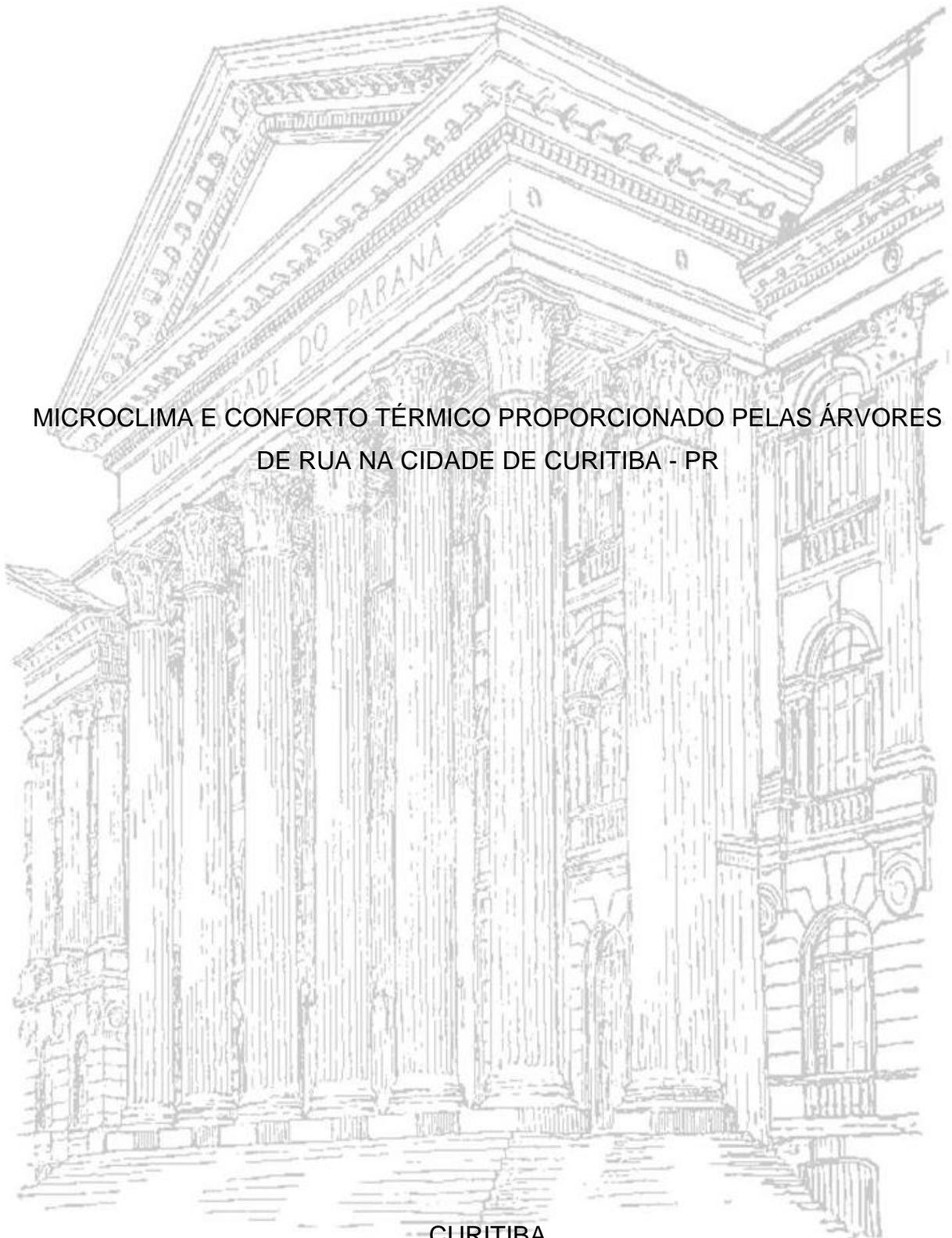


UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

ANGELINE MARTINI

MICROCLIMA E CONFORTO TÉRMICO PROPORCIONADO PELAS ÁRVORES
DE RUA NA CIDADE DE CURITIBA - PR



CURITIBA

2013

ANGELINE MARTINI

MICROCLIMA E CONFORTO TÉRMICO PROPORCIONADO PELAS ÁRVORES
DE RUA NA CIDADE DE CURITIBA - PR

Dissertação apresentada como requisito parcial à
obtenção do grau de Mestre em Engenharia Florestal,
Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal,
Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do
Paraná.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Daniela Biondi
Co-orientador: Prof. Dr. Antonio Carlos Batista

CURITIBA
2013

Ficha catalográfica elaborada por Denis Uezu – CRB 1720/PR

Martini, Angeline

Microclima e conforto térmico proporcionado pelas árvores de rua na cidade de Curitiba, PR/ Angeline Martini. – 2013
129 f. : il.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Daniela Biondi

Coorientador: Prof. Dr. Antonio Carlos Batista

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal. Defesa: Curitiba, 04/02/2013.

Área de concentração: Conservação da Natureza.

1. Arborização das cidades. 2. Arborização das cidades – Curitiba (PR). 3. Microclimatologia. 4. Conforto térmico. 4. Teses. I. Biondi, Daniela. II. Batista, Antonio Carlos. III. Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Agrárias. IV. Título.

CDD – 582.2

CDU – 634.0.273



Universidade Federal do Paraná
Setor de Ciências Agrárias - Centro de Ciências Florestais e da Madeira
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal

PARECER

Defesa nº. 952

A banca examinadora, instituída pelo colegiado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, do Setor de Ciências Agrárias, da Universidade Federal do Paraná, após arguir o(a) mestrando(a) *Angeline Martini* em relação ao seu trabalho de dissertação intitulado "**MICROCLIMA E CONFORTO TÉRMICO PROPORCIONADO PELAS ÁRVORES DE RUA NA CIDADE DE CURITIBA - PR**", é de parecer favorável à **APROVAÇÃO** do(a) acadêmico(a), habilitando-o(a) ao título de *Mestre* em Engenharia Florestal, área de concentração em **CONSERVAÇÃO DA NATUREZA**.

Dr. Demóstenes Ferreira da Silva Filho
Universidade de São Paulo
Primeiro examinador



Dr. Alexandre França Tetto
Universidade Federal do Paraná
Segundo examinador

Dr. Daniela Biondi Batista
Universidade Federal do Paraná
Orientador e presidente da banca examinadora

Curitiba, 04 de fevereiro de 2013.

Antonio Carlos Batista
Coordenador do Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal
Carlos Roberto Sanquetta
Vice-coordenador do curso

Aos meus pais, Luiza e Nei,
pelo amor e educação.

Aos meus irmãos, Angélica e Luisnei,
pela união e aprendizado.

À Débora Weber (*in memoriam*),
pelo exemplo de amizade.

AGRADECIMENTOS

À Professora Daniela, pela oportunidade concedida há sete anos, que me permitiu descobrir o gosto e vocação pela pesquisa, por ter apostado e confiado em mim, pelo convívio, orientação, aprendizado, conselhos e amizade, por ser um exemplo de vida, ética e profissional.

Ao professor Batista que também me acolheu ao longo desses anos, pela co-orientação, paciência, conselhos e ensinamentos.

À minha equipe de campo, Kendra e Wayne, sem os quais realmente nada disso seria possível. Ao Felipe, Jennifer, Mayssa e Everaldo, também pela ajuda de campo e por tantas outras coisas, incluindo o prazer da convivência.

Aos meus amigos, em especial a Desi, que participou de muitas coletas simplesmente para me ajudar, assim como a Maicheli e a Cristina. Não há prova de amizade maior do que ficar seis horas tomando conta de um equipamento, passando frio e/ou calor.

Ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal da Universidade Federal do Paraná, por possibilitar o desenvolvimento deste trabalho.

Ao CNPq pela bolsa de estudo concedida para realização desta pesquisa.

À Fundação Araucária de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Paraná pelo financiamento à compra dos equipamentos.

Ao Instituto SIMEPAR e INMET pela disponibilização dos dados meteorológicos.

Ao Ernandes pela confecção das baterias e ao Reinaldo e David, pela prontidão e colaboração.

À Luciana, por todo apoio e ensinamento técnico-científico. Ao Rogério e ao Professor Alexandre, pelas conversas, sugestões, cobranças e incentivos. Ao Seu João, por ter me recomendado à professora Daniela e pelo convívio diário.

À Camila, pela amizade duradoura e a Mahayana pela nova amizade.

Ao Caio, por me auxiliar nas diversas fases do trabalho, pelos anos de convivência, aprendizado, paciência e apoio.

Aos meus pais e irmãos, pela estrutura de vida, amor, suporte, cuidado, compreensão e por tudo que fizeram para que eu pudesse chegar até aqui.

A todos que contribuíram, o meu sincero, muito obrigada!

Somos uma espécie adaptável.

*Não seremos nós que alcançaremos Alpha Centauri e outras estrelas próximas.
Será uma espécie muito parecida conosco, porém, com mais de nossas forças e menos
de nossas fraquezas. Mais confiante, visionária, conhecedora, capaz e prudente.*

*Por todos nossos fracassos, apesar de nossas falhas e limitações, nós, seres
humanos, somos capazes de grandiosidades.*

Carl Sagan

RESUMO

A falta de um correto planejamento urbano aliado ao crescente aumento da população tem gerado diversos problemas no contexto socioambiental, dentre os quais estão as alterações climáticas, que modificam os índices de conforto térmico, prejudicando a qualidade de vida da população. O uso da vegetação tem sido uma das ferramentas indicadas para amenizar essas questões. Deste modo, o objetivo desta pesquisa foi avaliar a influência da arborização de ruas no microclima urbano e no conforto térmico da população de Curitiba. Para isto foram selecionados três locais, contendo um trecho de rua com e sem arborização. Cada local, apresentava diferentes espécies compondo os arranjos paisagísticos: *Tipuana tipu* (Benth.) Kuntze, *Handroanthus chrysotrichus* (Mart. ex A.DC.) Mattos e *Lafoensia pacari* A.St.-Hil. com *Parapiptadenia rigida* (Benth.) Brenan. Para o monitoramento das variáveis meteorológicas foram utilizadas mini-estações da marca Kestrel® e “medidores de stress térmico”, TGD-400. A coleta desses dados foi realizada em 2011 e 2012, nas quatro estações do ano, com campanhas de monitoramento. Um conjunto de equipamentos permaneceu na rua arborizada e o outro na rua sem arborização, utilizando-se dias diferentes para cada amostra. O período de coleta de dados foi das 9 às 15 horas e o intervalo de monitoramento foi a cada 1 minuto. As variáveis microclimáticas foram: temperatura, umidade relativa e velocidade do vento. A influência no conforto térmico foi analisada com o *Universal Thermal Climate Index* (UTCI), cuja eficiência foi testada por meio de entrevistas com transeuntes. Os resultados indicaram que a temperatura do ar em uma rua arborizada foi em média 1,7 °C menor do que uma rua sem arborização e a umidade relativa, maior em 6,9%. A forma e intensidade de influência na velocidade do vento variaram conforme o arranjo paisagístico. As diferenças microclimáticas entre as ruas arborizadas e sem arborização foram estatisticamente distintas entre as estações do ano e arranjos paisagísticos. A maior diferença de temperatura foi observada na estação do verão (2,5 °C) e a menor no inverno (1,2 °C). Para a umidade relativa, as diferenças ficaram entre 6,4% (primavera) e 5,6% (inverno) e para a velocidade do vento a maior diferença foi encontrada na estação do inverno (0,17 m/s). O arranjo paisagístico composto de *T. tipu* nos dois lados da rua foi o que proporcionou melhores resultados. Já o arranjo paisagístico composto de *H. chrysotrichus* proporcionou a menor influência no microclima. As ruas arborizadas apresentaram índices de conforto térmico melhores do que as ruas sem arborização, além de proporcionarem por mais tempo condições de conforto (69,8% do tempo). As ruas sem arborização registraram conforto térmico em 52,1% do tempo. Os valores médios do UTCI indicaram que a rua arborizada é “confortável” enquanto que a rua sem arborização apresenta “estresse por moderado calor”. A aplicação de questionários também indicou que a arborização de ruas proporciona melhores condições de conforto térmico. A porcentagem de acertos do UTCI foi de 58,9%. Os resultados encontrados enfatizam a importância da arborização de ruas para a cidade de Curitiba, pois esta proporciona microclimas mais confortáveis termicamente.

