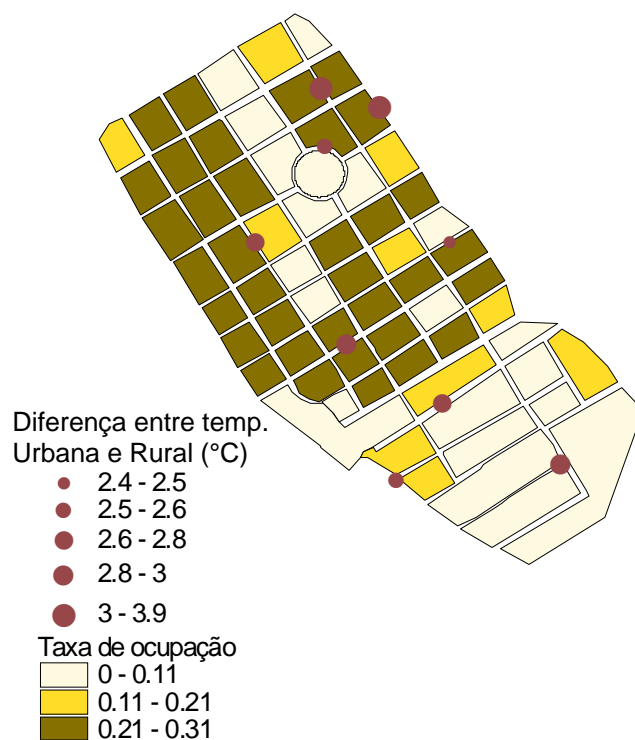


Figura 4.8: Cruzamento da taxa de ocupação e diferença entre a temperatura média (°C) diária urbana rural (IPMET).

4.1.2.4. Índice de Aproveitamento (IA)

Índice de aproveitamento diz respeito à relação entre a área da quadra e a somatória das áreas edificadas, incluindo todos os pavimentos. O índice de aproveitamento foi calculado a partir da do valor médio das duas quadras entre as quais se situam os respectivos pontos de medição.

Quadro 4.7: índice de Aproveitamento dos Pontos

Índice de Aproveitamento (IA)	
Ponto 01	6,0
Ponto 02	2,0
Ponto 03	2,5
Ponto 04	2,0
Ponto 05	2,0
Ponto 06	1,5
Ponto 07	3,0
Ponto 08	1,0
Ponto 10	1,5

As **temperaturas máximas** obtidas foram cruzadas com os índices de aproveitamento da quadra (figura 4.9), para temperaturas máximas maiores que a média (32°C) o índice de aproveitamento médio das quadras é de 2,6, enquanto para valores abaixo da temperatura média o IA médio encontrado foi de 2,2. Embora haja uma diferença entre os índices de aproveitamento médio para temperaturas acima e abaixo da média, esse valor é muito pequeno para que possa ser considerado fator de influência das temperaturas máximas alcançadas, por isso o índice de aproveitamento não se mostrou um bom indicador para análise.

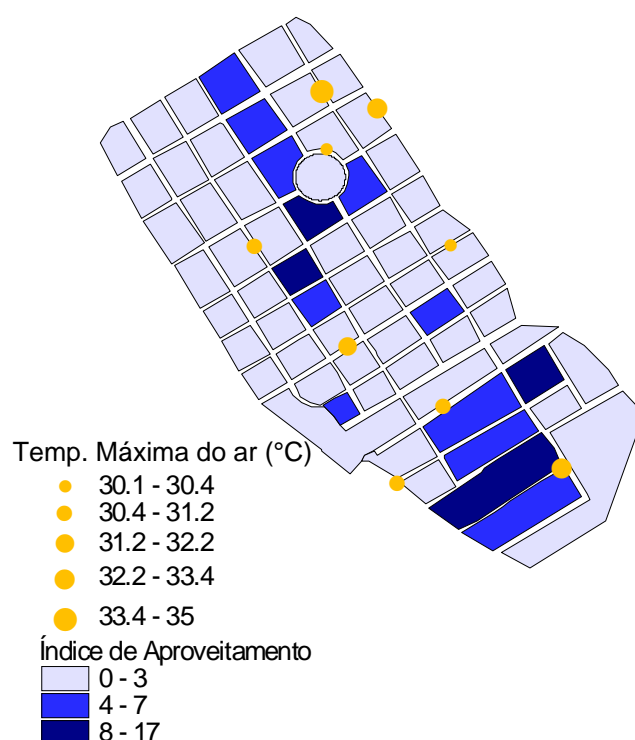


Figura 4.9: Cruzamento entre índice de aproveitamento e temperatura máxima do ar (°C).

Relacionando-se o índice de aproveitamento às **temperaturas mínimas** (figura 4.10) observou-se que nos pontos 01 e 03, com mínimas abaixo da média (22,6°C), o índice de aproveitamento médio é de 4,3, por outro lado, os demais pontos cujas mínimas ficaram acima da média tem o IA médio de 1,9. Por ter havido grande diferença entre os índices de aproveitamento médio para mínimas maiores e menores que a média, supõe-se que os maiores índices de aproveitamento podem ter contribuído para a ocorrência de temperaturas mínimas mais baixas.

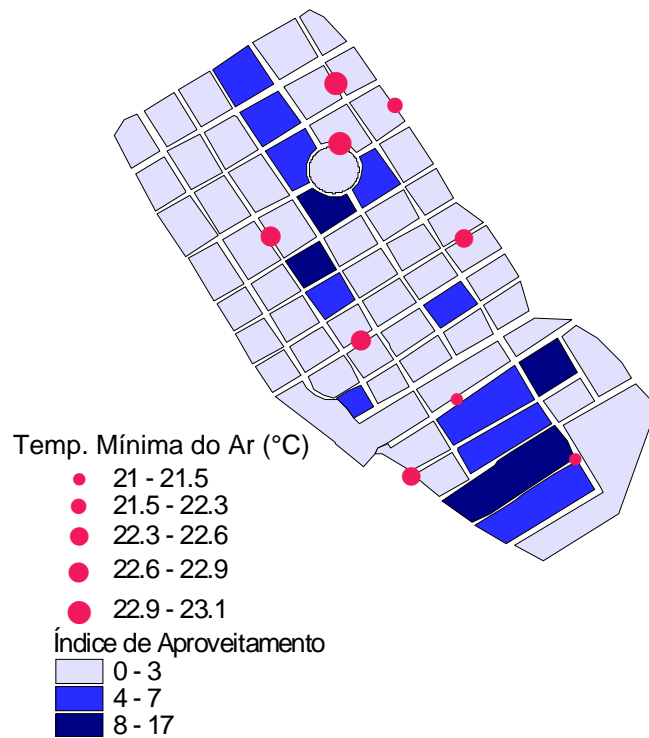


Figura 4.10: Cruzamento entre índice de aproveitamento e temperatura mínima do ar (°C).

Quando se relaciona o índice de aproveitamento dos pontos urbanos com as respectivas **amplitudes térmicas** (figura 4.11) verifica-se que o ponto 01 apresentou a maior amplitude térmica (12,8°C) e também o mais alto índice de aproveitamento (6), no entanto como a diferença entre os IA médios para amplitudes acima e abaixo da média (9°C) é muito pequena, não é possível afirmar que maiores índices de aproveitamento estão associados a maiores amplitudes térmicas.

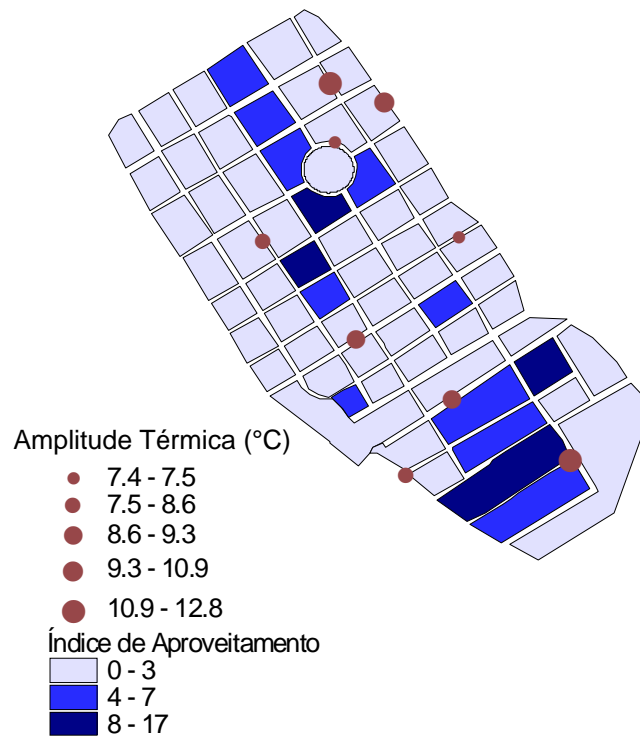


Figura 4.11: Cruzamento entre índice de aproveitamento e amplitude térmica (°C).

No cruzamento entre índice de aproveitamento e **diferenças térmicas dos pontos urbanos e o IPMET** (figura 4.12) constata-se que para diferenças acima da média (2,8°C) o IA é menor (1,7) que para aquelas abaixo da média, cujo índice de aproveitamento é de (2,75). Apesar de ocorrer variação entre os índices de aproveitamento médio para diferenças acima e abaixo da média, os valores dos IA para as duas situações são muito próximos, não se verificando qualquer ligação entre índice de aproveitamento e diferença entre temperatura urbana e rural.

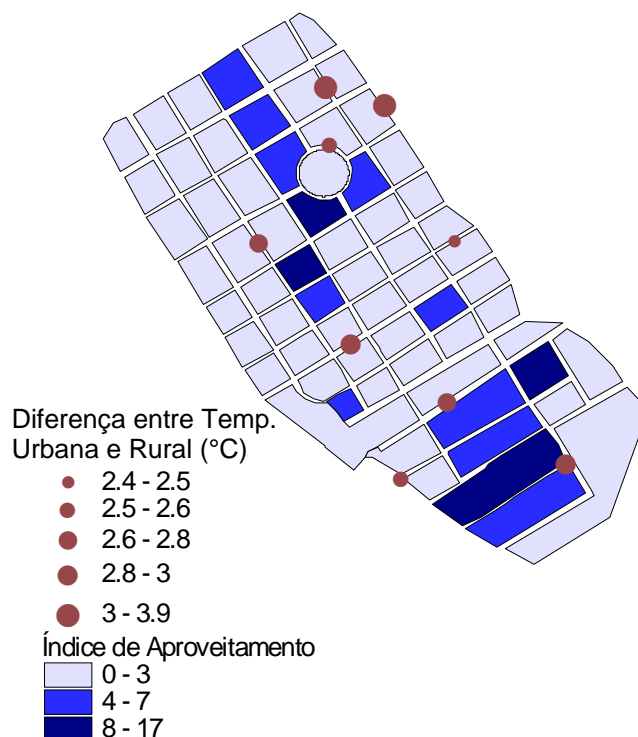


Figura 4.12 Cruzamento do índice de aproveitamento com a diferença entre temperatura média (°C) diária urbana e rural.

4.1.2.5. Altura Média das Edificações

Para o cálculo da altura das edificações foi feita a média entre a altura das edificações situadas nas duas quadras entre as quais se localiza o ponto de referência.

Quadro 4.8: Altura Média das edificações em cada ponto.

Altura Média (m)	
Ponto 01	13,29
Ponto 02	6,00
Ponto 03	8,04
Ponto 04	3,98
Ponto 05	3,84
Ponto 06	4,36
Ponto 07	7,19
Ponto 08	3,93
Ponto 10	4,03

Analisando-se individualmente cada ponto no mapa de cruzamento entre a altura média das edificações e as **temperaturas máximas** (figura 4.13) percebe-se

que os pontos cujas alturas médias são menores corresponderam aos maiores valores de temperaturas máximas, provavelmente por maior incidência solar nestas regiões, devido à menor obstrução por parte das superfícies verticais.

Para temperaturas máximas abaixo da média (32°C) a altura média foi de 6,3 metros, enquanto para temperaturas acima da média da máxima a altura média foi de 5,9 metros. Essa pequena diferença talvez se explique pelo fato do ponto 01 ter as edificações mais altas (13,29 m) e estar entre os que apresentam temperaturas máximas maiores que a média, no entanto esse é um caso isolado, pois todos os demais pontos com temperaturas máximas acima da média têm altura média abaixo de 4,03 m.