Palavras-chave: Arborização urbana. Índice de conforto térmico. UTCI. Temperatura do ar. Estações do ano.

ABSTRACT

The lack of city planning associated with the population growth has caused many problems in the socio-environmental context, among which are climate change, that modify the thermal comfort indexes, damaging the quality of life. The use of vegetation has been one of the tools indicated to mitigate these issues. Thus, the aim of this research was to evaluate the influence of the urban trees in the urban microclimate and in the thermal comfort of the Curitiba population. Thereunto, three sites containing a street stretch with and without trees were selected. Each location presents different species composing the urban landscaping: *Tipuana tipu* (Benth.) Kuntze, *Handroanthus chrysotrichus* (Mart. ex A.DC.) Mattos and *Lafoensia pacari* A.St.-Hil. with *Parapiptadenia rigida* (Benth.) Brenan. To monitoring the meteorological variables, mini-stations Kestrel® and heat stress monitor TGD-400 were used. The data was collected in 2011 and 2012, in the four seasons through of monitoring campaigns. A set of equipments remained in the street with trees and another in the street without trees, using different days for each sample. The data collection period was from 9 AM to 3 PM and the monitoring interval was every 1 minute. The microclimatic variables were: temperature, relative humidity and wind speed. The influence on thermal comfort was analyzed using the Universal Thermal Climate Index (UTCI), whose efficiency was tested through interviews with passersby. The results indicated that the air temperature in a street with trees was on average 1.7 °C lower than a street without trees and relative humidity higher by 6.9%. The shape and influence intensity on wind speed varied according to the landscaping. The microclimatic differences between the streets with and without trees were statistically different between the seasons and the landscaping. The greatest temperature difference was observed in the summer (2.5 °C) and lower in winter (1.2 °C). For relative humidity, the different ranged from 6.4% (spring) and 5.6% (winter) and for wind speed the greatest difference was found in the winter season (0.17 m/s). The landscaping made by *T. tipu* on both sides of the street was what provided the best results. While the landscaping made by *H. chrysotrichus* provided less influence on the microclimate. The streets with trees showed better thermal comfort indices than streets without trees besides providing longer comfort conditions (69.8% of the time). The streets without trees recorded thermal comfort in 52.1% of the time. The mean values of UTCI indicated that street with trees is "comfortable" while the street without trees shows "moderate heat stress". The form applications also indicated that urban trees provide better thermal comfort conditions. The percentage of correct answers of the UTCI was 58.9%. The results emphasize the importance of urban trees to the Curitiba city because it provides microclimates more comfortable thermally.

Keywords: Urban forestry. Thermal comfort index. UTCI. Air temperature. Seasons.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - BENEFÍCIOS DA ARBORIZAÇÃO URBANA EM UMA CIDADE	21
FIGURA 2 - DESCRIÇÃO DA SUBDIVISÃO DA ARBORIZAÇÃO URBANA	24
FIGURA 3 - DESCRIÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS QUE DEVEM SER OBSERVADAS NO PLANEJAMENTO DA ARBORIZAÇÃO DE RUAS	27
FIGURA 4 - LOCALIZAÇÃO GEOGRÁFICA DA CIDADE DE CURITIBA	43
FIGURA 5 - LOCALIZAÇÃO DAS AMOSTRAS DE ESTUDO NA CIDADE DE CURITIBA	47
FIGURA 6 - AMOSTRA ALTO DA RUA XV: A - RUA MAL. DEODORO (SEM ARBORIZAÇÃO); B- RUA FERNANDO AMARO (ARBORIZADA COM <i>Tipuana tipu</i>)	50
FIGURA 7 - AMOSTRA HUGO LANGE: A - RUA AUGUSTO STRESSER (SEM ARBORIZAÇÃO); B - RUA DR. GOULIN (ARBORIZADA COM <i>Handroanthus chrysotrichus</i>)	51
FIGURA 8 – AMOSTRA BACACHERI: A - RUA ESTADOS UNIDOS (SEM ARBORIZAÇÃO); B - RUA ESTADOS UNIDOS ARBORIZADA COM <i>Lafoensia pacari</i> E <i>Parapiptadenia rigida</i>	53
FIGURA 9 - APARELHOS UTILIZADOS: A - MINI-ESTAÇÃO KESTREL® 4200 POCKET AIR FLOW TRACKER; B - MEDIDOR DE ESTRESSE TÉRMICO, MODELO TGD-400	55
FIGURA 10 - CALENDÁRIO ILUSTRANDO AS SEMANAS CENTRAIS DE CADA ESTAÇÃO DO ANO	57
FIGURA 11 - VALORES EXTREMOS DAS VARIÁVEIS METEOROLÓGICAS ENCONTRADOS NAS RUAS EM CADA AMOSTRA E ESTAÇÃO DO ANO	69
FIGURA 12 - COMPORTAMENTO PERIÓDICO DA TEMPERATURA DO AR EM CADA AMOSTRA E ESTAÇÃO DO ANO.....	72
FIGURA 13 - COMPORTAMENTO PERIÓDICO DA UMIDADE RELATIVA DO AR EM CADA AMOSTRA E ESTAÇÃO DO ANO.....	75
FIGURA 14 - COMPORTAMENTO PERIÓDICO DA VELOCIDADE DO VENTO EM CADA AMOSTRA E ESTAÇÃO DO ANO.....	76

FIGURA 15 - COMPORTAMENTO DAS DIFERENÇAS MICROCLIMÁTICAS DE CADA ARRANJO PAISAGÍSTICO NAS DIFERENTES ESTAÇÕES DO ANO.....	82
FIGURA 16 - ARRANJO PAISAGÍSTICO 1: A - PERFIL DA RUA; B- VISTA DE TOPO.....	83
FIGURA 17 - ARRANJO PAISAGÍSTICO 2: A- PERFIL DA RUA; B - VISTA DE TOPO.....	84
FIGURA 18 - ARRANJO PAISAGÍSTICO 3: A - PERFIL DA RUA; B - VISTA DE TOPO.....	85
FIGURA 19 - VALORES EXTREMOS DO UTCI ENCONTRADOS NAS RUAS EM CADA AMOSTRA E ESTAÇÃO DO ANO.....	90
FIGURA 20 - COMPORTAMENTO PERIÓDICO DO UTCI NAS RUAS DA AMOSTRA ALTO DA RUA XV EM CADA ESTAÇÃO DO ANO	92
FIGURA 21 - TEMPO DE PERMANÊNCIA EM CADA CLASSE DE ESTRESSE DAS RUAS DA AMOSTRA ALTO DA RUA XV NAS QUATRO ESTAÇÕES DO ANO.....	93
FIGURA 22 - COMPORTAMENTO PERIÓDICO DO UTCI NAS RUAS DA AMOSTRA HUGO LANGE EM CADA ESTAÇÃO DO ANO	94
FIGURA 23 - TEMPO DE PERMANÊNCIA EM CADA CLASSE DE ESTRESSE DAS RUAS DA AMOSTRA HUGO LANGE NAS QUATRO ESTAÇÕES DO ANO.....	96
FIGURA 24 - COMPORTAMENTO PERIÓDICO DO UTCI NAS RUAS DA AMOSTRA BACACHERI EM CADA ESTAÇÃO DO ANO	97
FIGURA 25 - TEMPO DE PERMANÊNCIA EM CADA CLASSE DE ESTRESSE DAS RUAS DA AMOSTRA BACACHERI NAS QUATRO ESTAÇÕES DO ANO.....	98
FIGURA 26 - PORCENTAGEM DE SENSAÇÃO TÉRMICA INFORMADA NO MOMENTO DA ENTREVISTA E PORCENTAGEM DE PREFERÊNCIA TÉRMICA.....	102

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - DIAS, LOCAIS E PERÍODO DAS CAMPANHAS DE MONITORAMENTO EM CADA ESTAÇÃO DO ANO.....	58
TABELA 2 - ESCALA DE SENSAÇÃO E PREFERÊNCIA TÉRMICA SUGERIDA PELO PMV	59
TABELA 3 - CLASSES E NÍVEL DE ESTRESSE TÉRMICO DO UTCI.....	62
TABELA 4 - MÉDIA DAS VARIÁVEIS MICROCLIMÁTICAS NAS RUAS ARBORIZADAS E SEM ARBORIZAÇÃO E COMPARAÇÃO ESTATÍSTICA (TESTE T).....	64
TABELA 5 - MÉDIA DAS VARIÁVEIS METEOROLÓGICAS E ANÁLISE ESTATÍSTICA (TESTE T) ENTRE A RUA ARBORIZADA E SEM ARBORIZAÇÃO EM CADA ESTAÇÃO DO ANO.....	66
TABELA 6 - VALORES EXTREMOS DAS VARIÁVEIS METEOROLÓGICAS NAS RUAS ARBORIZADAS E SEM ARBORIZAÇÃO E TESTE T	68
TABELA 7 - DIFERENÇA MÉDIA DAS VARIÁVEIS METEOROLÓGICAS ENTRE AS RUAS COM E SEM ARBORIZAÇÃO POR ESTAÇÕES DO ANO	78
TABELA 8 - DIFERENÇA MÉDIA DAS VARIÁVEIS METEOROLÓGICAS ENTRE AS RUAS COM E SEM ARBORIZAÇÃO POR ARRANJOS PAISAGÍSTICOS E ESTAÇÃO DO ANO	80
TABELA 9 - MÉDIA DOS VALORES DO UTCI NAS RUAS ARBORIZADAS E SEM ARBORIZAÇÃO E COMPARAÇÃO ESTATÍSTICA (TESTE T).....	86
TABELA 10 - MÉDIA DOS VALORES DO UTCI ENTRE A RUA ARBORIZADA E SEM ARBORIZAÇÃO EM CADA AMOSTRA E ESTAÇÃO DO ANO	88
TABELA 11 - VALORES EXTREMOS DO UTCI ENCONTRADOS NAS RUAS ARBORIZADAS E SEM ARBORIZAÇÃO E TESTE T	89

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	15
1.1 OBJETIVOS	16
1.1.1 Objetivo geral	16
1.1.2 Objetivos específicos.....	16
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	18
2.1 ESPAÇO URBANO - O HOMEM, A VEGETAÇÃO E O CLIMA.....	18
2.1.1 A busca por qualidade de vida	18
2.1.2 Arborização das cidades	20
2.1.3 O clima urbano	22
2.2 ARBORIZAÇÃO DE RUAS E O MICROCLIMA	24
2.2.1 Arborização urbana: definições	24
2.2.1.1 Arborização de ruas	25
2.2.2 Influência das árvores no microclima	28
2.2.2.1 Escalas do clima urbano	29
2.2.2.2 Microclima urbano	32
2.3 CONFORTO TÉRMICO	34
2.3.1 Conceitos e definições	34
2.3.2 Variáveis que influenciam no conforto térmico	36
2.3.2.1 Variáveis de natureza ambiental	36
2.3.2.1.1 Temperatura do ar.....	36
2.3.2.1.2 Temperatura radiante média	37
2.3.2.1.3 Umidade relativa do ar	37
2.3.2.1.4 Velocidade do vento	38
2.3.2.2 Variáveis de natureza pessoal	38
2.3.2.2.1 Atividade física realizada	39
2.3.2.2.2 Vestimenta	39
2.3.3 Índices de conforto	40
2.3.3.1 Universal Thermal Climate Index – UTCI	41
3 MATERIAL E MÉTODOS	43
3.1 ÁREA DE ESTUDO.....	43
3.1.1 Caracterização climática	44
3.1.2 Caracterização da arborização.....	45
3.2 PONTOS DE AMOSTRAGEM	46
3.2.1 Processo de seleção	46
3.2.2 Localização das amostras	46
3.2.3 Caracterização das amostras.....	48
3.2.3.1 Amostra Alto da Rua XV.....	49
3.2.3.2 Amostra Hugo Lange.....	51
3.2.3.3 Amostra Bacacheri	52
3.3 COLETA DE DADOS	54
3.3.1 Equipamentos	54
3.3.2 Procedimentos metodológicos para a coleta das variáveis meteorológicas....	56
3.3.3 Dias de campanha	57
3.3.4 Entrevista com os transeuntes	58
3.4 PROCESSAMENTO E ANÁLISE DOS DADOS.....	60
3.4.1 Influência da arborização de ruas no microclima	60

3.4.2	Influência da arborização de ruas no conforto térmico	61
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	64
4.1	INFLUÊNCIA DA ARBORIZAÇÃO DE RUAS NO MICROCLIMA	64
4.1.1	Microclima das ruas com e sem arborização	64
4.1.2	Valores máximos e mínimos das variáveis meteorológicas	68
4.1.3	Comportamento periódico das variáveis meteorológicas	72
4.1.3.1	Temperatura e umidade relativa.....	72
4.1.3.2	Velocidade do vento.....	76
4.1.4	Diferenças microclimáticas entre as ruas	77
4.1.4.1	Estações do ano.....	78
4.1.4.2	Arranjos paisagísticos	80
4.2	INFLUÊNCIA DA ARBORIZAÇÃO DE RUAS NO CONFORTO TÉRMICO HUMANO	86
4.2.1	Conforto térmico nas ruas com e sem arborização	86
4.2.2	Valores máximos e mínimos do UTCI	89
4.2.3	Comportamento periódico do UTCI e duração do estresse térmico humano ..	92
4.2.3.1	Amostra Alto da XV	92
4.2.3.2	Amostra Hugo Lange.....	94
4.2.3.3	Amostra Bacacheri	97
4.2.3.4	Considerações gerais.....	99
4.2.4	Análise da eficiência do UTCI	101
4.2.4.1	Análise geral da percepção dos transeuntes.....	101
4.2.4.2	Percepção x UTCI	105
5	CONCLUSÃO	107
	REFERÊNCIAS.....	108
	APÊNDICES	125
	ANEXO	129

1 INTRODUÇÃO

O ambiente urbano encontra-se em uma constante e acelerada expansão, devido ao interesse incessante que os seres humanos têm em habitar essas áreas. Além do homem não estar mais habituado a depender e sobreviver do contato direto com a natureza, a facilidade com que as cidades proporcionam alimento, abrigo, locomoção e outras necessidades básicas, permite grande praticidade, indispensável nos dias atuais. No entanto, o aumento populacional das zonas urbanas, aliado à falta de planejamento adequado, têm provocado inúmeros problemas, principalmente no contexto social e ambiental.

As alterações climáticas são talvez os mais significativos impactos no ambiente urbano. Nas cidades é possível perceber que as áreas densamente construídas apresentam temperaturas mais elevadas quando comparadas ao seu entorno, criando “ilhas de calor urbano” (LEAL, 2012). Fenômeno que exerce grande influência na qualidade de vida da população. Por isso, tornam-se necessários os estudos sobre clima urbano, uma vez que o ser humano sempre está em busca de melhor qualidade de vida e conforto ambiental (CRUZ, 2009).

Muitos trabalhos apontam o uso da vegetação arbórea como fator amenizador dos problemas climáticos ocorrentes nas cidades. Leal (2012) afirma que o planejamento das florestas urbanas, contemplando a criação de parques, bosques e arborização de ruas, são as medidas mais eficientes para promover mudanças, principalmente no microclima urbano. Pois, quando a vegetação é bem distribuída, o balanço de energia de toda a cidade pode ser modificado pela adição de mais superfícies evaporativas, mais radiação absorvida pode ser dissipada na forma de calor latente e a temperatura urbana pode ser reduzida (YU; HIEN, 2006). Neste contexto, Huang *et al.* (2008a) afirmam que os estudos sobre o clima urbano devem ser estimulados, para auxiliar nas diversas decisões de planejamento ambiental e reabilitação de áreas urbanas.

Possivelmente, a forma mais direta e aplicada de auxiliar nesses processos de planejamento, seria analisar os benefícios microclimáticos que a cobertura arbórea proporciona ao homem, pela utilização de índices de conforto térmico, em

virtude destes índices refletirem o efeito combinado de todas as variáveis que influenciam na sensação térmica.

A cidade de Curitiba tem aspectos interessantes e características bem definidas para estudos de clima urbano, em virtude dos diferentes usos do solo e pela quantidade dos diferentes tipos de florestas urbanas com distribuição irregular em sua área intraurbana (LEAL, 2012). Além disso, embora a imagem da capital do estado do Paraná esteja associada a uma cidade modelo, principalmente nas questões ambientais, outros aspectos, entre eles os relacionados a alterações climáticas, ainda não foram abordados de forma incisiva no planejamento urbano e nem pela legislação vigente (ROSSI; KRÜGER, 2005).

É evidente que o conhecimento do comportamento das espécies em relação ao microclima e conforto térmico é importante para os planejadores e pesquisadores do ambiente construído, para que sejam incorporados no planejamento ou nas intervenções dos espaços abertos, aproveitando-se com inteligência os benefícios dos indivíduos arbóreos, visando a melhoria da qualidade de vida das pessoas (ABREU; LABAKI, 2010). Sendo assim, a presente pesquisa considerou a hipótese de que a arborização de ruas influencia no microclima urbano de modo a proporcionar melhores condições de conforto térmico.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo geral

O objetivo geral desta pesquisa foi avaliar a influência da arborização de ruas no microclima urbano e no conforto térmico da população de Curitiba.

1.1.2 Objetivos específicos

Os objetivos específicos foram:

- a) comparar o microclima de ruas arborizadas com o microclima de ruas sem arborização;
- b) analisar o comportamento periódico e os valores máximos e mínimos das variáveis meteorológicas entre as ruas arborizadas e sem arborização;

- c) quantificar a diferença microclimática entre as ruas, para cada estação do ano e arranjo paisagístico;
- d) comparar os índices de conforto térmico obtidos nas ruas arborizadas e sem arborização;
- e) analisar o comportamento periódico e os valores máximos e mínimos do índice de conforto entre a rua arborizada e sem arborização;
- f) comparar o tempo de permanência nas classes de conforto que as ruas arborizadas e sem arborização apresentaram;
- g) determinar a eficiência do índice de conforto térmico aplicado no estudo.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 ESPAÇO URBANO - O HOMEM, A VEGETAÇÃO E O CLIMA

2.1.1 A busca por qualidade de vida

O crescente aumento da população urbana, atrelado à expansão acelerada das cidades e sem o devido planejamento, muda o espaço urbano e gera diversos problemas nos aspectos socioambientais (MARTINI, 2011). Segundo Kántor e Unger (2010), o rápido crescimento da população mundial e a possibilidade de melhores ofertas de trabalho nas cidades são os responsáveis pelo aumento desenfreado do número de pessoas residindo em áreas urbanas.

Conforme o último Censo Brasileiro, 84,36% da população reside em zonas urbanas (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE), 2010). Na maioria destas áreas, ao longo do século passado, foi empregado um modelo urbano-industrial intensivo e predatório, que provocou mudanças socioespaciais drásticas no território e consequências ambientais graves, cujos impactos podem ser comparadas aos efeitos de grandes catástrofes naturais (FERNANDES, 2004).

O desenvolvimento dos espaços urbanos sem planejamento adequado atribui características insalubres à urbe, devido principalmente às ações antrópicas e seus efeitos (MARTINS *et al.*, 2011), além de provocar a supressão da vegetação para dar lugar aos equipamentos urbanos (LIMA NETO *et al.*, 2010). Desta forma, o processo de urbanização mundial gera uma sobrecarga na natureza, alterando toda a ecologia das cidades, o que constitui uma preocupação para todos os profissionais e setores ligados às questões ambientais (LOMBARDO, 1985).

Segundo Duarte e Serra (2003, p. 8):

Nos últimos anos muitas cidades são vistas como símbolos de crise ambiental. Os problemas relacionados ao meio ambiente urbano são os mais variados, tais como: excesso de ruído, emissão de poluentes no ar e na água, escassez de recursos energéticos e de água, falta de tratamento adequado de resíduos, alterações no regime de chuvas e de ventos, formação de ilhas de calor, inversão térmica, e aumento do consumo de energia para condicionamento artificial e transporte, etc..

As cidades deveriam conseguir suprir todas as necessidades básicas do homem, sejam elas culturais, sociais, econômicas ou ambientais. Porém, o que se vê hoje são infinidades de problemas ocasionados pelo planejamento mal sucedido ou a falta do mesmo. Para Morato, Kawakubo e Luchiari (2003), as questões que marcam a dinâmica atual dos centros urbanos são: poluição ambiental, condições de habitação, acesso à água e eletricidade, acesso à educação e aos serviços de saúde, problemas de fluxo do trânsito e de segurança. Já para Fernandes (2004), estas questões giram em torno da existência de serviços públicos insuficientes, distribuição desigual de equipamentos urbanos e comunitários, falta de áreas verdes, padrões inadequados de uso do solo e baixa qualidade técnica das construções. Unger (1999) abordando mais os aspectos ambientais cita: poluição do ar, ruído, odores, poluição luminosa e estresse térmico.

Com essa diversidade de fatores apontados, nota-se, que no espaço urbano nem sempre são oferecidas condições adequadas para que seus habitantes tenham qualidade de vida. Entende-se como qualidade de vida urbana, a capacidade do meio urbano em atender às necessidades da população (PASSERINO, 2004). Pode ser ainda entendido como o grau de satisfação das necessidades básicas para a vida humana, que possa proporcionar bem-estar aos habitantes de determinada fração do espaço geográfico (BORJA, 1997).