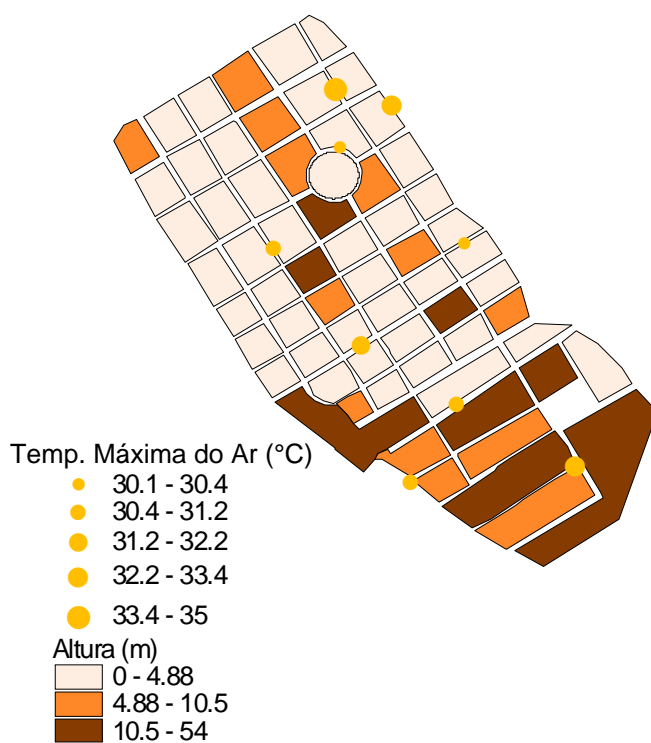


Figura 4.13: Cruzamento entre Altura Média das Edificações e Temperatura Máxima (°C).

Relacionando as alturas médias com **as temperaturas mínimas** nota-se que para temperaturas mínimas abaixo da média (22,60°C), os pontos apresentam altura média de 10,67 m, enquanto os pontos cujas temperaturas mínimas ficam acima da média têm altura média de 4,8 m. Analisando-se a figura 4.14 pode-se verificar este fato.

Normalmente a verticalização contribui para o acúmulo de calor durante a noite, pois o maior número de superfícies verticais dificulta a perda de calor por ondas longas, enquanto áreas edificações mais baixas tendem a perder mais calor durante a noite. No entanto não é isso que se verifica na área estudada. Como apenas os pontos 01 e 03 têm a altura das edificações acima da média dos demais o mais provável é que esses locais sofram alguma influência dos ventos regionais ou até mesmo haja um aumento na ventilação devido à diferença entre a altura das edificações nessas quadras.

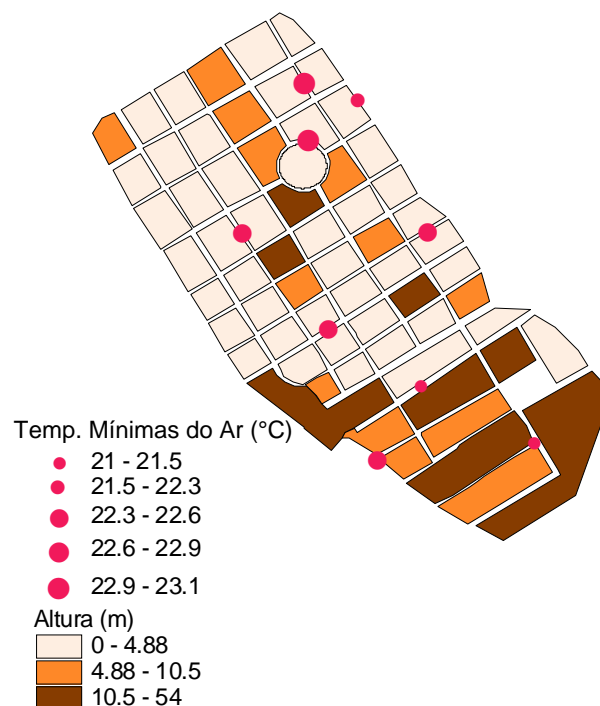


Figura 4.14: Cruzamento entre Altura Média das Edificações e Temperatura Mínima (°C).

A associação entre as alturas médias e as **amplitudes térmicas** demonstrou que a média das alturas tanto para amplitudes menores que a média (9°C) como para as maiores que a média foi de aproximadamente 6 m, não evidenciando, portanto se há influência da altura média das edificações na amplitude térmica atingida pelos respectivos pontos.

No entanto, analisando-se o cruzamento desses dados na figura 4.15, é possível notar que com exceção do ponto 01, todos os outros com amplitude acima da média estão em áreas com menores alturas médias. Isto apóia o conceito de que maiores amplitudes térmicas estão associadas a menores alturas médias, o que ocorre em consequência do maior acesso solar e pela facilitada eliminação do calor

armazenado pelos materiais durante o dia. Ao mesmo tempo isso representa maior instabilidade da temperatura nas áreas com essa configuração.

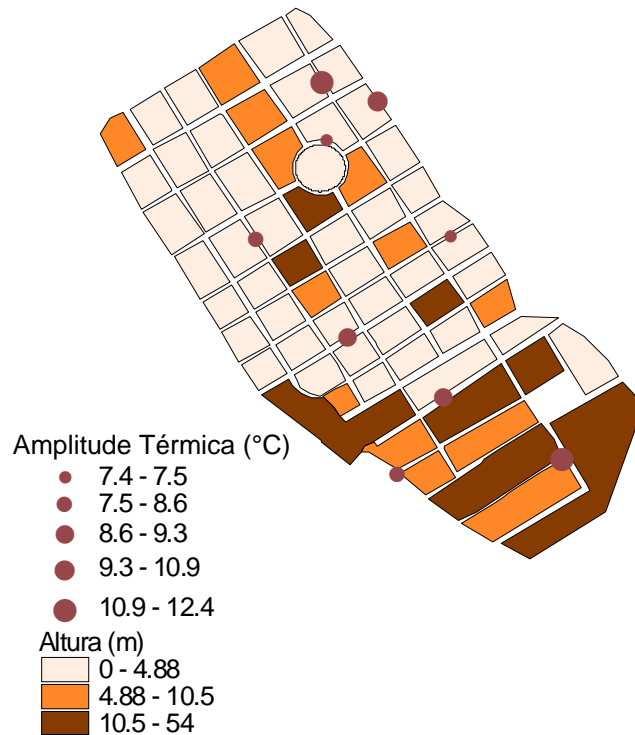


Figura 4.15: Cruzamento entre Altura Média das Edificações e Amplitude Térmica (°C).

Cruzando-se as alturas médias com a **diferença térmica urbana e rural (IPMET)**, tem-se que, para diferenças abaixo da média (2,8°C), a altura média foi de 7,05 m, enquanto para os pontos com diferenças acima da média, a altura média foi de 4,12 metros, ou seja, há maior diferença entre as temperaturas urbana e rural nas quadras onde a altura média é menor (figura 4.16).

Como as diferenças médias foram calculadas para o dia todo, é importante ressaltar que os pontos que apresentaram maiores diferenças na média diária também tiveram diferença mais significativa durante o dia. Pode-se explicar, portanto, que regiões com edificações mais baixas têm maior acesso solar devido à menor obstrução por parte das superfícies verticais, ganhando calor com mais facilidade durante o dia, apresentando maiores diferenças de temperatura em relação à área rural.

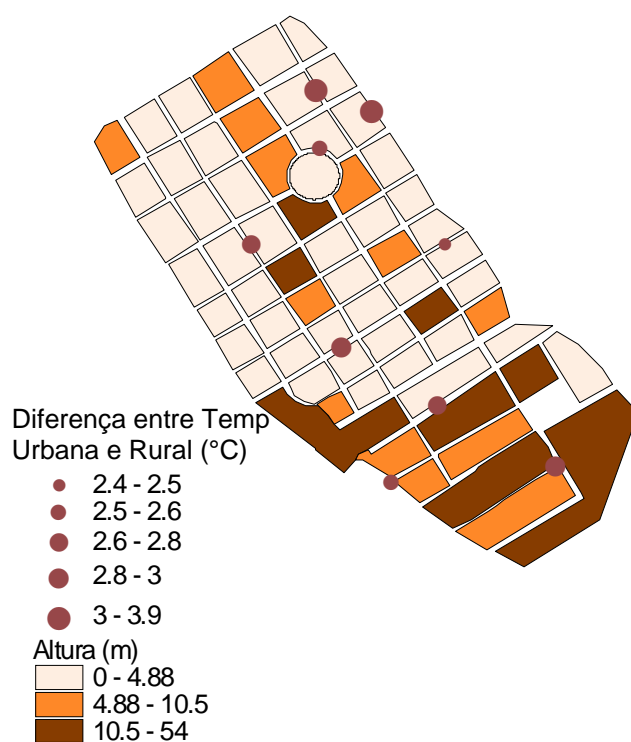


Figura 4.16: Cruzamento da altura média das edificações com a diferença entre temperatura média (°C) diária urbana e rural.

4.1.2.6. Área Livre

Para a determinação da área livre de cada ponto foi calculada a média entre a área livre das duas quadras adjacentes aos pontos de coleta.

Quadro 4.9: Área Livre (m²).

Área Livre (m ²)	
Ponto 01	980
Ponto 02	2012
Ponto 03	9001
Ponto 04	1971
Ponto 05	2033
Ponto 06	4263
Ponto 07	963
Ponto 08	4475
Ponto 10	4974

Foram relacionados os dados de área livre das quadras onde se situam os pontos de medição às médias de **temperatura máxima** obtidas nesses locais (figura 4.17). Observou-se que para temperaturas máximas abaixo da média (32°C), a média

das áreas livres é de 3.655 m², enquanto que para temperaturas acima da média a média das áreas livres é de 3.100 m². Não foi possível encontrar qualquer influência das áreas livres nas temperaturas máximas alcançadas pela área de estudo.

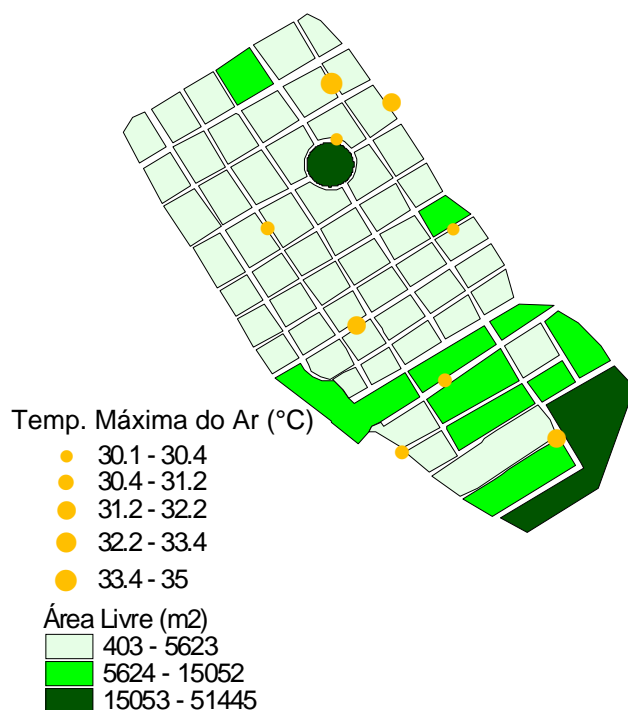


Figura 4.17: Cruzamento entre área livre das quadras e temperatura máxima (°C)

Cruzando os dados de áreas livres com os de **temperatura mínimas** (figura 4.18) tem-se que: para temperaturas mínimas abaixo da média (22,60°C), a média das áreas livres é de 4.990 m², enquanto que para temperaturas acima da média a média das áreas livres é de 2.955 m². Percebe-se, portanto que quanto maior a área livre menores são as temperaturas mínimas atingidas.

Devido à falta de edificações, menor adensamento e maior Fator de Visão do Céu (FVC) as áreas livres têm maior acesso solar e podem atingir maiores temperaturas máximas, porém, em consequência dos mesmos fatores, durante a noite dissipam ao meio todo o calor armazenado durante o dia, a evaporação e a ventilação também acontecem com maior facilidade. Tudo isso contribui para o maior resfriamento do ar.