Esta qualidade de vida está diretamente ligada com a interferência da ação do homem no meio natural urbano (LOMBARDO, 1985). Neste sentido, vários trabalhos estão sendo realizados para melhor entender os ambientes urbanos e sugerir um planejamento adequado para esse crescimento, de modo que o cidadão possa ter condições de bem-estar e que o impacto ao ambiente seja o menor possível (KRAN, 2005). O objetivo central do planejamento urbano deve proporcionar o desenvolvimento sustentável das cidades e a melhoria da qualidade de vida de sua população, embora seja difícil planejar e ordenar as cidades submetidas a tais ritmos de crescimento, onde o improvisado/ informal supera o planejado/ formal (MONTEIRO, 2004).

Ainda assim, existe uma necessidade do homem, através de suas ações, de garantir a qualidade de vida adequada para ele e para outras formas de vida (SILVA, 2007). Exemplo disto é o uso da vegetação, que por meio de seus benefícios estéticos, sociais e ecológicos proporcionam melhores condições de vida para o ser humano dentro destes núcleos urbanos (MARTINI, 2011). E esta ação é bastante

antiga, faz parte da história do homem desde as primeiras civilizações (SILVA; PAIVA; GONÇALVES, 2007).

2.1.2 Arborização das cidades

A presença de vegetação nas cidades é essencial na estrutura e dinâmica da paisagem urbana, pois devido suas características, melhora a qualidade de vida da população e a condição ambiental das cidades (LIMA NETO, 2011). Conforme Biondi (2008), a arborização é um dos componentes bióticos mais importantes do meio urbano porque está diretamente relacionado com o conforto ambiental.

É inquestionável que árvores exercem um papel vital para o bem-estar das comunidades urbanas. Sua capacidade única de controlar muitos dos efeitos adversos do meio urbano contribui para uma significativa melhoria da qualidade de vida (VOLPE-FILIK; SILVA; LIMA, 2007). Nesta linha, Matos e Queiroz (2009), afirmam que as árvores fazem parte da vida humana, oferecendo alimentos, remédios, sombra e bem-estar, humanizando a cidade e melhorando a qualidade de vida de seus moradores. Desta forma, uma cidade arborizada é vista e lembrada como uma cidade agradável e bonita.

O costume de trazer para as cidades um pouco do ambiente natural, tem a finalidade de satisfazer as necessidades mínimas do ser humano (PEDROSA, 1983). Desta maneira, as árvores acabam por resgatar a natureza dentro do ecossistema urbano (LIMA NETO, 2011).

Segundo Di Clemente (2009), a vegetação é utilizada como um bom indicador de qualidade de vida da população, porque para desenvolver perfeitamente seus processos fisiológicos é necessário encontrar um ambiente favorável ao seu crescimento. Porém, sabe-se que dentro dos núcleos urbanos, as diferentes condições de desenvolvimento proporcionadas às espécies arbóreas, tais como impermeabilização, sombreamento, compactação do solo, alteração climática e ação predatória, dentre várias outras, são hostis ao seu desenvolvimento (FEIBER, 2005).

Embora sofra com a artificialidade antrópica, a arborização urbana não deixa de desempenhar seu importante papel para as cidades. Seja nas áreas verdes ou na arborização de ruas, a vegetação oferece inúmeros benefícios nos aspectos

ecológicos, estéticos e sociais (BIONDI, 2008). O detalhamento destes benefícios pode ser observado na FIGURA 1.



FIGURA 1 - BENEFÍCIOS DA ARBORIZAÇÃO URBANA EM UMA CIDADE
 FONTE: BIONDI (2008)

Grey e Deneke (1986) citam ainda, a redução do consumo de energia como benefício econômico indireto gerado pela vegetação nas áreas urbanas. Durante o verão, a sombra fornecida pelas árvores diminui a necessidade do uso de ar condicionado, e no inverno, quando existem espécies decíduas plantadas nas vias públicas, o uso de aquecedores se torna dispensável. Em regiões que dependem do uso de combustíveis fósseis para esfriamento e aquecimento dos ambientes internos, este benefício é ainda maior, uma vez que reduz a emissão de CO₂ e outros gases emitidos no processo de combustão.

Do ponto de vista do conforto ambiental, a vegetação exerce o papel de atenuação dos estímulos relacionados à propagação e percepção térmica, acústica e lumínica (DI CLEMENTE, 2009). Outro benefício significativo da presença da

arborização urbana é a capacidade de interceptação das chuvas, que reduz a taxa e o volume das enxurradas causadas pelas tempestades, contribuindo para o ciclo hidrológico e redistribuição da umidade (McPHERSON; SIMPSON, 2002). Cadornin e Mello (2011), além de citarem a contribuição da arborização urbana para o controle de enchentes e inundações, ressaltam sua grande importância para a manutenção da biodiversidade.

A redução significativa de gastos financeiros necessários para amenizar as condições estressantes da vida urbana e para proporcionar condições de conforto humano são outros acréscimos proporcionados pela vegetação urbana (KIELBASO, 1994).

As árvores têm um papel importante na qualidade de vida em ambientes urbanos (BIONDI; ALTHAUS, 2005). Segundo Abreu (2008), a falta de vegetação é um dos principais responsáveis pelas alterações do clima nos grandes centros urbanos, uma vez que as propriedades de regulação e melhoria do clima que elas oferecem é uma característica fundamental para garantir um clima urbano ideal.

2.1.3 O clima urbano

O processo de crescimento urbano acelerado e desorganizado tem desencadeado uma diversidade de impactos ambientais como reflexo à ocupação e às atividades antrópicas sobre o ambiente, dentre os quais se destaca a alteração do clima urbano (NASCIMENTO; OLIVEIRA, 2011). Para Dumke (2007), essa alteração tem como consequência a perda de qualidade de vida dos habitantes da cidade.

Para Cruz (2009), atender as necessidades dessa sociedade cada vez mais urbana, resulta em grandes mudanças na paisagem, o que acarreta em pressões sobre condicionantes do clima local. E isto provoca alterações no tempo atmosférico e em alguns casos gera variações climáticas, o que leva à formação de climas especiais dentro das áreas urbanas, com variações significativas mesmo dentro delas.

O clima é o resultado dinâmico de fatores globais (como latitude, altitude e continentalidade), locais (revestimento do solo e topografia) e elementos (como temperatura, umidade e velocidade dos ventos) que dão feição a uma localidade (BARBIRATO; SOUZA; TORRES, 2007). Logo, “clima urbano é um sistema que

abrange o clima de um dado espaço terrestre e sua urbanização” (MONTEIRO, 1976, p. 75).

O clima urbano é resultado da interação entre a sociedade e a natureza na cidade, e coloca em evidência as alterações do ambiente decorrentes das atividades humanas (MENDONÇA; DUBREUIL, 2005). Portanto, a interferência constante da ação humana no ambiente urbano é responsável diretamente pela formação do clima urbano e seus produtos (ROVANI *et al.*, 2010).

Segundo Biondi e Althaus (2005), nas cidades, a temperatura média anual, a velocidade do vento, a nebulosidade, os contaminantes e a precipitação são sempre mais altos do que os arredores devido principalmente a estrutura diversificada. Essa diferença entre o clima urbano e seus arredores ocorre devido a topografia urbana, a existência de construções, o fornecimento artificial de energia, a ausência de vegetação (BERNATZKY, 1980), o aumento da circulação de veículos e pessoas, a impermeabilização generalizada do solo, a canalização de córregos, além do lançamento de partículas e gases poluentes na atmosfera (AMORIM, 2000).

Romero (2001) complementa esta questão, afirmando que os materiais constituintes da superfície urbana possuem uma capacidade térmica mais elevada e são melhores condutores de calor do que os materiais das superfícies não construídas. E ainda, a morfologia urbana apresenta um aspecto mais rugoso gerando maior atrito entre a superfície e os ventos, além de atuar como refletora e radiadora, aumentando os efeitos da radiação incidente. Esses fatores atuam e modificam a intensidade de radiação solar, a temperatura, a umidade relativa do ar, a distribuição do vento, a precipitação e outros fatores (BERNATZKY, 1980).

Condições climáticas urbanas, inadequadas, resultam em perda da qualidade de vida para a população e aumentam o consumo de energia para o condicionamento térmico das edificações (DUMKE, 2007). Desta forma, o desenvolvimento de pesquisas sobre clima urbano pode auxiliar o planejador urbano, gerando possibilidade de trabalhar alternativas de organização dos espaços urbanos, não apenas nos critérios técnicos e de desenho, mas principalmente em critérios ambientais, como o de conforto térmico dos ambientes urbanos (BARBIRATO; SOUZA; TORRES, 2007).

2.2 ARBORIZAÇÃO DE RUAS E O MICROCLIMA

2.2.1 Arborização urbana: definições

Toda a vegetação, independente de porte, que compõe o cenário ou a paisagem urbana é definida como arborização urbana (BIONDI, 2008). Para Grey e Deneke (1986), é o conjunto de terras públicas e privadas com vegetação predominantemente arbórea. Já, Abreu (2008) a define como o conjunto da vegetação arbórea de uma cidade, seja natural ou cultivada. De qualquer forma, no sentido literal da palavra, refere-se ao plantio de árvores em uma área urbana (MILANO, 1991).

“A arborização urbana representa a vegetação mais próxima dos habitantes da cidade, e às vezes, pode ser a única vegetação que o homem tem acesso” (BIONDI, 2008, p. 9). Tecnicamente, pode ser subdividida em áreas verdes e arborização de ruas, como mostra a Figura 2 (MILANO, 1991; BIONDI, 2008; LIMA NETO, 2011; BOBROWSKI, 2011a).



FIGURA 2 - DESCRIÇÃO DA SUBDIVISÃO DA ARBORIZAÇÃO URBANA
 FONTE: BIONDI (2008)

Segundo Biondi (2008), além das categorias de áreas verdes descritas na FIGURA 2, existem as unidades de conservação em áreas urbanas, denominadas Áreas de Proteção Ambiental Municipal e Reservas Particulares de Patrimônio Natural Municipal. Estas, geralmente são áreas extensas, com certo grau de antropização, dotadas de atributos abióticos, bióticos, estéticos ou culturais especialmente importantes para a qualidade de vida e o bem-estar das populações humanas.

Conforme Martini (2011) é cada vez mais difícil encontrar nas cidades espaços para a criação de áreas verdes, devido a competição com os equipamentos urbanos. Por isso, as árvores plantadas ao longo das ruas que formam a arborização viária, são uma alternativa na busca pelo bem-estar da população.

2.2.1.1 Arborização de ruas

Santos e Teixeira (2001) dizem que cada cidade é uma paisagem, onde os elementos naturais e culturais se aliam. Mesmo que estes não sejam proporcionais, também não são indissociáveis.

Na configuração urbana é possível constatar três elementos de composição: o sistema viário, o lote e a edificação (PANERAI, 2006), sendo a via o principal espaço livre de uso público (ROMERO, 2001). Entende-se aqui como sistema viário o local de encontro de fluxos de toda ordem – pessoas, mercadorias, veículos, informações – reunindo uma variada quantidade de atividades terciárias (comércio e serviços, cultura, lazer, educação, saúde, administração pública, turismo, etc.) (SILVA, 2009).

Conceitualmente,

Vias públicas são os canais de circulação ao longo dos quais o observador se locomove de modo habitual, ocasional ou potencial. Podem ser ruas, alamedas, linhas de trânsito, canais e ferrovias. Para muitas pessoas, são elas os elementos predominantes em sua imagem. Os habitantes de uma cidade observam-na à medida que se locomovem por ela, e, ao longo dessas vias, os outros elementos ambientais se organizam e se relacionam. (LYNCH, 1997, p. 52).