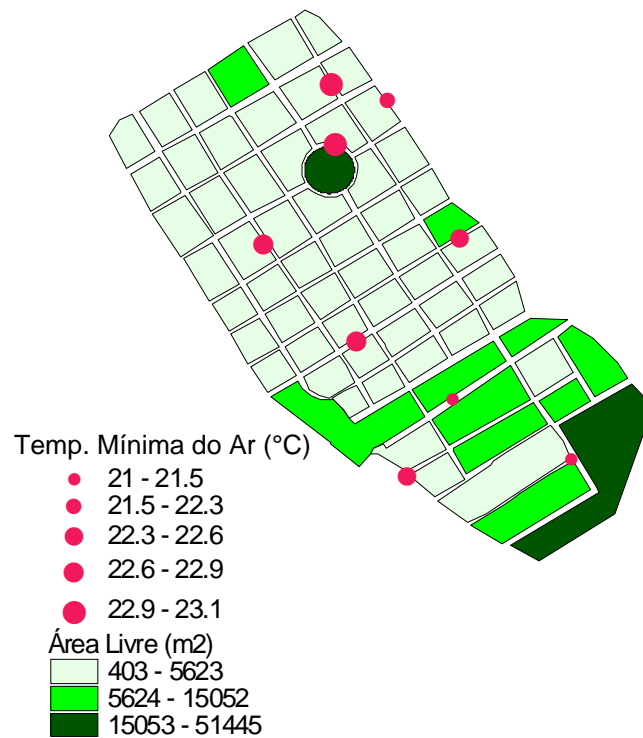


Figura 4.18: Cruzamento entre área livre das quadras e temperatura mínima (°C)

Pelo confronto entre os dados das áreas livres e os valores das **amplitudes térmicas** percebeu-se que as maiores amplitudes médias correspondem a locais com maior área livre (figura 4.19). Entretanto, pela proximidade de valores dos dados de áreas livres não se pôde considerar esse parâmetro adequado para confirmar uma tendência, pois para as amplitudes abaixo da média (9°C) a área livre média é de 3.655 m2, enquanto para amplitudes acima média a área livre média é de 3.100 m2

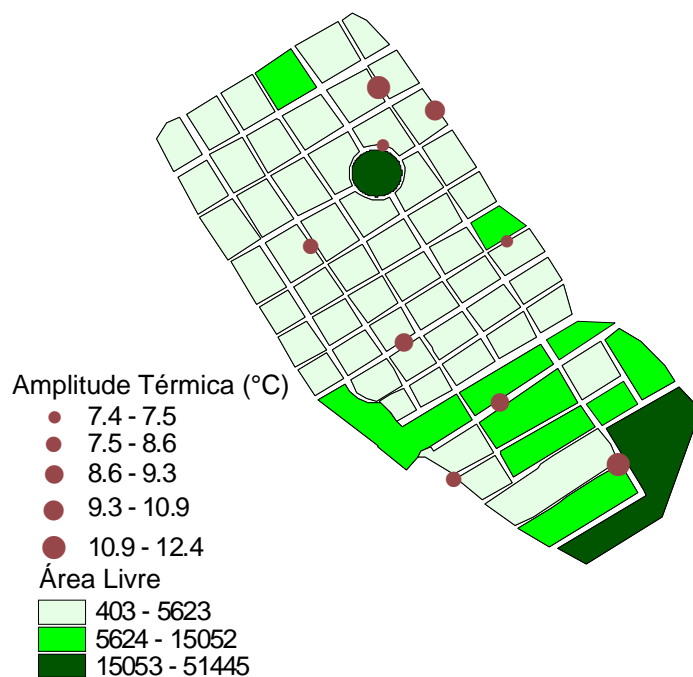


Figura 4.19: Cruzamento entre área livre das quadras e amplitude térmica (°C)

Por meio da associação de dados de áreas livres e das **diferenças térmicas urbana e rural** (figura 4.20), pode-se inferir que quanto maior a área livre menor a diferença entre tais temperaturas.

Tal fato pode ser explicado pela maior semelhança entre as áreas livres e a área rural. Segundo GIVONI (1998), a maior parte da radiação emitida por paredes e pelo solo é reabsorvida por outras superfícies. Quanto menos superfícies existirem e quanto maior o espaço entre elas, as trocas térmicas conseguem ser realizadas com sucesso e maior é o resfriamento. Portanto, a falta de edificações permite que o calor seja dissipado para o meio com mais facilidade.

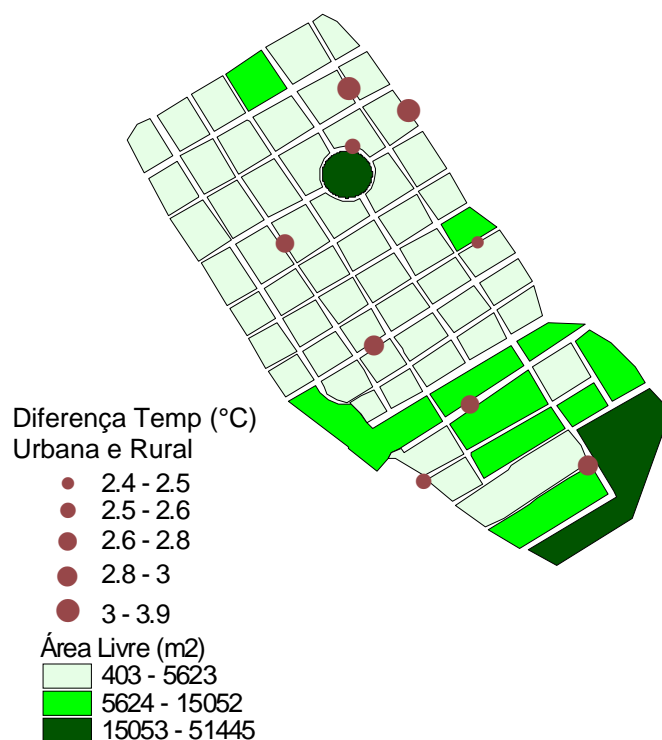


Figura 4.20: Cruzamento entre área livre das quadras e amplitude térmica (°C)

O quadro 4.10 faz um resumo dos resultados obtidos com o cruzamento entre os parâmetros urbanos e os dados climáticos.

Quadro 4.10: Influências dos parâmetros urbanos sobre os dados climáticos.

	Temperatura Máxima (°C)	Temperatura Mínima (°C)	Amplitude Térmica (°C)	Diferença Térmica (°C)
Taxa de Ocupação (T.O)	Maior T.O -> Maior Temp. máxima	Menor T.O -> Menor Temp. mínima	Correlação não Comprovada	Maior T.O -> Maior diferença Térmica
Índice de Aproveitamento (I.A)	Correlação não Comprovada	Maior I.A -> Menor Temp. Mínima	Correlação não Comprovada	Correlação não Comprovada
Altura (m)	Menor Altura -> Maior Temp. Máxima	Correlação não Comprovada	Menor Altura -> Maior Amplitude	Menor Altura -> Maior Diferença Térmica.
Área Livre (m²)	Correlação não Comprovada	Maior Área Livre -> Menor Temp. Mínima	Maior Área Livre -> Maior Amplitude	Maior Área Livre -> Menor Diferença Térmica

Dentre os parâmetros avaliados, o Índice de aproveitamento demonstrou interferir menos nos dados climáticos. Os demais parâmetros apresentaram influência sobre pelo menos três dados climáticos.

4.1.3. Discussão dos resultados para as medições fixas

Confrontando os dados coletados nos 10 pontos urbanos com os registros do IPMET ficou clara a diferença entre o ambiente térmico urbano e o rural. Durante o dia são alcançadas as temperaturas máximas havendo maior diferença entre as temperaturas urbana e rural, durante a noite quando o ambiente perde calor para o meio essa diferença diminui, mas continua a existir. Analisando os gráficos de temperatura noturna pode-se perceber a ocorrência de ilhas de calor em todos os pontos urbanos, no entanto a intensidade de tais ilhas varia de acordo com a localização. Deve-se ressaltar que a ocorrência de ilhas de calor pode ter caráter tanto desfavorável como favorável, isso dependerá clima do lugar. Locais com temperaturas noturnas extremamente baixas serão favorecidos pelo desenvolvimento de ilhas de calor noturnas, pois essas amenizarão o frio, no entanto, em climas quentes as noites tornam-se ainda mais desconfortáveis devido à demora no resfriamento noturno.

Para o melhor entendimento dos fatores que interferem no comportamento térmico urbano foram relacionados os dados climáticos coletados com alguns parâmetros urbanos. Nem todas as variáveis mostraram-se eficientes para a avaliação do campo térmico estudado. Em alguns casos, embora os resultados numéricos obtidos não tenham demonstrado se o parâmetro analisado interferiu no ambiente térmico estudado, pôde-se observar, avaliando-se individualmente o comportamento de cada ponto nos mapas temáticos, que, em sua maioria, eles foram influenciados por tais parâmetros. Por isso é importante a geração de tais mapas, pois assim há a possibilidade de se visualizar a ocorrência de algum desvio no comportamento térmico de certo ponto.

O ponto 01, por exemplo, demonstrou um comportamento diferenciado dos demais, sendo o local onde foi registrada a menor temperatura mínima e a maior temperatura máxima. Embora esteja localizado numa área adensada e verticalizada, desenvolveu ilhas de calor de fraca intensidade, apresentando temperaturas noturnas bem próximas às da área rural. Provavelmente esse comportamento é consequência dos ventos regionais que permeiam aquela área devido à fácil entrada pela grande área livre do aeroclube de Bauru que se situa adjacente ao ponto de coleta. Além

disso, nessas quadras não há homogeneidade na altura das edificações, o que também promove melhor ventilação e o conseqüente resfriamento noturno do ar.

Desta forma, é fácil perceber que o comportamento térmico de determinada área urbana não se deve a apenas uma variável, mas sim ao conjunto de uma série de características interagindo entre si, gerando os diversos ambientes térmicos de uma cidade.

4.2. Avaliação do Conforto Térmico

Buscando-se encontrar uma escala de avaliação por meio da verbalização do usuário, foram aplicados questionários aos transeuntes nas imediações de cada um dos pontos de coleta de temperaturas por medições fixas. Estes abordaram questões a respeito da percepção térmica e da sensação de conforto ou desconforto experimentada pelo pedestre no momento da entrevista.

A coleta de dados aconteceu no horário entre 10h e 18h, o período do dia em que há maior fluxo de pedestres na região estudada. Houve grande dificuldade em se encontrar pedestres dispostos a responder aos questionários, por isso, durante os dois dias de coleta de dados foram entrevistados apenas 30 pedestres, 15 em cada um dos dias. No quadro 4.11 apresentam-se o período e as datas da aplicação dos questionários e da coleta dos dados microclimáticos.

Quadro 4.11: Data e Horário de coleta dos Questionários dos dados microclimáticos

Ponto	Número de entrevistados	Data de Coleta	Horário de coleta
01	3	21/12/2007	11h30min às 12h30min
02	3	21/12/2007	16h30min às 17h30min
03	3	21/12/2007	10h00min às 11h00min
04	3	21/12/2007	10h30min às 11h30min
05	3	22/12/2007	14h00min às 15h00min
06	3	22/12/2007	12h00min às 13h00min
07	3	22/12/2007	11h00min às 12h00min
08	3	21/12/2007	17h00min às 18h00min
09	3	22/12/2007	12h30min às 13h30min
10	3	22/12/2007	14h00min às 15h00min
Entrevistados	30 pessoas		

Foi feita uma avaliação dos questionários para que somente aqueles preenchidos corretamente fossem utilizados nesta pesquisa. Como o próprio pesquisador anotava os dados das entrevistas, e, ao mesmo tempo, um colaborador devidamente treinado fazia a coleta dos dados climáticos, todos os questionários foram efetivamente utilizados para as análises. O ponto 09 que foi excluído das análises do comportamento térmico da malha urbana, aqui também foi suprimido para que haja maior homogeneidade nos resultados obtidos por esta pesquisa.

O modelo dos questionários e o formulário usado no monitoramento microclimático estão anexos ao final da dissertação.

Foram entrevistadas desde crianças de 10 anos de idade até idosos de mais de 65 anos. A maior parte dos entrevistados encontrava-se na faixa dos 18-25 anos (23,33%) ou maior de 46 anos (23,33%). Já as faixas de 26-35 anos e 36-45 anos corresponderam cada uma a 20% dos entrevistados. Nota-se um baixo índice de adolescentes de 14-17 anos (10%) e de crianças até 13 anos (3,33%). Portanto, o houve equilíbrio na distribuição da amostra, tendo ficado bem dividida a porcentagem de entrevistados nas faixas acima dos 18 anos, o que contribui para resultados mais homogêneos (gráfico 4.8).

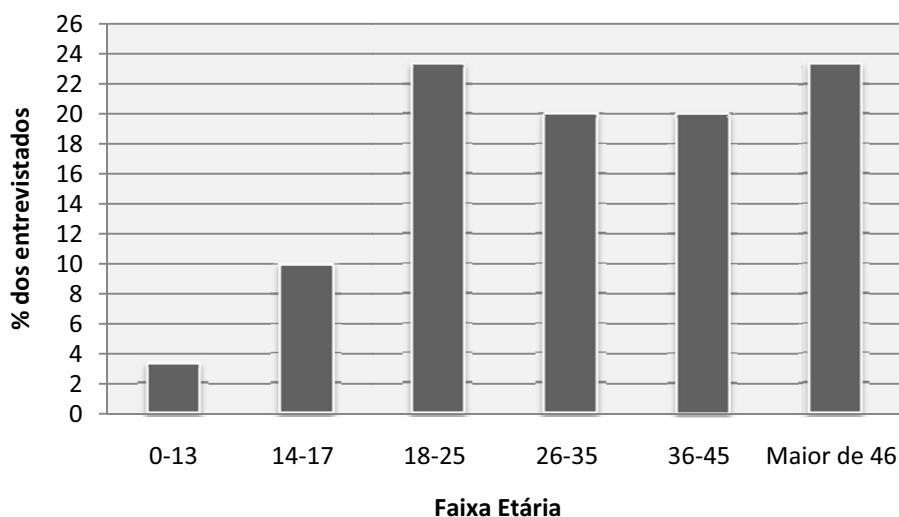


Gráfico 4.8: Distribuição da amostra por faixa etária.

Com relação ao gênero dos entrevistados nota-se um equilíbrio nos dois níveis, masculino e feminino, implicando numa amostra balanceada, mesmo não tendo sido escolhida intencionalmente. O gráfico 4.9 ilustra a frequência relativa do gênero dos entrevistados.

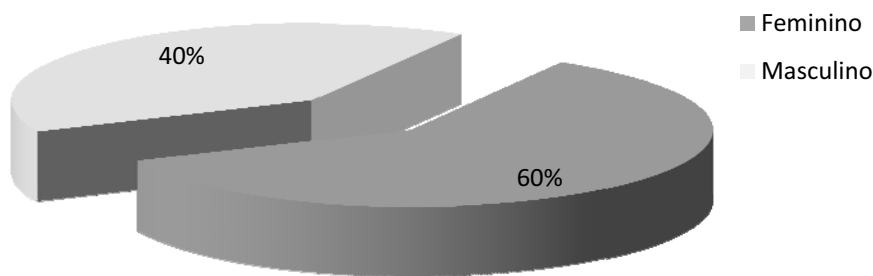


Gráfico 4.9: Distribuição da frequência relativa do gênero dos entrevistados.

Quando observada a atividade em desenvolvimento no ato da entrevista (gráfico 4.10) houve o predomínio de pessoas andando no plano (46,7%), seguido das em pé paradas (20%) e andando na subida (13,3% do total). Foram entrevistadas ainda pessoas desenvolvendo outras atividades, sentado (10%), Andando na descida (10%) e correndo (3,3%).

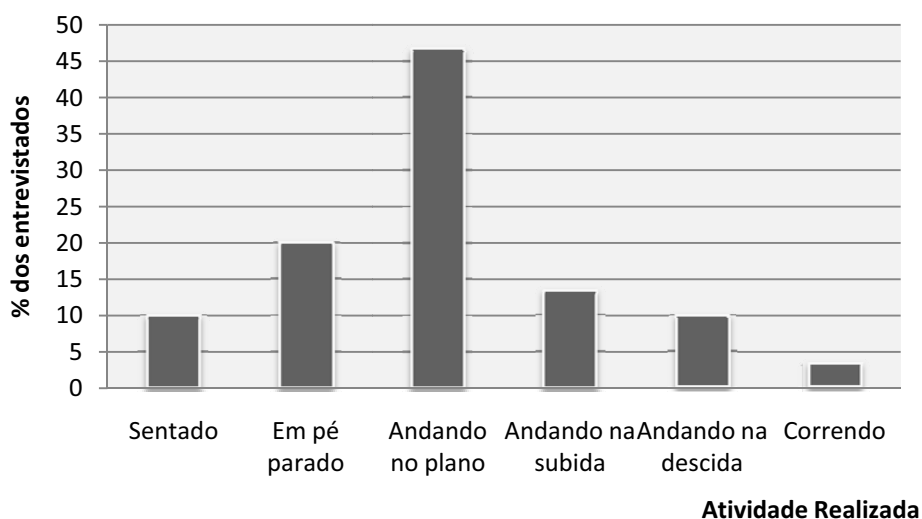


Gráfico 4.10: Distribuição da frequência das atividades realizadas.

Em relação aos acessórios apenas 3,33% das pessoas usavam boné ou chapéu e 3,33% usavam sombrinha, demonstrando que os pedestres não têm o hábito de usar acessórios que o protejam do sol e das altas temperaturas. Em se tratando de vestimenta, foram encontradas diversas combinações, geralmente roupas leves e de cor clara, refletindo a situação térmica do momento.

A maioria dos entrevistados (83,3%) não mora no bairro, apenas 16,7% residem na região estudada. Este fato se deve à concentração de pólos de oferta de serviços e comércio especificamente uma região do bairro estudado, impulsionando o fluxo de pessoas de toda a cidade para aquela região.

Enquanto os questionários eram aplicados, foi realizado um monitoramento microclimático à sombra, incluindo a medição de variáveis físicas como a temperatura do ar, a velocidade do vento, a temperatura de globo, a umidade relativa do ar. Também foram anotadas as condições em que a entrevista era realizada (à sombra, à meia sombra ou pleno sol), a existência de vegetação e sua densidade, bem como cores, os materiais e a temperatura das superfícies do entorno do entrevistado.

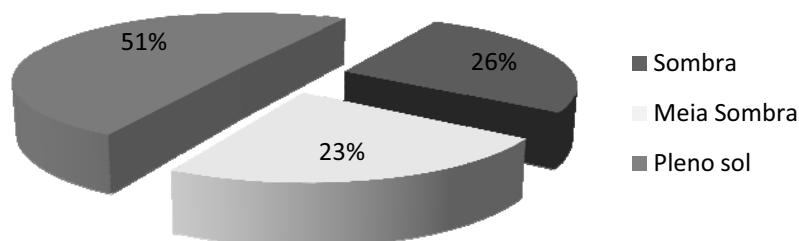


Gráfico 4.11: Distribuição da freqüência de moradores do bairro.

No quadro 3.13 são apresentados alguns dados microclimáticos coletados durante aplicação dos questionários. Foram calculadas, para cada ponto, as médias da temperatura e da umidade relativa do ar e da velocidade do vento.

Quadro 4.12: Dados microclimáticos coletados durante a aplicação dos questionários.

Ponto	Data	Horário	Temp. Média do Ar (°C)	Umidade Relativa Média (°C)	Velocidade do Vento (m/s)
01	21/12	11:30 às 12:30	32,6	59,0%	0,56
02	21/12	16:30 às 17:30	30,9	47,0%	1,15
03	21/12	10:00 às 11:00	27,63	71,7%	0,70
04	21/12	10:30 às 11:30	25,3	80,3%	1,13
05	22/12	14:00 às 15:00	34,97	43,7%	1,02
06	22/12	12:00 às 13:00	31,53	55,3%	0,64
07	22/12	11:00 às 12:00	29,73	65,7%	0,60
08	21/12	16:30 às 17:30	31,23	42,3%	2,34
10	22/12	14:00 às 15:00	35,17	42,0%	0,53

Percebe-se que houve bastante variação da temperatura média, da umidade relativa do ar e da velocidade dos ventos nos 10 pontos.

Como um dos objetivos do trabalho é avaliar o conforto térmico dos pedestres em espaços urbanos abertos, o questionário aplicado contemplou três questões sobre este assunto. O quadro 4.13 mostra as questões do questionário direcionadas ao conforto térmico e suas variáveis relacionadas para as análises.

Quadro 4.13: Questões do questionário sobre conforto térmico e variável relacionada.

Pergunta	Variável
Com relação à sua sensação térmica, como você está se sentindo nesse momento?	Sensação Térmica
Nesse momento como você prefere estar se sentido?	Preferência Térmica
De que maneira você se encontra nesse momento?	Grau de Satisfação

O gráfico 4.12 mostra a distribuição da frequência da variável sensação térmica. As respostas são apresentadas em porcentagem e são suprimidas as opções que não foram escolhidas nenhuma vez, neste caso: Levemente com frio; Com frio; Com muito frio.

Para o cálculo das respostas dos pedestres para a sensação térmica foi utilizado o seguinte critério:

- Confortável = levemente com calor + neutro + levemente com frio
- Desconfortável = com calor + com muito calor + com frio + com muito.

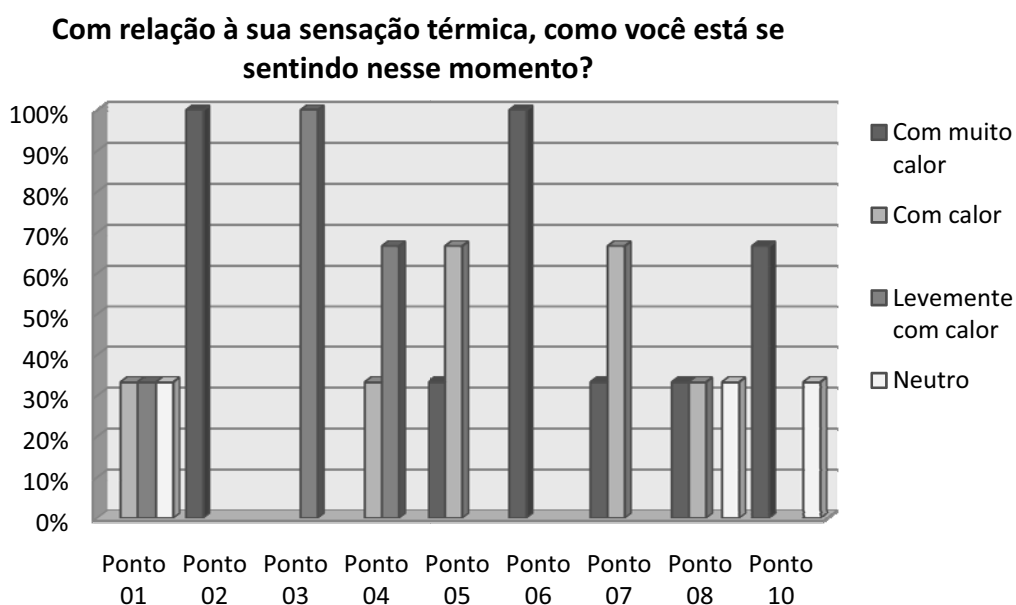


Gráfico 4.12: Comparativo das respostas sobre a sensação térmica nos 10 pontos.

Nota-se que a variável sensação térmica apresentou bastante variação entre os 10 pontos de coleta. Destacando-se os pontos 02 e 06 como os menos confortáveis, onde 100% dos entrevistados respondeu estar com muito. Nos pontos 05, 07, 08 e 10, um total de 77% das respostas indicou desconforto do pedestre. O ponto 03 apresentou elevado grau de conforto (levemente com calor), peguido pelos pontos 01 e 04, com 77% dos entrevistados alegando sentirem-se em conforto. Portanto, na maioria dos pontos os pedestres sentiram desconfortáveis durante as entrevistas.

As respostas à segunda pergunta são apresentadas no gráfico 4.13, que mostra a freqüência da variável preferência térmica. As respostas são apresentadas em porcentagem e são suprimidas as opções que não foram escolhidas nenhuma vez, neste caso: Um pouco mais aquecido; Mais aquecido; Bem mais aquecido.

Para a distribuição da freqüência das respostas para preferência térmica foi feito o seguinte cálculo:

- Confortável = assim mesmo + um pouco mais refrescado + um pouco mais aquecido.
- Desconfortável = mais refrescado + bem mais refrescado + mais aquecido + bem mais aquecido.

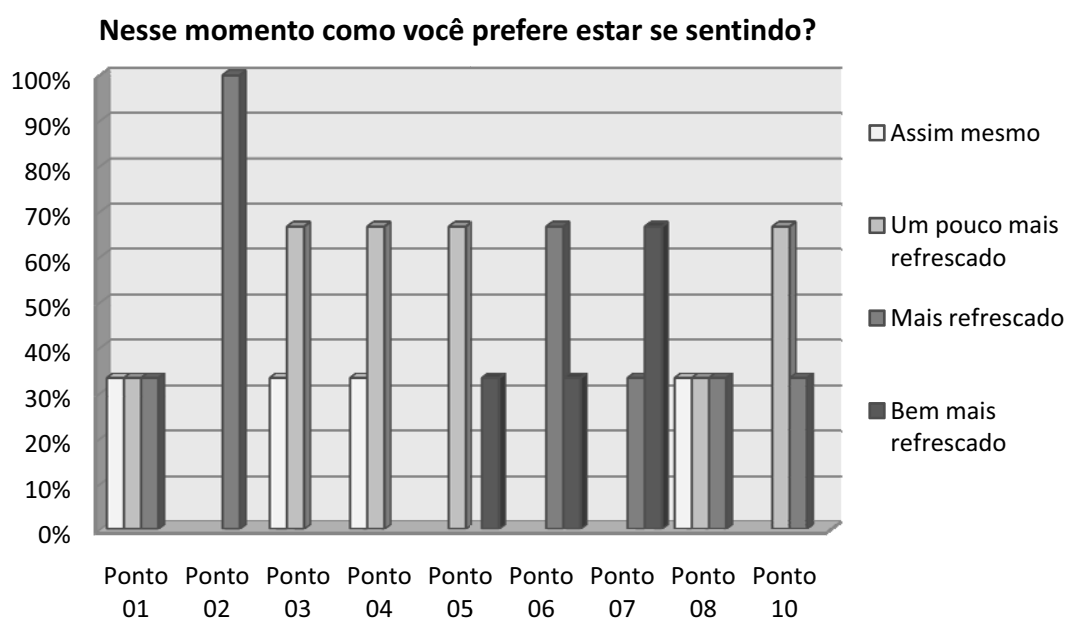


Gráfico 4.13: Comparativo das respostas sobre a preferência térmica nos 10 pontos.