As ruas de uma cidade, planejadas ou não, marcam as áreas livres, entremeiam-se entre os espaços construídos e deixam fluir o trânsito (SANTOS; TEIXEIRA, 2001). O mesmo autor complementa que sendo largas ou estreitas,

pavimentadas ou empoeiradas, elas conduzem, situam e identificam os lugares e as pessoas.

Neste contexto, entende-se como arborização de ruas, ou viária, toda vegetação de porte arbóreo que acompanha as vias públicas, estando em calçadas laterais ou em canteiros centrais (SILVA, 2009). O que permite com que as árvores, os arbustos e outras plantas menores, também quando em conjunto, constituam elementos da estrutura urbana (MASCARÓ; MASCARÓ, 2009).

A arborização de ruas, além de ser um serviço público, é um patrimônio que deve ser conhecido e conservado para as futuras gerações. A sua existência deve ser sempre celebrada principalmente pela sua contribuição ao conforto ambiental, ao bem-estar psíquico e psicológico da população urbana e a beleza que proporciona à cidade. (BIONDI; ALTHAUS, 2005, p.1).

Para Silva (2009), a arborização viária tem por objetivo bloquear a incidência dos raios solares nas áreas pavimentadas e construídas como estratégia para o controle da temperatura nos centros urbanizados. Santos e Teixeira (2001) citam como benefícios da arborização de vias públicas as seguintes ações: captação e/ou retenção de material particulado, adsorção de gases, reciclagem de gases através dos mecanismos fotossintéticos, melhoria da qualidade do ar, redução dos níveis de ruído, equilíbrio do microclima urbano, proteção à avifauna, conforto lumínico e ambiental. Esses fatores, segundo Lima (2009) variam com o tipo de vegetação, porte, idade, período do ano e formas de associação dos vegetais.

Os benefícios descritos são mais eficientes quando a arborização de ruas é devidamente planejada, considerando-se as características locais, as características das espécies, o planejamento do plantio e a manutenção e monitoramento das árvores, além da execução de programas de conscientização ambiental antes da realização dos plantios (MILANO, 1987; NUNES; AUER, 1990; BIONDI; ALTHAUS, 2005). A correta escolha das espécies para utilização na arborização urbana é de fundamental importância no sentido de se evitar problemas futuros da árvore com o ambiente construído ou vice-versa (BACKES; FERNANDEZ, 1990).

Na composição da arborização de ruas são usadas árvores ornamentais, selecionadas por suas qualidades particulares de tamanho, forma, textura e cor das folhas, flores e frutos (HARRIS, 1992). Para planejar a arborização de ruas é preciso escolher a árvore certa para o lugar certo, sem perder os objetivos do planejador e nem atropelar as funções ou o papel que as árvores desempenham no meio urbano

(MILANO, 1994; BIONDI; ALTHAUS, 2005). De maneira resumida, as características que devem ser observadas quanto à espécie a ser plantada e o local de plantio podem ser observadas na FIGURA 3.



FIGURA 3 - DESCRIÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS QUE DEVEM SER OBSERVADAS NO PLANEJAMENTO DA ARBORIZAÇÃO DE RUAS
FONTE: BIONDI (2008)

Conforme Biondi (2008), o planejamento da arborização deve ser feito com muito cuidado para não prejudicar os componentes e as estruturas do meio urbano, tais como: levantamento e rachaduras nas calçadas, casa e muros; danos à rede elétrica; rachaduras e entupimentos nas redes subterrâneas; obstáculos na passagem de veículos e pedestres, bem como, não prejudicar as próprias árvores,

causando danos às raízes, mutilações ao tronco e deformação da copa devido principalmente às podas.

A falta do planejamento da arborização urbana tende a não propiciar o conforto físico e psíquico almejado, causando infortúnios e transtornos à população (SILVA FILHO *et al.*, 2002). Silva (2009) deixa isto bem claro quando afirma que os espaços vegetados dentro das cidades estão concentrados em grandes parques urbanos, onde é deixado de lado o tecido urbano para a implantação da arborização, o que gera um sistema viário empobrecido ambientalmente e desconfortável climaticamente. Segundo o mesmo autor, na maioria das cidades brasileiras não existem ações que visem a arborização urbana de forma estruturada, que insiram a vegetação nas vias públicas de forma a buscar microclimas mais confortáveis termicamente.

2.2.2 Influência das árvores no microclima

As árvores são citadas como os melhores reguladores climáticos existentes (LEAL, 2012). Entre outras funções, têm sido apontadas como elemento fundamental para minimizar os efeitos da alteração do clima provocado pelas ações humanas, o resfriamento do ar, o aumento da umidade relativa e as mudanças na ventilação (DIMOUDI; NIKOLOPOULOU, 2003). A utilização da vegetação é uma das estratégias recomendadas pelo projeto ambiental, para reduzir o consumo de energia, minimizar os efeitos da ilha de calor e da poluição urbana (LIMA, 2009).

Segundo Leal (2012), o planejamento da arborização urbana é uma das medidas mais eficientes para promover mudanças principalmente no microclima urbano. Neste planejamento devem-se considerar as concentrações dos serviços urbanos, que geram microclimas característicos das ilhas de calor, pois nestes locais há maior necessidade da concentração de vegetação.

A vegetação exerce diversos efeitos no microclima urbano (LIMA, 2009). No verão, funciona como um verdadeiro ar condicionado natural, pois melhora a temperatura do ar com a sua evapotranspiração (HEISLER, 1974). Grey e Deneke (1986) afirmam que uma árvore isolada pode transpirar em média 380 litros de água por dia, o que provoca um resfriamento equivalente ao de cinco aparelhos de ar condicionado médios, em funcionamento por vinte horas.

Streiling e Matzarakis (2003) demonstraram que um pequeno grupo de árvores, bem como uma única árvore, podem ter efeitos positivos no clima urbano. Silveira (1999) afirma que em áreas cobertas por vegetação, as temperaturas são menores do que o entorno desprovido de massa vegetal, isto porque a vegetação diminui a absorção por radiação e, portanto, diminui a dissipação de calor por ondas longas. Souch e Souch (1993) em estudo de diferentes espécies e condições de plantio verificaram uma redução na temperatura e um aumento na umidade do ar sob a folhagem das árvores.

Gouvêa (2002), na estação seca, comparou a temperatura entre a superfície exposta à insolação direta e à sombra (sob as árvores), encontrando uma diferença de 10 °C a 1,20 m do solo, e de até 23 °C sobre o piso de grama. Com estes resultados, o autor sugeriu a implantação de caminhos sombreados com vegetação arbórea, de copa perene e compatível com os sistemas viário e de infraestrutura, além de considerar a orientação solar das vias e o sombreamento nas faixas de rolamento, de maneira a reduzir sua temperatura.

Nas questões relativas ao desempenho térmico, a vegetação apresenta menor capacidade calorífica e condutividade térmica do que os materiais dos edifícios e grande capacidade de absorção da radiação solar pelas folhas, resultando em menor reflexão (albedo baixo) (ROMERO, 2001). Assim, a sensação de bem-estar da pessoa em relação ao ambiente térmico, irá depender das características da espécie vegetal, do tipo de agrupamento entre indivíduos arbóreos, da composição de espécies em um tipo de agrupamento e do padrão resultante da composição e estrutura entre os indivíduos (BARTHOLOMEI, 2003).

2.2.2.1 Escalas do clima urbano

Os fenômenos relacionados ao comportamento da atmosfera podem ser compreendidos a partir de análises realizadas em função da sua extensão, duração, intensidade e frequência (ROSSATO, 2010). Portanto, segundo a mesma autora, as abordagens climáticas dependem da escala do estudo a ser realizado, vinculada à definição espaço-temporal e às técnicas utilizadas na pesquisa.

Para Higuera (2006), o clima se compõe de elementos e variáveis que o caracterizam de duas formas: espacial e temporalmente. Sendo que a caracterização espacial explica as diferenças regionais dos climas sobre a superfície

terrestre, na qual interagem fatores geográficos e astronômicos. Já a caracterização temporal depende do período de tempo que se estuda (dias, meses, estações, anos ou décadas).

Mendonça e Danni-Oliveira (2007) ressaltam que as ordens de grandeza, espacial e temporal, devem ser estudadas a partir da compreensão dos elementos (precipitação, temperatura e umidade) e fatores climáticos (latitude, longitude, maritimidade, continentalidade, vegetação e relevo). Uma vez que a combinação dinâmica desses aspectos irá influenciar na escolha da escala a ser utilizada.

Segundo Oke¹ (1984, citado por Oke, 2004), o clima nas áreas urbanas pode ser analisado em três diferentes escalas:

- a) microescala – escala típica dos microclimas urbanos, definidas pelas características dos elementos individuais: construções, árvores, estradas, ruas, pátios, jardins e outros. Pode variar de menos de um a centenas de metros;
- b) escala local – inclui os efeitos climáticos das características da paisagem, como a topografia, mas exclui os efeitos da micro-escala. Nas cidades, pode representar os bairros com características similares de desenvolvimento (cobertura do solo, tamanho e espaçamento dos edifícios e atividades). Pode variar de um a vários quilômetros;
- c) mesoescala – influencia no tempo e no clima de toda a cidade. Chega a dezenas de quilômetros de extensão e geralmente uma única estação meteorológica não é suficiente para representar essa escala.

Com base nessas descrições, pode-se caracterizar três níveis para diferenciar as escalas climáticas (RIBEIRO, 1993; MASCARÓ; MASCARÓ, 2009; ALMEIDA JR, 2005; TONIETTO; MANDELLI, 2003):

- a) o macroclima - também chamado de clima original ou clima regional (TONIETTO; MANDELLI, 2003), é resultado da interação entre a radiação solar, a curvatura da Terra e os seus movimentos de rotação e translação (RIBEIRO, 1993). Corresponde ao clima médio ocorrente num território relativamente vasto, exigindo, para sua caracterização dados de um conjunto de postos meteorológicos (TONIETTO; MANDELLI, 2003). Compreende áreas com distâncias acima de 2000 km (ANDRADE, 2010);

¹ OKE, T.R. Methods in urban climatology. In: **Applied Climatology**, Zürcher: Geograph. Schrift., v. 14, 1984, p. 19-29.

- b) o mesoclima - é resultado da interação entre a energia disponível (para o processo de evaporação e de geração de campos de pressão) e as feições do meio terrestre (RIBEIRO, 1993). Também é conhecido como clima local, que corresponde a uma situação particular do macroclima. Normalmente, é possível caracterizá-lo através dos dados de uma estação meteorológica, permitindo avaliar as possibilidades de uma cultura, do clima de floresta ou de uma vertente. A superfície abrangida por um mesoclima pode ser muito variável, podendo fazer referência à situações bastantes particulares do ponto de vista de exposições, declividade ou altitude por exemplo (TONIETTO; MANDELLI, 2003). Compreende distâncias entre 10 a 2000 km (ANDRADE, 2010);
- c) o microclima – resulta da interação entre os sistemas ambientais particulares na modificação dos fluxos de energia, umidade, massa e momentum (RIBEIRO, 1993). Corresponde às condições climáticas de uma superfície pequena e o termo genérico bioclima é utilizado para essa escala (TONIETTO; MANDELLI, 2003). Pode ir de alguns metros a 10 km (ANDRADE, 2010).