Observa-se que a variável preferência térmica sofreu grande variação entre os pontos de coleta, considerando as escalas para confortável e desconfortável, no entanto essa diferença foi menos acentuada que para a variável sensação térmica.

Os pontos 03 e 04 apresentaram-se mais confortáveis (100%) em relação à preferência térmica, seguidos dos pontos 01, 05, 08 e 10 com 77% das respostas apontando para a escala confortável. Por outro lado, os pontos 02, 06 e 07 mostraram-se 100% desconfortáveis para os pedestres. Nota-se que a maior parte dos pontos foi considerada confortável.

Para o cálculo das respostas dos entrevistados sobre o grau de satisfação foi utilizado o seguinte critério:

- Desconfortável = desconfortável
- Confortável = confortável + razoavelmente confortável.

No gráfico 4.14 observa-se a distribuição desta variável. Os resultados são apresentados em porcentagem.

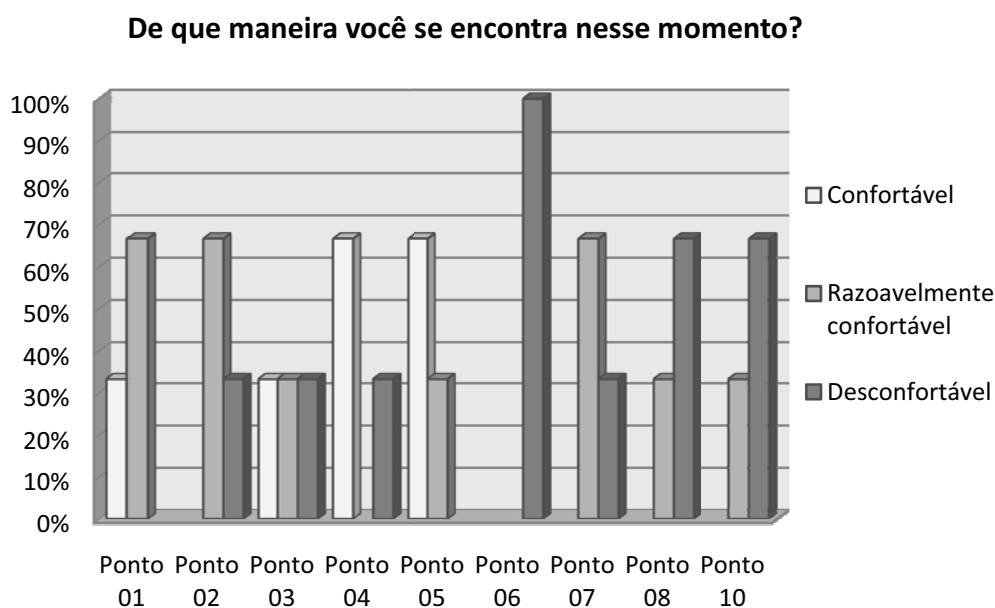


Gráfico 4.14: Comparativo das respostas sobre o grau de satisfação dos pedestres.

Ao avaliar o próprio grau de satisfação, o pedestre declarou-se confortável em 100% das respostas no pontos 01 e 05. Em seguida, nos pontos 02, 03, 04 e 07, 77% das pessoas alegaram estar confortáveis. Por outro lado, no ponto 06 os pedestres demonstraram o menor grau de satisfação (100% desconfortável), enquanto nos

pontos 08 e 10, 77% não estavam satisfeitos, sentindo-se desconfortáveis. Assim como na variável preferência térmica, na maioria dos pontos o usuário estava em desconforto.

Percebe-se que há uma certa variação entre as respostas às três variáveis, sendo que nem sempre um ponto recebe a mesma classificação em todas as variáveis. Os únicos pontos que obtiveram a mesma classificação em todas as variáveis foram o ponto 03 (confortável), o ponto 04 (confortável) e o ponto 06 (desconfortável). O quadro 4.14 apresenta a classificação dos 10 pontos em relação a cada variável.

Quadro 4.14: Classificação dos pontos segundo as variáveis de sensação térmica, preferência térmica e grau de satisfação.

Ponto	Variável		
	Sensação Térmica	Preferência Térmica	Grau de Satisfação
01	Confortável	Desconfortável	Confortável
02	Desconfortável	Desconfortável	Confortável
03	Confortável	Confortável	Confortável
04	Confortável	Confortável	Confortável
05	Desconfortável	Confortável	Confortável
06	Desconfortável	Desconfortável	Desconfortável
07	Desconfortável	Desconfortável	Confortável
08	Desconfortável	Confortável	Desconfortável
10	Desconfortável	Confortável	Desconfortável

A seguir serão relacionados os resultados obtidos com as respostas às variáveis e os dados microclimáticos coletados, em busca de um melhor entendimento da sensação de conforto ou desconforto térmico vivenciada pelo pedestre.

4.2.1. Cruzamento dos dados climáticos com as variáveis: sensação térmica, preferência térmica e grau de satisfação.

Devido à amostra reduzida de questionários respondidos, não foi possível o cálculo de índices de conforto térmico, no entanto foi feita uma análise exploratória dos dados, por meio da qual se buscou os fatores de influência na sensação de conforto térmico do pedestre.

Apesar de serem limitados os resultados aos poucos dias de medições e situações climáticas, eles já apresentam indicações significativas das condições de desconforto vivenciadas pelo usuário do ambiente externo urbano.

No ponto 04 foi registrada a menor média de temperatura (25,30°C) e a maior porcentagem de umidade relativa do ar (80,3%). A velocidade do vento (1,13 m/s) foi a terceira dentre os demais pontos. Nele todas as variáveis receberam a classificação confortável por parte dos pedestres. Em seguida encontra-se o ponto 03, com a segunda menor temperatura média (27,63 °C) e umidade relativa do ar (71,7%). A classificação das três variáveis estudadas também foi confortável. Demonstrando ter havido, nos dois pontos, coerência nos resultados da correlação entre os dados microclimáticos e as variáveis de resposta.

O ponto 07 apresentou os valores de temperatura média e umidade relativa do ar logo em seguida aos pontos 03 e 04, no entanto os pedestres somente o classificaram como confortável em relação ao grau de satisfação, alegando desconforto quando se tratava da sensação térmica e da preferência térmica.

O ponto 10 atingiu a maior temperatura média do ar (35,17°C), a menor umidade relativa do ar (42%) e a menor velocidade do vento (0,53 m/s). Em relação às variáveis de resposta, os usuários classificaram como desconfortável a variável sensação térmica e grau de satisfação.

No ponto 06 a temperatura média registrada foi de 31,53 °C e a umidade relativa do ar 55, 3%, ambos ficaram próximos ao valor médio calculado entre todos os pontos para esses dados. Para todas as variáveis de resposta a classificação dos pedestres foi de desconforto, isso pode ser um reflexo do próprio horário da entrevista que ocorreu entre 12h e 13h, quando a maioria das pessoas acredita ser a hora mais quente do dia.

No ponto 08 foi registrada a maior e mais diferenciada velocidade média do vento (2,34 m/s). A umidade relativa do ar é a segunda menor dentre os 10 pontos. Embora a temperatura média não tenha ficado entre as mais altas, os usuários expressaram desconforto em relação às variáveis sensação térmica e grau de satisfação. Isso pode sugerir que, a sensação de desconforto esteja relacionada ao aumento da velocidade do vento e conseqüente diminuição da umidade relativa do ar.

O pontos 05 tem a umidade relativa do ar de 43,7%, uma das mais baixas dentre os demais pontos, temperatura média é 34,97°C, uma das mais altas temperaturas médias registradas. Ainda assim duas das três variáveis foram avaliadas pelos pedestres como confortáveis. Aqui é levantada a questão de influência das características do entorno sobre a percepção dos usuários, podendo ser ainda mais evidenciada em pesquisas futuras, desde que seja obtida uma amostra maior de entrevistados.

Seguindo esta mesma linha da importância da influência do entorno sobre o conforto do usuário, a seguir serão analisados e discutidos alguns resultados obtidos com o cruzamento entre os dados microclimáticos e as respostas dos pedestres em função de algumas características específicas do entorno, como vegetação e material das superfícies.

4.2.2. Vegetação

O quadro 4.15 apresenta a densidade de vegetação calculada para a área adjacente a cada ponto de coleta de dados e aplicação de questionários. A classificação baseou-se na observação e comparação com a vegetação dos demais pontos.

Quadro 4.15: Densidade de vegetação nos pontos de coleta de dados.

Ponto	Densidade da Vegetação
01	Inexistente
02	Inexistente
03	Baixa
04	Alta
05	Baixa
06	Baixa
07	Alta
08	Inexistente
10	Média

Em apenas dois pontos a densidade de vegetação pôde ser considerada alta, em dois outros pontos foi avaliada como média, em três pontos foi considerada baixa e nos três pontos restantes a vegetação é inexistente. Portanto, em 60% dos locais de medição a quantidade de vegetação é de baixa a inexistente, o que demonstra a

deficiência do bairro em relação às áreas verdes, sendo que em toda a região pesquisada existe apenas uma praça.

Em relação à umidade relativa do ar, percebe-se um sensível aumento nos pontos onde existe maior concentração de vegetação. No Ponto 01, onde não há vegetação, a média de umidade relativa do ar, medida durante a aplicação dos questionários, foi de 59%, enquanto que no Ponto 04, onde a densidade de vegetação foi considerada alta, e as medições aconteceram no mesmo dia no máximo uma hora depois, a média da umidade relativa do ar foi de 80,3%, havendo um aumento de 21,3% da umidade em relação ao Ponto 01. Se for feita a mesma comparação entre os Pontos 06, com baixa densidade de vegetação, e o Ponto 07, com alta densidade de vegetação, cujas medições aconteceram no mesmo dia com intervalo máximo de 1 hora entre um e outro, nota-se um decréscimo de 10,4% na umidade relativa do ar.

Comparando-se os mesmos pontos em relação às diferenças de temperatura, percebe-se um decréscimo na temperatura dos locais com maior concentração de vegetação. Por exemplo, no Ponto 01 a média de temperatura durante a aplicação dos questionários foi de 32,6°C, enquanto no Ponto 04 essa média foi de 25,3°C, um decréscimo de 7,3°C entre o ponto com alta densidade de vegetação e o ponto sem vegetação. No Ponto 07, a média de temperatura do ar foi calculada em 29,73°C, enquanto no Ponto 06 a média de temperatura do ar foi de 31,53°C, diminuição de 1,8°C entre o ponto com alta densidade de vegetação e o ponto com baixa densidade. Pela diferença de horário existente entre as medições dos pontos, não se pode atribuir diretamente a diferença de temperatura à existência de vegetação, mas percebe-se claramente que a diferença temporal não justifica por si só as diferenças de temperaturas registradas.

A presença de vegetação demonstrou estar associada, tanto ao aumento da umidade relativa do ar, como à diminuição da temperatura do ar, e quanto maior a diferença entre a densidade de vegetação entre dois pontos, mais acentuadas se mostraram essas alterações.

Segundo Bustos Romero (1988) a vegetação contribui para a criação de microclimas, começando pelo processo de fotossíntese que auxilia na umidificação do ar por meio do vapor d'água que libera, desta forma se explicam os resultados encontrados neste estudo, que evidenciou o que já é amplamente conhecido pela literatura, que a presença de vegetação auxilia no aumento da umidade relativa do ar. A radiação solar incidente na vegetação é absorvida, em sua maior parte, pelas folhas

que têm um alto coeficiente de absorção para radiação solar. A existência de uma camada de vegetação recobrando o solo reduz consideravelmente o armazenamento calorífico (BUSTOS ROMERO, 2001). Por isso, na pesquisa realizada, percebeu-se que nos pontos onde existe maior concentração de árvores, arbustos e superfícies gramadas, a temperatura do ar se mantém mais amena.