Com essa classificação, deve-se procurar identificar o clima por meio de uma divisão ordenada e hierárquica, de modo a permitir que cada uma dessas escalas possa ser correlacionada com a imediatamente superior e ou inferior (ALMEIDA JUNIOR, 2005).

Andrade (2010) lembra ainda que a escala espacial está conectada com a temporal, sendo que esta última representa o mínimo de observações a serem realizadas, baseada na grandeza espacial adotada. Por isso, a observação na escala macroclimática deve ir de várias semanas até vários decênios, a escala mesoclimática pode variar de algumas horas até alguns dias e, a escala microclimática, pode ter a duração de alguns minutos até um dia.

Conforme Silva (2009), a influência da vegetação se manifesta nas mais variadas escalas climáticas, porém para a configuração urbana de um lugar, o clima urbano tem, na escala microclimática, seu principal grau de interferência. A presença da vegetação nas áreas urbanas cria um microclima que difere daquele das áreas não plantadas (LIMA, 2009).

A vegetação contribui de forma significativa para o estabelecimento de um microclima mais confortável, tendendo a estabilizar os efeitos do clima sobre seus

arredores imediatos e reduzindo os extremos ambientais (SILVA, 2009). A autora cita ainda que os processos mais comuns pelos quais a vegetação interfere na composição do microclima são a amenização da temperatura e o aumento da umidade relativa do ar, por meio do sombreamento e, indiretamente, por evapotranspiração.

2.2.2.2 Microclima urbano

Cada cidade é composta por um mosaico de microclimas diferentes e o mesmo fenômeno que caracteriza o mesoclima urbano existe em miniaturas por toda a cidade (DUARTE; SERRA, 2003). Desta forma, o microclima é realçado quando fatores climáticos locais acentuam ou atenuam os fatores de origem externa, interferindo de forma decisiva no contexto macroclimático (MASCARÓ; MASCARÓ 2009).

O microclima urbano é um desvio climático das características singulares e reconhecíveis, que leva em consideração o efeito do homem sobre o entorno e as consequências que suas modificações exercem sobre o espaço urbano (MASCARÓ; MASCARÓ, 2009). A morfologia da cidade interfere e cria um microclima urbano distinto para cada local (SILVA, 2009). Nestes locais, ocorrem alterações significativas na propagação do som e da luz e no processo de materialização da forma, constituídos pelos efeitos térmicos, pelo equilíbrio energético-urbano, pelo vento, pelos espaços verdes e pela água como material de condicionamento (ROMERO, 2001).

Segundo Silva (2009), toda a configuração urbana contribui para a formação dos microclimas diferenciados no contexto da cidade. Quanto maior a área de concreto, asfalto e pavimentação (materiais com maiores coeficientes de absorção da radiação solar e emissão de energia térmica), e menor a cobertura vegetal, maiores são os ganhos de calor da massa edificada e maior emissividade da mesma para o espaço urbano, o que contribui para a existência de temperaturas mais elevadas, causando um maior desconforto para o usuário dos espaços urbanos.

Os materiais naturais substituídos pelos urbanos, que resultam na impermeabilidade dos solos e a canalização fechada de córregos provocam o aumento do escoamento superficial, que são os principais fatores responsáveis pelas enchentes urbanas (AMORIM, 2010). Além disso, a carência de vegetação

diminui o processo de evapotranspiração e, conseqüentemente, não há o resfriamento por evaporação na cidade (PINHO; ORGAZ, 2000).

Ainda no meio urbano, devido à emissão de poluentes, atividades industriais, desflorestamento e outras atividades antropogênicas, o processo de urbanização provoca alterações na atmosfera urbana, gerando “ilhas de calor” e “ilhas de frescor”, conforme a configuração da dinâmica do uso do espaço e resultando na diferenciação dos microclimas urbanos (PINHEIRO, 2012).

O termo ilha de calor se refere a uma anomalia térmica na qual a temperatura da superfície urbana se caracteriza por ser superior a da vizinhança rural (LOMBARDO, 1985; COLTRI *et al.*, 2007; OKE², 1987, citado por HAMADA; OHTA, 2010; CONTI, 2011).

Segundo Freitas, Caporusso e Lombardo (2006), o fenômeno definido como ilhas de calor, destaca-se entre os efeitos das transformações ambientais provocadas pela urbanização nas mudanças climáticas.

Para Lombardo (1985, p. 24):

A ilha de calor urbana corresponde a uma área na qual a temperatura da superfície é mais elevada que as áreas circunvizinhas, o que propicia o surgimento de circulação local. O efeito da ilha de calor sobre as cidades ocorre devido à redução da evaporação, ao aumento da rugosidade e às propriedades térmicas dos edifícios e dos materiais pavimentados.

Para Amorim (2010), as ilhas de calor provocam impactos negativos e afetam as pessoas de diversas maneiras. Este fenômeno está diretamente ligado ao conforto e a saúde dos indivíduos, seja por problemas relacionados ao calor, como o estresse térmico ou por problemas de doenças relacionados à qualidade do ar.

Desta forma, estudos sobre microclimas urbanos se tornam a cada dia mais importantes, embora, frequentemente, não sejam considerados no planejamento das cidades, tampouco tem sido dada a devida importância às condições climáticas urbanas resultantes da interação da natureza e da sociedade (DUMKE, 2007). A mesma autora afirma que o conhecimento das condições climáticas em diferentes localidades na cidade pode contribuir para a melhoria das condições de conforto humano dentro e fora das edificações, bem como para o uso racional da energia, colaborando com o desenvolvimento humano duradouro.

² OKE, T.R. **Boundary layer climates**. New York: Methuen, 1987. 435 p.

2.3 CONFORTO TÉRMICO

2.3.1 Conceitos e definições

O conforto térmico, junto com outros componentes como o ruído, a qualidade do ar e a luminosidade, constituem o conforto ambiental, uma importante área de investigação, onde se procura compreender de que forma as condições do meio influenciam, positiva ou negativamente na percepção de conforto humano (GONÇALVES *et al.*, 2007).

Entende-se como conforto térmico o estado em que um indivíduo não tem vontade de mudar sua interação térmica com o meio. Esta neutralidade térmica é um ideal de comodidade, como também de adequação, pois colabora para a eficiência na realização das atividades (SCHMID, 2005). Para Rivero (1985), há duas definições de conforto: "o conforto térmico de uma pessoa é aquela condição da mente que expressa satisfação com o ambiente térmico" e "o conforto térmico de um indivíduo se alcança quando as condições do meio permitem que o sistema termorregulador esteja em estado de mínima tensão".

O homem é um ser homeotérmico, assim, tende a manter, dentro de certas limitações, a temperatura interna do organismo relativamente constante, independente das condições climáticas (LAMBERTS; DUTRA; PEREIRA, 1997). Segundo García (1995), o conforto térmico consiste no conjunto de condições em que os mecanismos termorreguladores são mínimos, ou ainda, na zona delimitada por características térmicas em que o maior número de pessoas manifeste se sentir satisfeito com o meio.

Conforme Ruas (2002), o corpo humano é um sistema termodinâmico que produz calor e interage constantemente com o ambiente para obter o balanço térmico essencial à vida. Desta maneira, existe uma contínua troca de calor entre o corpo e o meio, regidos pelas leis da física e influenciados por mecanismos de adaptação fisiológica, por condições ambientais e fatores individuais. Deste modo, a sensação de conforto térmico está relacionada ao esforço realizado pelo organismo para manter o balanço térmico.

As trocas térmicas relacionadas ao corpo humano podem acontecer por trocas secas (condução, radiação e convecção) ou troca úmida (evaporação), sendo que o fluxo de energia térmica ocorre sempre do corpo com maior para o de menor

temperatura (FROTA; SCHIFFER, 2001). Roaf, Crichton e Nicol (2009) citam as seguintes variáveis que influenciam essas perdas ou ganhos de energia:

- a) convecção – depende da temperatura e da velocidade do vento junto à superfície do corpo;
- b) radiação – depende da temperatura das superfícies do entorno (temperatura radiante);
- c) condução – depende da temperatura da superfície, contribuindo pouco para a perda de calor;
- d) evaporação da umidade da pele – depende da quantidade de água no ar (umidade) e da velocidade do vento junto ao corpo.

Lyra (2007) faz algumas considerações importantes sobre a fisiologia humana relacionada ao ambiente:

- a) o ser humano é um animal homeotermo, que mantém a temperatura do seu corpo entre 36,5 °C e 37 °C. Esta temperatura interna do corpo é o resultado do equilíbrio entre a produção e a perda de calor. Quando ocorre maior produção de calor do que a perda, a temperatura do corpo aumenta e os sistemas termorreguladores são acionados: dilatação dos vasos sanguíneos da pele, sudorese e respiração arfante. Neste caso o indivíduo sente desconforto por calor;
- b) em situação contrária, se a perda de calor é maior que a produção, a temperatura do corpo diminui e os sistemas termorreguladores também são acionados: vasoconstrição da pele, estimulação dos nervos simpáticos para aumentar as taxas de metabolismo das células, tremores musculares, piloereção e aumento da produção do hormônio tireóideo (aumenta a taxa de produção de calor). Aqui o indivíduo sente desconforto por frio;
- c) o desconforto térmico, seja por frio ou por calor, influencia no desempenho de atividades e no grau de satisfação dos usuários de um determinado ambiente, podendo em situações extremas, afetar a saúde e levar à morte. Sob o ponto de vista fisiológico, a sensação de conforto térmico se daria, portanto, quando o corpo perdesse ou ganhasse calor sem ativar os mecanismos termorreguladores, ou seja, em um ambiente de neutralidade térmica.

Sabe-se, no entanto, que a percepção humana do clima e a sensação de conforto térmico devem-se não só a fatores fisiológicos, mas também psicológicos e culturais (DI CLEMENTE, 2009). Segundo Roaf, Crichton e Nicol (2009), o conforto térmico é uma resposta ao ambiente físico e ao estado psicológico do corpo, influenciado pela postura do indivíduo em relação ao ambiente que o cerca e suas experiências com ambientes térmicos.

2.3.2 Variáveis que influenciam no conforto térmico

Dois grupos de variáveis exercem maior influência no conforto térmico: as de natureza ambiental e as de natureza pessoal (LAMBERTS; DUTRA; PEREIRA, 1997; RUAS, 1999). De acordo com os mesmos autores, as variáveis de natureza ambiental são: a temperatura do ar, a temperatura radiante média, a umidade relativa do ar e a velocidade do vento. Já as variáveis de natureza pessoal são: o tipo de atividade física realizada (relacionada à taxa de metabolismo) e o tipo de vestimenta (relacionada ao nível de isolamento térmico).

2.3.2.1 Variáveis de natureza ambiental

2.3.2.1.1 Temperatura do ar

A temperatura do ar (T_a) é a variável ambiental mais conhecida e de mais fácil medição (LAMBERTS; DUTRA; PEREIRA, 1997). Deve ser levada em consideração nos estudos de conforto térmico para determinar a troca de calor por convecção entre a pessoa e o ambiente ao seu redor (XAVIER, 1999). Segundo Di Clemente (2009), a temperatura do ambiente é importante porque determina a velocidade com que o calor do corpo pode ser transferido para o meio, refletindo na facilidade com que o corpo pode regular e manter uma temperatura adequada.