No ponto 10, onde se registrou, durante a aplicação dos questionários, a maior média de temperatura do ar e a menor média de umidade relativa do ar, a avaliação dos pedestres, tanto em relação à sensação térmica, como ao grau de satisfação, foi de desconforto. Até mesmo em relação à preferência térmica, ninguém declarou preferir estar “assim mesmo”. Portanto, altas temperaturas associadas a baixas taxas de umidade relativa do ar provocam nos pedestres a percepção térmica de muito calor e sensação de desconforto.

O Ponto 06, com baixa densidade de vegetação, chama a atenção por 100% dos usuários terem se declarado com muito calor e desconfortáveis, e 67% terem manifestado desejo de estarem mais refrescados. Como já comentado anteriormente, as variáveis respostas foram classificadas como desconfortáveis em todos os casos. Pode-se associar a sensação de desconforto à percepção de calor excessivo, provocadas por altas temperaturas e baixas taxas de umidade relativa do ar. O que poderia ser amenizado com maior densidade de vegetação, de acordo com as primeiras análises feitas nessa pesquisa.

Retornando ao Ponto 04, cuja densidade de vegetação foi considerada alta, com a menor média de temperatura do ar e a maior taxa de umidade relativa do ar, as respostas dos pedestres foram coerentes com as medições realizadas. Em relação à sensação térmica 67% das pessoas declararam estar confortáveis. Quanto à variável preferência térmica, 100% dos pedestres abordados afirmou se encontrar confortável, enquanto 67% avaliou seu grau de satisfação como confortável. Nota-se, portanto, que a maior parte das pessoas afirmou se sentir confortável, o que pode estar ligado ao efeito psicológico de bem estar causado pela vegetação, associado aos efeitos reais na diminuição da temperatura e aumento da umidade relativa.

Um estudo mais detalhado na região pesquisada poderá vir a verificar a existência de ilhas de frescor nos locais com maior densidade de vegetação.

4.2.3. Materiais das Superfícies

Para melhor entendimento da interação entre o material das superfícies do entorno e a sensação térmica do pedestre, foi elaborado um quadro comparativo onde são apresentadas as médias de temperatura do ar, os materiais constituintes do solo, da superfície lateral esquerda e direita, e as respectivas temperaturas médias de cada superfície (quadro 4.16).

Quadro 4.16: Temperatura Média do ar (°C), Material e Temperatura média (°C) das superfícies do entorno do pedestre.

Ponto	Temp. Média Ar(°C)	Solo		Superfície Lateral Esquerda		Superfície Lateral Direita	
		Material	Temp. Média Superfície (°C)	Material	Temp. Média Superfície (°C)	Material	Temp. Média Superfície (°C)
01	32,60	Concreto	33,70	Alvenaria	26,70	Alvenaria	27,85
02	30,90	Asfalto	32,00	Alvenaria	20,50	Alvenaria	32,00
03	27,63	Concreto	35,70	Alvenaria	19,20	Vegetação	21,00
04	25,30	Concreto	31,50	Alvenaria	25,00	Vegetação	20,00
05	34,97	Concreto	46,30	Vegetação	31,00	Alvenaria	45,70
06	31,53	Asfalto	41,50	Alvenaria	31,00	Alvenaria	26,70
07	29,73	Gramado	33,00	Vegetação	27,70	Vegetação	25,85
08	31,23	Concreto	33,30	Alvenaria	28,50	Alvenaria	27,50
10	35,17	Asfalto	40,20	Alvenaria e Vegetação	29,50	Alvenaria	33,00

Percebeu-se que mais de 70% das superfícies, tanto laterais como do solo, são constituídas por materiais artificiais como asfalto, concreto e alvenaria, considerando que esse tipo de material possui maior albedo, promovendo o aumento da temperatura da cidade, procurou-se estabelecer, em cada um dos pontos, uma relação entre o tipo de material constituinte do entorno dos entrevistados e as temperaturas médias superficiais.

Primeiramente, nota-se que as temperaturas superficiais do piso são sempre maiores que as temperaturas médias do ar e das outras superfícies do entorno do mesmo ponto. Isso se deve à incidência direta da radiação solar no solo,

especialmente quando não existe nenhuma barreira, como vegetação ou elementos de proteção à radiação.

Analisando-se, por exemplo, o Ponto 01, cujos materiais das superfícies são todos artificiais, percebe-se que a temperatura superficial do chão de concreto é maior (1,1 °C) que a temperatura do ar, 7°C maior que a superfície da lateral esquerda e 5,9°C superior à superfície da lateral direita. Entre as superfícies de alvenaria a diferença de temperatura foi pequena, o que evidencia que esta diferença se deve à incidência de radiação solar, pois um mesmo material possui as mesmas propriedades termodinâmicas.

No Ponto 02 cada superfície é constituída por um material diferente, nota-se que a temperatura do concreto e da alvenaria é a mesma, enquanto a temperatura da vegetação é 11,5°C menor que a das outras superfícies e 10,4 °C inferior à temperatura do ar, confirmando os estudos que afirmam que materiais naturais possuem menor albedo que os artificiais.

Já no Ponto 6, pode-se perceber que a superfície de asfalto chega a ter a temperatura 14,8°C superior à superfície de alvenaria e 10°C maior que a temperatura do ar naquele momento o que apóia as afirmações de SANTAMOURIS (1997) e HOUGH (1998) que explicam que o armazenamento de calor, e sua conseqüente emissão para a atmosfera, é expressivamente maior para o asfalto que para os solos de concreto e sem pavimento.

No Ponto 10 a situação é diferente, o solo é revestido por asfalto, a parede à esquerda é de alvenaria revestida por vegetação e a parede à direita é de alvenaria. Neste caso, mais uma vez é evidente que o asfalto tem capacidade calorífica maior que a alvenaria, e que esta quando associada à vegetação tem diminuída sua capacidade de armazenamento de calor.

Associando-se tais constatações com as respostas dos pedestres com relação à sua sensação térmica, percebe-se que no Ponto 4, cujas superfícies do entorno são concreto, alvenaria e vegetação, a avaliação dos pedestres concordou com os dados microclimáticos coletados. A lateral direita, constituída por vegetação, apresentou a menor temperatura superficial (20°C) dentre os 10 pontos, a temperatura (31,50°C) do solo também foi a menor dentre os demais pontos de coleta e a temperatura média (25°C) da lateral esquerda também ficou entre as menores. Como já comentado anteriormente, em relação às três variáveis os pedestres avaliaram estar confortáveis,

o que reafirma a sensação de bem estar causada por temperaturas superficiais mais amenas e pela presença de superfícies constituídas por materiais naturais.

No Ponto 07 as superfícies são todas constituídas por materiais naturais, sendo que o solo é de pedra natural e as laterais são vegetação. Neste ponto as superfícies laterais apresentaram temperaturas menores que a do ar e a maioria dos entrevistados afirmaram se encontrarem confortáveis.

4.2.4. Cruzamento entre o comportamento térmico da malha urbana e a avaliação do conforto térmico.

Durante a aplicação dos questionários, o ponto 10 apresentou a maior temperatura média (35,17 °C) dentre os demais. Nas medições de temperatura nos pontos fixos também foi no ponto 10 onde se obteve a maiores médias para temperatura mínima (23,27°C), média (28,09°C) e máxima (35,14°C).

A diferença térmica média diária (4,22°C) em relação ao IPMET também foi a maior registrada durante as medições fixas. A ilha de calor noturna foi classificada como forte, apresentando o maior valor médio (4,89°C).

Como já exposto anteriormente, os pedestres se declararam em desconforto em relação às variáveis de sensação térmica e grau de satisfação. Nota-se, portanto, que no ponto 10 houve coerência entre o comportamento térmico da malha urbana e a avaliação do conforto térmico.

O ponto 03 apresentou a segunda menor temperatura média atmosférica obtida pelo monitoramento dos dados microclimáticos. Em relação ao comportamento térmico da área estudada, nesse ponto foi encontrado o menor valor médio para temperatura diurna, também foram registradas as segundas menores médias de temperatura noturna e diária. A ilha de calor noturna foi classificada como moderada e a diferença térmica em relação ao IPMET foi a menor durante o dia.

Condizente com tais resultados foi a avaliação dos pedestres expressa por meio das respostas às variáveis sensação térmica, preferência térmica e grau de satisfação, que foram classificadas por estes como confortáveis.

Desta forma, pode-se concluir que os dados microclimáticos conferem com as respostas dos pedestres, e ambos são coerentes com o comportamento térmico da área urbana estudada.

4.2.5. Discussão dos resultados da Avaliação do Conforto térmico do pedestre

Sabendo-se que objeto da Ergonomia é o homem realizando a sua tarefa cotidiana, executando as suas atividades do dia-a-dia, num determinado ambiente físico e arquitetural (Moraes e Mont'Alvão, 2000), buscou-se entender como o usuário sente o ambiente urbano estudado ao realizar suas atividades.

Por intermédio destas análises foi possível detectar os efeitos negativos da realização de atividades sob altas temperaturas em ambientes externos. De acordo com Lida (2005), quando o ser humano é submetido a temperaturas mais altas o seu rendimento cai, a velocidade de trabalho diminui, as pausas se tornam maiores e mais freqüentes, a concentração diminui, e a seqüência de acidentes e erros tende a aumentar significativamente.

A análise do conforto térmico na área estudada demonstrou que altas temperaturas acompanhadas de baixa umidade relativa do ar, provocam a sensação de desconforto no pedestre. Este, por sua vez, expressa claramente sua insatisfação com o ambiente térmico por meio das respostas ao questionário aplicado. Sabe-se que a sensação de conforto térmico é condicionada pela relação entre a temperatura do ar, a umidade relativa e a velocidade do ar, existindo, portanto, uma zona de conforto ideal que varia conforme o clima.

Quanto à velocidade do vento os resultados não são conclusivos sobre seus efeitos na sensação térmica do pedestre. Algumas vezes as menores velocidades estavam acompanhadas à alta temperatura, baixa umidade relativa do ar e alto grau de desconforto, por outro lado, a velocidade mais alta registrada coincidiu com baixa umidade do ar e alto grau de desconforto do usuário. Logo, mostra-se necessário um estudo mais aprofundado da associação entre velocidade do vento, temperatura do ar, umidade relativa do ar e conforto térmico.

A densidade de vegetação no bairro estudado ainda é muito pequena, ainda assim ficou evidente a influência da presença de vegetação na promoção de temperaturas mais amenas, no aumento da umidade do ar e no aumento do conforto térmico dos usuários do ambiente urbano. Portanto o aumento da área verde no local realçaria ainda mais tais efeitos, melhorando o desempenho das pessoas que desenvolvem atividades na área.

Verificou-se que o pedestre sente-se desconfortável e tem a sensação térmica de muito calor ao desenvolver atividades com incidência direta da radiação solar, principalmente se não houver presença de materiais naturais ao seu redor. Em relação às superfícies do entorno do pedestre, é perceptível a influência que os materiais que as constituem exercem sobre a temperatura do ar e sobre o conforto térmico. Quanto mais natural, a superfície, menor a sensação de desconforto vivenciada pelo usuário.

O cruzamento do comportamento térmico da malha urbana, com os resultados obtidos com as análises do conforto térmico, demonstrou haver estreita ligação entre, a sensação térmica do pedestre e o desempenho térmico de cada ponto de coleta. Os pontos que apresentaram as menores temperaturas nas medições fixas também foram os mais frescos no monitoramento microclimático e conseqüentemente foram aqueles em que os usuários se sentiram mais confortáveis. Em se tratando dos pontos com temperaturas mais altas na coleta de dados fixos verificou-se que também apresentaram as temperaturas mais altas no monitoramento microclimático e que os pedestres expressaram a sensação de desconforto experimentada naquele momento.

Portanto, para que o pedestre tenha bom desempenho em suas atividades no ambiente externo urbano é importante que o comportamento térmico do meio seja favorável ao ser humano.

CONSIDERAÇÕES FINAIS **05**

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados derivados do estudo do comportamento térmico da malha urbana de um bairro na cidade de Bauru- SP demonstraram que há estreita relação entre a formação dos ambientes térmicos urbanos e as características da morfologia do seu entorno.

A análise das temperaturas registradas nos dez pontos urbanos demonstrou que os maiores contrastes ocorreram entre as temperaturas máximas. Os valores máximos de temperatura do ar sofreram uma variação de 5,36°C entre os pontos urbanos. A variação da amplitude térmica também foi significativa, indicando que o ponto com maior amplitude (12,80°C) se localiza numa região verticalizada e adensada, enquanto o a menor amplitude foi de 7,38°C registrada em um ponto menos verticalizado e adensado, adjacente à única área verde da região estudada.