Ayoade (2011) afirma que conforme o período do dia, a temperatura varia como resultado do aquecimento da superfície em função do ângulo de incidência da radiação. As temperaturas no início da manhã e no final da tarde são menores que no meio do dia. Entretanto, para uma mesma temperatura, a sensação de conforto térmico pode ser diferente em função de outras variáveis, tais como: o vento e a umidade relativa do ar (GIRALT, 2006; LIMA, 2009).

2.3.2.1.2 Temperatura radiante média

A temperatura radiante média (T_{rm}) pode ser definida como a temperatura uniforme de um ambiente imaginário, no qual a transferência de calor radiante do corpo humano é igual à transferência de calor radiante no ambiente real não uniforme (RUAS, 1999; XAVIER, 1999; LAMBERTS; XAVIER, 2002; BARTHOLOMEI, 2003). Segundo Xavier (1999), pode ser medida com um termômetro de globo negro, radiômetro de duas esferas, sensor esférico ou elipsoidal à temperatura do ar constante, através das temperaturas das superfícies ao redor do corpo humano, ou ainda das temperaturas radiantes planas determinadas nas seis direções ao redor do indivíduo. No entanto, o termômetro de globo negro é o dispositivo mais usual na determinação dessa variável.

Segundo Bartholomei (2003), quando o globo está em equilíbrio térmico com o ambiente, o calor trocado por radiação entre o globo e as superfícies próximas é igual ao calor trocado por convecção entre o globo e o ar. A temperatura do ar, confinado no globo é aproximadamente igual à temperatura da superfície do globo. Lima (2009) afirma que a temperatura radiante média de um ambiente em relação a uma pessoa, pode ser determinada a partir da temperatura superficial do globo, acrescidos dos valores de temperatura e velocidade do vento.

2.3.2.1.3 Umidade relativa do ar

A umidade relativa do ar (UR) é a razão entre a quantidade de vapor d'água que o ar contém e a quantidade máxima que poderia conter, à uma mesma temperatura, dada em porcentagem (SOARES; BATISTA, 2004). Tem grande influência no conforto térmico porque interfere na remoção do calor por evaporação. Quando a umidade do ar está baixa, o ar absorve a umidade da pele acelerando a evaporação da pele e seu resfriamento. Ao contrário, quando a umidade do ar está alta, parte da umidade passa para a pele, dificultando a remoção de calor por evaporação e o indivíduo passa a sentir calor (GONÇALVES, 2009; LIMA, 2009).

2.3.2.1.4 Velocidade do vento

O vento é o movimento do ar em relação à superfície da terra, gerado pela ação dos gradientes de pressão atmosférica (SOARES; BATISTA, 2004). As diferenças de temperatura entre as massas de ar provocam o seu deslocamento da área de maior pressão (ar mais frio e denso) para a área de menor pressão, proporcionando em uma região climática variações significativas na direção e velocidade do movimento do ar (LAMBERTS; DUTRA; PEREIRA, 1997).

A ação do vento é sentida pelas pessoas como força e velocidade à medida que aumenta a taxa de troca de calor com o exterior (MASCARÓ; MASCARÓ, 2009). Conforme Xavier (1999), em ambientes térmicos a velocidade do vento é considerada a magnitude do vetor velocidade do fluxo de ar no ponto de medição, a qual deve ser levada em consideração nos estudos de conforto térmico, devido à sua participação na transferência de calor por convecção e por evaporação na posição da pessoa.

2.3.2.2 Variáveis de natureza pessoal

As duas principais variáveis de natureza pessoal que influenciam no conforto térmico são o tipo de atividade física realizada e o tipo de vestimenta. No entanto, estas variáveis sofrem interferência de outras características humanas. As variações anatômicas de uma pessoa como idade, sexo, cor da pele, massa corporal e altura, interferem em seu conforto térmico, devido às diferenças metabólicas, absorção de calor e volumétricas existentes entre os indivíduos (GONÇALVES, 2009).

Segundo Giralt (2006), o metabolismo de uma pessoa idosa é mais lento do que o de uma pessoa jovem, o que faz as pessoas mais velhas preferirem temperaturas mais elevadas. As mulheres possuem uma taxa metabólica levemente mais lenta que os homens. Além disso, o formato do corpo também exerce influência nas preferências térmicas, pois uma pessoa magra e alta possui uma superfície corporal muito superior, podendo dissipar mais calor e tolerar temperaturas mais elevadas do que uma pessoa baixa e corpulenta de mesma massa corporal.

2.3.2.2.1 Atividade física realizada

A atividade física realizada está diretamente relacionada à taxa de metabolismo: quanto maior a atividade física, maior o calor gerado por metabolismo (LAMBERTS; DUTRA; PEREIRA, 1997; LIMA, 2009). Segundo os mesmos autores, através do processo metabólico o homem produz a energia, esta é consumida na manutenção das funções vitais e na realização de atividade muscular. O restante dessa produção é liberado na forma de calor, para manter o organismo em equilíbrio. Desta forma, o aumento do esforço físico realizado aumenta a taxa de metabolismo e, conseqüentemente, a liberação do calor (BARTHOLOMEI, 2003).

2.3.2.2.2 Vestimenta

A roupa utilizada pela pessoa é responsável pela resistência oferecida às trocas de calor sensível entre o corpo e o ambiente, através de seu isolamento térmico (RUAS, 1999; XAVIER, 1999; GONÇALVES 2009). Isto porque a pele troca calor por condução, convecção e radiação com a roupa e esta, troca calor com o ar por convecção e com outras superfícies por radiação (LIMA, 2009).

Segundo Gonçalves (2009) a vestimenta forma uma barreira resistente devido às variações de espessura e do tipo de tecido, aos ajustes e as partes cobertas do corpo. Permite a perda de calor pela transpiração e a retenção da umidade próxima ao corpo, prevenindo a desidratação. Diminui o processo de evaporação do suor em um grau que muda conforme a permeabilidade da roupa ao vapor d'água (LAMBERTS; DUTRA; PEREIRA, 1997).

Para Lima (2009), a resistência térmica da roupa é inversamente proporcional às suas trocas de calor com o meio. Assim, quanto maior a sua resistência térmica, menor serão suas trocas de calor. Essa resistência irá depender do tipo de tecido, fibra, do ajuste do corpo, entre outros. Por isso, em climas muito frios, as pessoas necessitam de roupas com maior resistência térmica para sentir conforto térmico (GIRALT, 2006). Já em climas quentes, a roupa precisa bloquear o calor e permitir a transpiração e posterior evaporação, esfriando o espaço entre a pele e a camada interna da roupa (GONÇALVEZ, 2009).

O isolamento térmico proporcionado pela vestimenta (I_{clo}) é medido em "clo", do inglês *clothing* (LAMBERTS; DUTRA; PEREIRA, 1997; LIMA, 2009).

2.3.3 Índices de conforto

Segundo Höppe (1999), o conforto térmico é mensurado com índices de conforto. Estes podem ser subjetivos, quando as respostas subjetivas e fisiológicas dos indivíduos são utilizadas como variáveis dependentes ou podem ser biofísicos, quando são baseados em princípios físicos de transferência de calor (GONÇALVES; VALLE; GARCIA, 2001). Esses autores afirmam que os índices subjetivos envolvem tratamentos estatísticos dos dados experimentais, julgando a satisfação ou insatisfação de uma determinada população, sendo questionável a aplicabilidade para outros contextos climáticos diferentes daqueles em que foram gerados.

Para Ruas (2002) o índice de conforto é um parâmetro que representa o efeito combinado das principais variáveis intervenientes. Por meio dele é possível avaliar a situação de conforto térmico de um ambiente, bem como obter subsídios para melhor adequá-lo às necessidades humanas.

Nos aspectos relativos ao conforto térmico, a avaliação de desempenho dos espaços implica na comparação de medições com critérios de desempenho pré-estabelecidos ou padrões de comparação, que podem ser caracterizados por índices ou normas técnicas existentes (REIS; LAY, 1995). Muitos estudos na área estão baseados no modelo de Fanger³ e, por meio destes e de outros estudos, conta-se, hoje, com alguns índices térmicos para ambientes externos que possibilitam a avaliação da situação de conforto e estresse térmico nestes ambientes (GIRALT, 2006).

Todos os índices de conforto térmico são frutos de pesquisas feitas há mais de 80 anos e baseiam-se em ambientes especiais – câmaras climatizadas – controlados e com capacidade de reproduzir condições climáticas variadas, ou em situações reais, utilizando pesquisas em campo – ambiente “real”. Nesses ambientes, são aplicados questionários aos usuários para coletar variáveis pessoais e suas sensações e preferências térmicas. As respostas são tratadas estatisticamente, resultando em gráficos, cartas e tabelas que mostram as diversas relações encontradas entre as sensações térmicas e as condições térmicas do ambiente, estabelecendo assim faixas ou zonas de conforto. (LYRA, 2007, p. 39).

Conforme Monteiro e Alucci (2005), no século XIX surgiram os primeiros estudos relacionados a estresse térmico em decorrência das condições insalubres

³ FANGER, P. O. **Thermal comfort**: analysis and applications in environmental engineering. New York: McGraw-Hill Book Company, 1972. 245 p.

de trabalho nas mineradoras e na indústria têxtil. Mas foi só no século XX que metodologias para o estudo do conforto térmico começaram a ser desenvolvidas.

Entre os índices de conforto térmico mais recente está o UTCI, *Universal Thermal Climate Index* (ROSSI, 2012). Este índice foi desenvolvido na Europa e tem sido amplamente adotado em avaliações referentes ao conforto térmico em ambientes externos.

2.3.3.1 Universal Thermal Climate Index – UTCI

A Sociedade Internacional de Biometeorologia, no ano de 2000, criou uma comissão (ISB *Commission 6*) para desenvolver um índice universal de conforto térmico, denominado *Universal Thermal Climate Index* (UTCI), com o objetivo principal de avaliar as condições térmicas de ambientes externos por meio da resposta fisiológica do corpo humano. A referida comissão definiu que o índice deveria ser termofisiologicamente válido, aplicável a todos os tipos de clima e independente das características pessoais dos indivíduos (INTERNATIONAL SOCIETY OF BIOMETEOROLOGY (ISB), 2003).

O índice foi elaborado com base no modelo termoregulatório multinodal desenvolvido por Fiala, Lomas e Stohrer (2001). Foram considerados neste modelo: o comportamento adaptativo em relação ao isolamento térmico a partir de estudos de campo desenvolvidos na Europa; a distribuição da roupa em diferentes partes do corpo e; a redução da resistência térmica e evaporativa da roupa, causada pelo vento e pelo movimento da pessoa andando a 4 km/h em superfície plana.

Segundo Bröde *et al.* (2010), o UTCI segue o conceito da temperatura equivalente. De acordo com esse conceito, a igualdade das condições fisiológicas é baseada na equivalência da resposta fisiológica dinâmica prevista pelo modelo para os ambientes real e de referência. Como essa resposta dinâmica é multidimensional (temperatura corporal, taxa de sudorese, temperatura da pele e outras, em diferentes tempos de exposição), um índice unidimensional foi calculado através da análise dos componentes principais. Assim, a temperatura UTCI equivalente para uma dada combinação das variáveis climáticas (vento, radiação, umidade e temperatura do ar) é definida como a temperatura do ar do ambiente de referência, que produz o mesmo valor de estresse térmico.