Constatou-se que a temperatura do ar dos pontos urbanos foram, em todos os períodos do dia, superiores às temperaturas da área rural (estação meteorológica rural IPMET), evidenciando a influência da urbanização no clima local. No período noturno essas diferenças caracterizam o desenvolvimento do fenômeno da ilha de calor.

Por meio do cálculo das diferenças médias de temperatura entre os pontos urbanos e o IPMET no período noturno foi feita uma análise que apontou a existência de ilhas de calor em todos os pontos. Elas foram classificadas de acordo com sua intensidade, que variou bastante de acordo com o ponto de medição. Sendo que o local onde houve maior intensidade, apresentou as maiores temperaturas do ar e a maior amplitude térmica.

Foram elaborados mapas temáticos associando o comportamento térmico de cada ponto com alguns parâmetros urbanos. Verificou-se que os atributos urbanos que mais influenciaram o ambiente térmico estudado foram a taxa de ocupação, a altura média das edificações (verticalidade) e as áreas livres. Sendo que dentre estes, os que mais contribuíram para a diminuição da temperatura do ar foram taxas de ocupação menores e maiores áreas livres.

Um dos pontos urbanos (ponto 01) apresentou comportamento muito diferente dos demais. Nele foram registradas a menor temperatura mínima a maior temperatura máxima e foi o único a ter a ilha de calor classificada como fraca, apesar de localizar-se numa região verticalizada e adensada. Esse comportamento pode ser atribuído aos

ventos regionais noturnos, que permeiam a área com facilidade e da heterogeneidade na altura das edificações, que promovem a circulação do ar localizada.

Pode-se afirmar que são expressivas as alterações climáticas decorrentes da urbanização e que essas são conseqüências de uma série de fatores associados entre si. Portanto, o comportamento térmico da malha urbana sofre influência direta do conjunto complexo da estrutura urbana.

Em relação ao conforto térmico do pedestre constatou-se que este também recebe influência direta das características do entorno urbano e do comportamento térmico da malha urbana.

Com o desenvolvimento deste estudo foi possível detectar os efeitos negativos da realização de atividades sob altas temperaturas em ambientes externos. A sensação térmica do pedestre nos espaços urbanos estudados, com diferentes configurações, sofreu grandes variações.

Nos pontos onde foram registradas as menores temperaturas e as maiores porcentagens de umidade relativa do ar, as variáveis de sensação térmica, preferência térmica e grau de satisfação foram classificadas pelos pedestres como confortáveis. Por outro lado, o ponto que atingiu a maior temperatura atmosférica e a menor umidade relativa do ar foi avaliado pelos usuários como desconfortável em duas das três variáveis de resposta.

Quanto à velocidade média do vento, não foi possível obter uma amostra que permita estabelecer a sua relação com a sensação térmica do usuário do espaço urbano.

Verificou-se que o pedestre sente-se desconfortável e tem a sensação térmica de muito calor ao desenvolver qualquer uma das atividades estudadas sob radiação solar direta, principalmente na ausência de massas vegetativas no entorno ou quando os materiais constituintes das superfícies são artificiais. Isso se explica pelo aumento da temperatura nesses locais, com conseqüente diminuição da umidade do ar.

Portanto, a troca dos materiais artificiais por naturais e o aumento da área verde no bairro poderia contribuir para promover temperaturas mais amenas e maior umidade relativa do ar, melhorando o desempenho e a qualidade de vida do homem ao executar suas atividades cotidianas.

A associação entre as repostas dos pedestres e o comportamento térmico da área estudada demonstrou haver relação entre as características das quadras urbanas e a sensação de conforto térmico experimentada pelo pedestre. Portanto, o ambiente térmico atua sobre a qualidade de vida do usuário do ambiente externo.

Percebe-se que o homem com suas ações interfere no comportamento do clima, gerando o clima urbano, que acaba por influenciar a vida do próprio homem. Essa influência acontece em diversos aspectos, como na saúde, no conforto, na fisiologia, nas emoções, no comportamento humano, no desempenho das atividades diárias, podendo ser tanto positiva quanto negativa. Dentre os efeitos diretos e negativos está o desconforto térmico e a conseqüente redução do desempenho humano em todas as suas atividades.

Portanto, o planejamento urbano que leve em consideração os aspectos climáticos de um local pode reduzir os efeitos indesejáveis causados pela urbanização e realçar características do clima regional que promovam o conforto térmico humano, melhorando, desta forma, a relação entre o homem e o ambiente em que vive.

5.1. Recomendações para trabalhos futuros

Recomenda-se que, numa eventual continuação desta pesquisa, seja coletada uma amostra maior de dados para a avaliação do conforto térmico do pedestre, para que estes possam ser analisados mais detalhadamente, a fim de se identificar uma zona de conforto térmico humano para as atividades desenvolvidas no ambiente externo da área de estudo.

Mostra-se importante um aprofundamento no estudo do comportamento térmico da área urbana estudada, incluindo-se outras variáveis como a umidade relativa do ar e a velocidade e direção dos ventos. Também é aqui sugerida a associação dos resultados obtidos por este estudo com outros aspectos da morfologia urbana, com o intuito de um melhor entendimento do desempenho de ambientes térmicos urbanos.

De modo geral, espera-se que os resultados obtidos por esta pesquisa possam ser úteis tanto no desenvolvimento de novos estudos sobre clima e conforto térmico urbano, como num planejamento urbano sustentável que proporcione ambientes favoráveis às atividades humanas.

**REFERÊNCIAS
BIBLIOGRÁFICAS**



REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARBIRATO, G. M.; SOUZA, L. C. L.; TORRES, S. C. **Clima e Cidade – a abordagem climática como subsídio para estudos urbanos**. EDUFAL, Maceió, 2007.

BITTENCOURT, L. S.; CÂNDIDO, C. M. **Introdução à ventilação natural**. 2ª ed. EDUFAL, Maceió, 2007.

BORGES, M.; LABAKI, L. Conforto **térmico em espaços externos: preferência dos usuários e índices de conforto**. In: COTEDI 2005. Memórias... México: UAM, 2006

BRASIL. **NR-15** - Atividades e operações insalubres. Brasília: Ministério do Trabalho, 1978.

BUSTOS ROMERO, M. A. **Arquitetura Bioclimática do Espaço Público**. 1.ed. Brasília: Editora Universidade de Brasília, 2001.

BUSTOS ROMERO, M. A. **Princípios Bioclimáticos para o Desenho Urbano**. São Paulo: P. W, 1988.

CENTRO DE PESQUISAS METEOROLÓGICAS E CLIMÁTICAS APLICADAS À AGRICULTURA. Disponível em: <http://www.cpa.unicamp.br/outras-informacoes/clima-dos-municipios-paulistas.html>. Acessado em 18/06/2008.

COSTA, A. D. L. **Análise Bioclimática e Investigação do Conforto Térmico em Ambientes Externos: Uma Experiência no Bairro de Petrópolis em Natal-RN**. (Dissertação de Mestrado na UFRN)– Natal, RN, 2003.

FANGER, P. O. **Thermal comfort: analysis and applications in environmental engineers**. USA; Kingsport Press, 1972, 243 p.

_____. **Thermal comfort**. New York: McGraw-Hill, 1970.

FARIA, J. R. G.; MENDES, J. F. G. **Sobre o Uso e Ocupação do Solo Urbano e a Temperatura do Ar**. Revista Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 4, n. 3, p. 7-17, jul./set. 2004.

FARIA, J. R. G. **Ventilação na camada intra-urbana: o caso de Bauru**. São Carlos, **paginação irregular**. Tese (Doutorado em Ciências da Engenharia Ambiental) – Escola de Engenharia de São Carlos – Universidade de São Paulo. 1997

FONTANA, A. R. FARIA, J. R. G. **A influência da tecnologia construtiva no conforto térmico: o caso da Vila Tecnológica de Bauru - SP.** In: X Congresso de Iniciação Científica da UNESP, 1998, Rio Claro - SP. Anais... Rio Claro, 1998. p. 416.

FROTA, A. B; SCHIFFER, S. R. **Manual de Conforto Térmico.** 5ª ed. São Paulo: Studio Nobel, 2001.

GARCÍA, M C. M. **Climatologia Urbana.** Barcelona: Universitat de Barcelona, 1999. Textos Docents – 160.

GIUNTA, Mariene Benutti. **Em busca da relação entre o desenho de quadras urbanas e o nível sonoro de áreas residenciais.** Relatório final de pesquisa. Fapesp. 2006/2007.

GIVONI, B.; NOGUCHI, M. **Issues in outdoor comfort research.** In: PLEA, Anais...Cambridge, 2000, p. 562-564.

GIVONI, B. **Climate Considerations in Building and Urban Design.** New York: Van Nostrand Reinold, 1998.

_____. **Urban design in different climates.** WMO/TD, n. 10. Geneva: World Meteorological Organization, 1989. (WCAP-10).

_____. **Man, Climate and Architecture.** 2ed. London: Applied Science, 1981.

IIDA, I. **Ergonomia Projeto e Produção.** São Paulo, Edgard Blüncher, 2005.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Base de informações por setor censitário: censo demográfico 2007. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br>. Acessado em: 22/06/2008.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION, ISO DIS 10551: 1995, Assesment of the influence of the thermal environment using subjective judgement scales.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION, ISO 7730; Moderate thermal environments-determination of the PMV and PPD indices and specification of the conditions for thermal comfort. Geneva, 1994.

INTERNATIONAL ORGANIZATION STANDARDIZATION. ISO 7243. Hot environments: estimation of the heat stress on working man. Geneva, 1989a.

INTERNATIONAL ORGANIZATION STANDARDIZATION. ISO 7933. Hot environments: analytical determination and interpretation of thermal stress using calculation of required sweat rate. Genève: ISO, 1989b.

KATZSCHNER, L.; BOSCH, U.; RÖTTGEN, M. **Behaviour of people in open spaces independency of termal comfort conditions.** In: PLEA Anais...France, 2002, pp. 411-415.

KATZCHNER, L. **Urban climate studies as tools for urban planning and architecture.** In: Anais - IV Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído. Salvador: Editores Jussana M. F. G. Nery, Tereza M. M. Freire e Roberto Lamberts, 1997, p.49-58.

LAMAS, J.R.G. **Morfologia Urbana e desenho da cidade.** Lisboa, Fundação Calouste Gulbenkian / Junta Nacional de Investigação Científica e tecnológica, 1989.

LAMBERTS, R; XAVIER, A. A. P. **Apostila didática: Conforto Térmico e Stress Térmico.** Florianópolis, 2002. Disponível em <http://www.labeee.ufsc.br/arquivos/publicacoes/Apconf.pdf>.

LAMBERTS, R; DUTRA, L; PEREIRA, F. O. R. **Eficiência Energética na Arquitetura.** PW, São Paulo, 1997.

LANDSBERG, H. E. **The urban climate.** New York: Academic Press, 1981. 275 p. (International Geophysics Series, 28).

LEME, F. T. Fase B – **Expansão da coleta de dados de consumo de energia e armazenamento.** Projeto CEU. Relatório final de pesquisa, PIBIC-CNPq-UNESP 2004/2005

LOIS, E; LABAKI, L. C. **Conforto térmico em espaços externos: uma revisão.** In: VI ENCONTRO NACIONAL E III ENCONTRO LATINO AMERICANO SOBRE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTURÍDO, Anais... São Pedro, SP., 2001.

LOMBARDO, M. A. **Ilha de Calor nas Metrópoles – O exemplo de São Paulo.** São Paulo: Editora Hucitec, 1985.

MARTINS, L. B. **Ergonomia e design universal como garantia de acessibilidade para todos**. Juiz de Fora - MG, 2003, 1ª Jornada de Ergonomia, Núcleo de Ergonomia e Segurança no Trabalho, NEST.

MASCARÓ, L.; MASCARÓ, J. **Vegetação Urbana**. Mais Quatro, Porto Alegre, 2005.

MASCARO, L. **Ambiência Urbana**. Porto Alegre: Sagra- D.C. Luzzato, 1996.

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

MONTEIRO, C. A. F. **Teoria e Clima Urbano**. IGEOG-USP, Série Teses e Monografias v.25, São Paulo, 1996.

MONTEIRO, L. M., ALUCCI, M. P **Questões teóricas de conforto térmico em espaços abertos: consideração histórica, discussão do estado da arte e proposição de classificação de modelos** . Revista Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 7, n. 3, p. 43-58, jul./set. 2007.

_____. **Teoria e clima urbano**. Tese de livre docência. Departamento da FFLCH-USP, São Paulo, 1976.

MOARES, A., MONT'ALVÃO, C. R. **Approche systematique: appreciation, diagnostic, projection, evaluation, validation**. In: XXXVIIIème Congrès de la SELF, 2003, Paris. 15 ans d'évolution. Actes du XXXVIIIème Congrès de la SELF. Paris: SELF, 2003. v.1. p.593 – 599.

_____. **Ergonomia: conceitos e aplicações**. Rio de Janeiro, Editora: 2AB, 2000.

NAGARA, K.; SHIMODA, Y.; MIZUNO, M. **Evaluation of the thermal environment in an outdoor pedestrian space**. *Atmospheric Environment*. v. 30. n.3, p. 497- 505, 1996.

NAKATA, C. M.; SOUZA, L. C. L. **Contribuição térmica da geometria urbana e da arborização em um bairro residencial**. In: IX Encontro Nacional e V Encontro Latino-Americano de Conforto no Ambiente Construído. Ouro Preto, ANTAC-UFMG, 2007.

NAKATA, C M. Projeto CEU – **Consumo de energia urbana: Fase de expansão e armazenamento de dados sobre vegetação**. Projeto CEU. Relatório Final, PIBIC-CNPq-UNESP, 2005/2006.

OKE, T. R. **Boundary-Layer Climates**. 2. ed. London: Routledge, 1987.

_____. **Canyon geometry and the nocturnal urban heat island: comparison of scale model and field observations**. *Journal of Climatology*, 1(1-4), 237-254, 1981.

_____. **Boundary-Layer Climates**. London: Methuen & Co., 1978.

_____. **The Distance Between Canopy and Boundary-Layer Urban Heat Island**. *Atmosphere*, 237-237, 1976.

OLIVEIRA, P. M. P. **Cidade Adequada ao Clima – A Forma urbana como Instrumento de Controle do Clima Urbano**. Editora UnB, Brasília, 1988.

_____. **Metodologia do desenho urbano considerando os atributos bioclimatizantes da forma urbana e permitindo o controle do conforto ambiental, do consumo energético e dos impactos ambientais**. IA-UnB, 1993.

ORNSTEIN, S. **Avaliação pós-ocupação (APO) do ambiente construído**. Editora da Universidade de São Paulo-Studio Nobel, São Paulo, 1992.

PEDROTTI, F. S. **Fase B – Expansão da coleta e armazenamento de dados de consumo de energia**. Relatório Final de Pesquisa – Projeto CEU. PIBIC-CNPq, 2003/2004. Bauru, UNESP.

PEDROTTI, F. S. **Fase B – Expansão da coleta de dados de consumo de energia e armazenamento**. Projeto CEU. Relatório final de pesquisa, PIBIC-CNPq-UNESP 2004/2005.

PEZZUTO, C.C. **Avaliação do ambiente térmico nos espaços abertos. Estudos de caso em Campinas, SP**. (Tese de Doutorado na FECA – UNICAMP) UNICAMP, 2007.

POSTIGO, C.P.; SOUZA, L.C.L. **Ambiente térmico urbano: verticalização, acesso solar e formação de ilhas de calor**. In: IX Encontro Nacional e V Encontro Latino-Americano de Conforto no Ambiente Construído. Ouro Preto, ANTAC-UFMG, 2007.

POSTIGO, C. P. **Projeto CEU – Consumo de energia urbana: Fase de expansão e armazenamento de dados sobre insolação**. Projeto CEU. Relatório Final, PIBIC-CNPq-UNESP, 2005/2006

RUAS, A. C.; LABAKI, L. C. **Contribuição à aplicação prática das normas internacionais na avaliação do conforto térmico.** In: V ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, Fortaleza, 1999. Anais... Fortaleza: ANTAC, 1999.

SOUZA, L. C. L. **A quadra como condicionante do consumo de energia elétrica.** (Projeto de Produtividade em Pesquisa - CNPq 2006-2009). Bauru, 2009.

_____. **Consumo de Energia Urbano - Projeto CEU (Verificação da influência da geometria urbana no consumo de energia elétrica em edificações por modelagem de redes neurais artificiais).** Relatório CNPq. Bauru, 2007.

_____. **Verificação da adequação do fator de visão do céu como indicador da qualidade térmica e acústica urbana.** Relatório FAPESP. Bauru, 2006.

_____. **Influência da geometria urbana na temperatura do ar ao nível do pedestre.** 1996. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação da Ciências da Engenharia Ambiental, Universidade Federal de São Carlos. São Carlos.

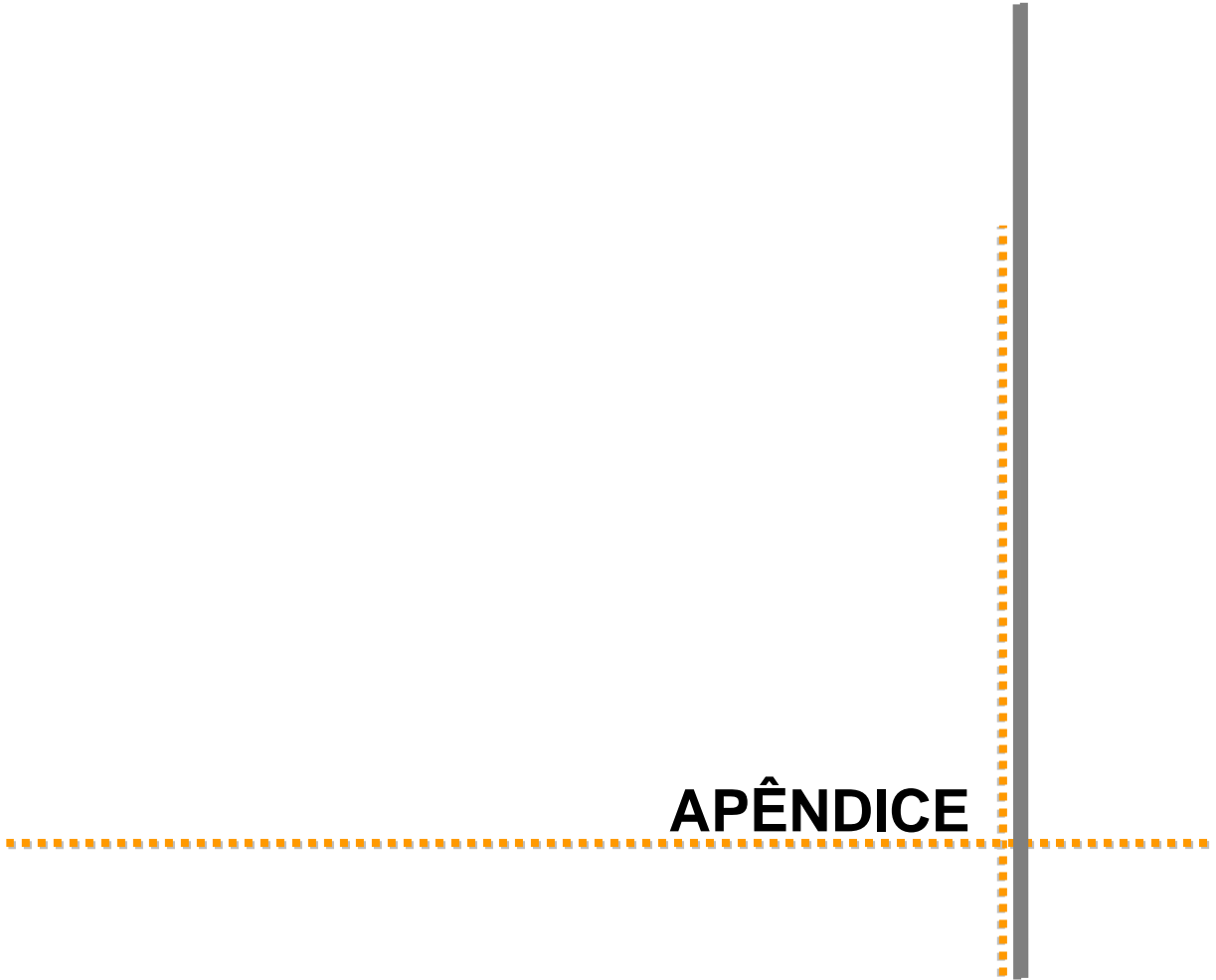
TENTE, C. M. **INFLUÊNCIA DE CARACTERÍSTICAS URBANAS NA TEMPERATURA DO AR.** Relatório final, PIBIC-CNPq-UNESP, 2008/2009.

TORRES, S.; BARBIRATO, G. **Qualidade bioclimática de espaços públicos urbanos: um estudo de caso em conjuntos habitacionais de Maceió – AL.** In: NUTAU 2004. Anais... São Paulo: NUTAU, 2004.

TOUDERT, F. A.; BENSALÉM, R. **A Methodology For a climatic Urban design.** In: **18th International Conference on Passive and Low Energy Architecture.** Florianópolis, 2001. p. 469.

YAMAGUTI, M. L. **(In)Eficiência energética em unidades residenciais: da implantação do edifício ao perfil sócio-econômico do usuário.** (Dissertação de mestrado Universidade Estadual Paulista- UNESP) UNESP, Bauru, 2007.

APÊNDICE





Questionário de Sensações Térmicas

Quest nº:

Local:	Horário:	Data:
1. Idade: <input type="checkbox"/> 0-13 anos <input type="checkbox"/> 14-17 anos <input type="checkbox"/> 18-25 anos <input type="checkbox"/> 26-35 anos <input type="checkbox"/> 36-45 anos <input type="checkbox"/> Maior de 46 anos		
2. Sexo: <input type="checkbox"/> Masculino <input type="checkbox"/> Feminino		
3. Mora no Bairro? <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não		
A entrevista foi realizada: <input type="checkbox"/> Sombra <input type="checkbox"/> Meia Sombra <input type="checkbox"/> Pleno Sol		
4. Que atividade o pedestre estava realizando antes da entrevista? <input type="checkbox"/> Sentado <input type="checkbox"/> Andando no plano <input type="checkbox"/> Andando na descida <input type="checkbox"/> Em pé parado <input type="checkbox"/> Andando na Subida <input type="checkbox"/> Correndo		
5. Que vestimentas está utilizando? <input type="checkbox"/> Camisa manga longa <input type="checkbox"/> Casaco algodão <input type="checkbox"/> Calça jeans <input type="checkbox"/> Sapato <input type="checkbox"/> Camisa manga curta <input type="checkbox"/> Casaco lã <input type="checkbox"/> calça comprida <input type="checkbox"/> Sandália <input type="checkbox"/> Blusa de lã <input type="checkbox"/> Jaqueta tecido..... <input type="checkbox"/> Tênis <input type="checkbox"/> Camiseta <input type="checkbox"/> Chinelo <input type="checkbox"/> Regata <input type="checkbox"/> Bermuda <input type="checkbox"/> Meia		
6. Acessório: <input type="checkbox"/> Boné/ Chapéu <input type="checkbox"/> Sombrinha <input type="checkbox"/> Outro		
7. Com relação à sua sensação térmica, como você está se sentindo nesse momento? <input type="checkbox"/> Com muito calor <input type="checkbox"/> Com calor <input type="checkbox"/> Levemente com calor <input type="checkbox"/> Neutro <input type="checkbox"/> Levemente com frio <input type="checkbox"/> Com frio <input type="checkbox"/> Com muito frio		
8. De que maneira você se encontra nesse momento? <input type="checkbox"/> Confortável <input type="checkbox"/> Razoavelmente confortável <input type="checkbox"/> Desconfortável		
9. Neste momento você prefere estar se sentindo: <input type="checkbox"/> Bem mais aquecido <input type="checkbox"/> Mais aquecido <input type="checkbox"/> Um pouco mais aquecido <input type="checkbox"/> Assim mesmo <input type="checkbox"/> Um pouco mais refrescado <input type="checkbox"/> Mais refrescado <input type="checkbox"/> Bem mais refrescado		



Monitoramento Microclimático

Quest nº:

Local:	Horário:	Data:	
Psicômetro			
Temp. Bulbo Seco:		Temp. Bulbo Úmido:	
Umidade:			
Anemômetro			
Temperatura do Ar:			
Velocidade Média do Vento:		Duração:	
Velocidade Mínima do Vento:			
Velocidade Máxima do Vento:			
Termômetro Infravermelho			
Frontal:		Posterior:	
Esquerda:		Direita:	
Superior:		Inferior:	
Vegetação:	<input type="checkbox"/> Inexistente	<input type="checkbox"/> Pouca	<input type="checkbox"/> Densa
Superfícies Próximas			
Materiais:			
Cores:			
Observações:			