Têm-se para o ambiente de referência as seguintes definições: 50% de umidade relativa (UR), com pressão de vapor não excedendo 2 kPa (quilopascal); temperatura do ar (T_a) igual à temperatura radiante média (T_{rm}) e; velocidade do vento de 0,5 m/s, medida a 10 metros de altura (BRÖDE *et al.*, 2010). Deste modo, segundo Rossi, Krüger e Bröde (2012), o índice abrange as seguintes faixas climáticas:

- a) $-50\text{ °C} \leq T_a \leq 50\text{ °C}$;
- b) $-30\text{ °C} \leq T_{rm}-T_a \leq 70\text{ °C}$;
- c) velocidade do vento entre 0,5 e 30,3 m/s;
- d) UR de 5% a 100% (pressão de vapor máxima 5 kPa).

Os valores de UTCI entre 9 °C e 26 °C podem ser caracterizados como confortáveis. Valores mais altos indicam uma possibilidade crescente de estresse térmico para o calor, ao passo que valores menores indicam condições muito frias para conforto.

O UTCI é o mais recente modelo desenvolvido para avaliar o conforto térmico, além de ser um índice que pode ser aplicável a todos os tipos de clima, independente das características pessoais dos indivíduos (ROSSI, 2012). Os primeiros trabalhos no Brasil que utilizaram esse índice para a avaliação do conforto térmico de ambientes externos foram desenvolvidos na cidade de Curitiba, por Rossi, Krüger e Bröde a partir de 2009.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 ÁREA DE ESTUDO

O município de Curitiba, capital do estado do Paraná, está localizado na região sul do Brasil, no Primeiro Planalto Paranaense, a 934,6 m de altitude média (FIGURA 4). O marco zero da cidade situa-se na Praça Tiradentes, na latitude $25^{\circ} 25' 40''$ S e longitude $49^{\circ} 16' 23''$ W. Tem como limites os municípios de Colombo e Almirante Tamandaré, ao norte; Campo Magro, a noroeste; Campo Largo, a oeste; Araucária, a sudoeste; Fazenda Rio Grande, ao sul; São José dos Pinhais, a leste; e Pinhais, a nordeste (INSTITUTO DE PESQUISA E PLANEJAMENTO URBANO DE CURITIBA (IPPUC), 2011).

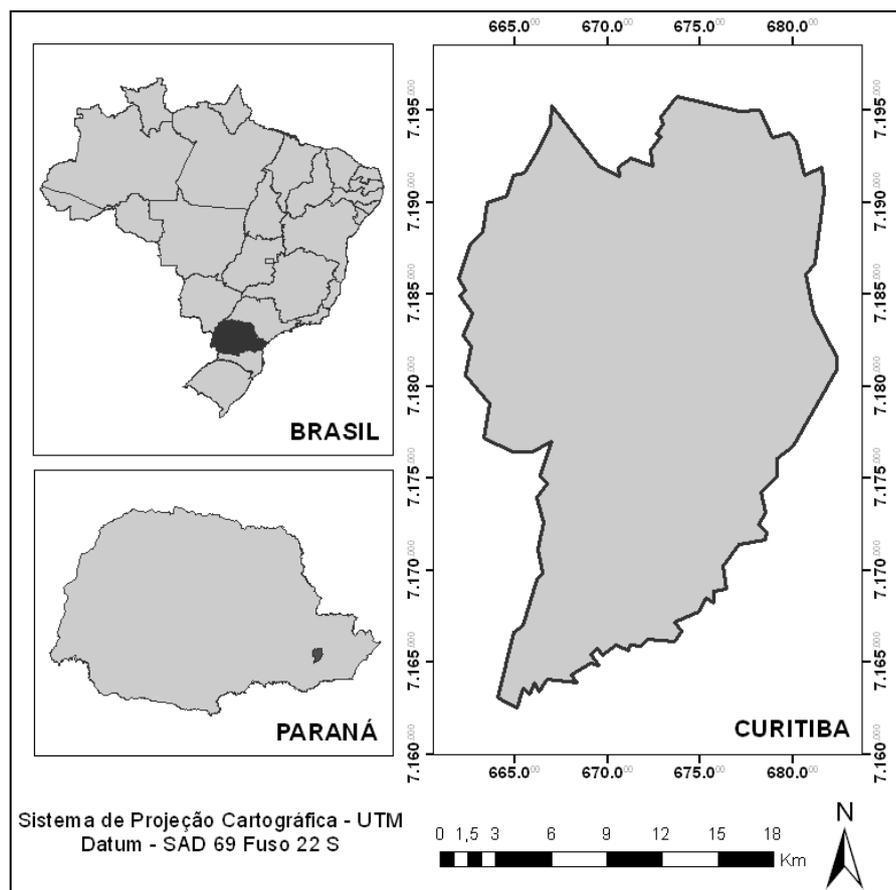


FIGURA 4 - LOCALIZAÇÃO GEOGRÁFICA DA CIDADE DE CURITIBA
 FONTE: IBGE (2012), elaborado pela autora

A cidade apresenta área total de 435,27 km², abriga uma população de 1.751.907 habitantes e é composta por 75 bairros, agrupados em nove regionais

administrativas: Bairro Novo, Boa Vista, Boqueirão, Cajuru, CIC, Matriz, Pinheirinho, Portão e Santa Felicidade (IPPUC, 2012a).

A topografia é ondulada com colinas suavemente arredondadas, dando-lhe uma fisionomia relativamente regular, resultado da existência de uma série de terraços escalonados dispostos em intervalos altimétricos. A geologia é composta por sedimentos da formação Guabirota, de origem flúvio-lacustre que preencheram uma antiga e grande depressão, formando a chamada bacia de Curitiba (IPPUC, 2012a).

3.1.1 Caracterização climática

O clima de Curitiba, segundo a classificação de Köppen, é do tipo Cfb, subtropical úmido, mesotérmico, sem estação seca, com verões frescos e invernos com geadas frequentes. Utilizando os dados do IPPUC (2012a), para a cidade de Curitiba, entre os anos de 1998 e 2010, obteve-se temperatura média de 17,8 °C, com variação média de 13,4 °C no mês mais frio, até 21,8 °C no mês mais quente. A precipitação anual média do período foi de 1403,30 mm, com média de precipitação no mês mais seco de 26,52 mm e no mês mais úmido de 251,42 mm. A umidade relativa média foi 79,4% e os valores das mínimas encontradas ficaram em torno de 29,5%. A média da velocidade do vento foi 2,04 m/s e as máximas encontrados foram de 11,4 m/s. Os ventos predominantes foram de Leste (E).

A cidade apresenta, ainda, uma considerável amplitude térmica diária e sazonal (MENDONÇA, 2001). Devido à sua posição e características topográficas - situada ao sul do Trópico de Capricórnio e em um planalto com altitude média de 934,60 m acima do mar - o verão é ameno e o inverno moderado com alguns dias mais rigorosos (IPPUC, 2011).

Segundo o Zoneamento Bioclimático Brasileiro, estabelecido pela NBR 15220/2005, Curitiba encontra-se na Zona Bioclimática 1, a mais fria das oito zonas climáticas brasileiras e que compreende a apenas 0,8% do território nacional (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT), 2005). No conjunto do país, quando se compara as condições térmicas, Curitiba é a capital brasileira na qual foram registradas as mais baixas temperaturas do ar, o que corrobora a consideração popular de que a cidade é “a capital mais fria do Brasil” (MENDONÇA; DANNI-OLIVEIRA, 2007; SCHMITZ; MENDONÇA, 2011). Desta forma, a cidade

apresenta desconforto térmico por frio durante a maior parte do ano, com maior intensidade no inverno (SCHMITZ; MENDONÇA, 2011).

Conforme Mendonça (2001), a atmosfera de Curitiba registra comumente a ocorrência de variados tipos de tempo num só dia ou estação, e esta é uma de suas mais expressivas particularidades, dando a impressão de se vivenciar as quatro estações do ano num mesmo dia ou mês.

3.1.2 Caracterização da arborização

Curitiba está inserida dentro da região fitogeográfica da Floresta Ombrófila Mista que compõe o Bioma da Mata Atlântica, entremeada por pequenos fragmentos de Estepe Gramíneo-Lenhosa (BOBROWSKI, 2011b).

De acordo com Biondi e Althaus (2005), o processo de introdução de árvores nas ruas da cidade teve início a partir do século XIX. Em 1873 houve a primeira sugestão e plantio de algumas espécies na arborização de ruas. Entretanto, apenas em 1938 estas recomendações foram mais elaboradas abrangendo maior diversidade de espécies e de forma específica para cada rua.

Segundo dados da Secretaria Municipal de Meio Ambiente (2008), no ano de 2005 a contribuição da cobertura arbórea correspondente à arborização de ruas foi de 2,48 m² por habitante. Estima-se que nas ruas de Curitiba existam aproximadamente 300.000 árvores, sendo a maior parte plantada pela administração municipal, mas com uma parcela significativa plantada pela própria população. A grande maioria das árvores plantadas nas ruas são exóticas, espécies que foram selecionadas para plantio ao longo do tempo, devido as características silviculturais já conhecidas e as experiências de arborização de outras cidades.

Segundo Bobrowski (2011b), atualmente as espécies arbóreas mais encontradas na arborização pública de Curitiba são: *Lagerstroemia indica* L. (extremosa), *Ligustrum lucidum* W.T. Aiton (alfeneiro), *Handroanthus chrysotrichus* (Mart. ex A.DC.) Mattos (ipê-miúdo), *Tipuana tipu* (Benth.) Kuntze (tipuana), *Handroanthus albus* (Cham.) Mattos (ipê-amarelo), *Lafoensia pacari* A.St.-Hil. (dedaleiro), *Parapiptadenia rigida* (Benth.) Brenan (angico), *Acer negundo* L. (acer), *Poincianella pluviosa* var. *peltophoroides* (Benth.) L.P.Queiroz (sibipiruna), *Cassia leptophylla* Vogel (falso-barbatimão), *Handroanthus heptaphyllus* (Martius) Mattos (ipê-roxo), *Hibiscus rosa-sinensis* L. (hibisco), *Melia azedarach* L. (cinamomo),

Syagrus romanzoffiana (Cham.) Glassman (jerivá) e *Libidibia ferrea* var. *leiostachya* (Benth.) L.P. Queiroz (pau-ferro).

3.2 PONTOS DE AMOSTRAGEM

3.2.1 Processo de seleção

De acordo com os objetivos do trabalho buscou-se encontrar na cidade de Curitiba ruas arborizadas localizadas próximas às ruas sem arborização. Para isto, além do conhecimento pré-existente sobre a cidade e expedições a campo, utilizou-se como ferramenta de apoio o Google Earth.

Na procura pelas áreas amostradas foram priorizadas as ruas que não desenvolveram o processo de verticalização e que apresentavam infraestrutura urbana mínima, isto é, construções de um só pavimento, ruas asfaltadas e passeios definidos. Somadas a estas características, existem poucas ruas sem arborização na cidade, o que resultou em um pequeno número de opções.

As áreas potenciais foram verificadas em campo, excluindo-se as amostras nas quais a rua arborizada era composta por espécies exóticas, não mais priorizadas pela Prefeitura. Tendo em vista aspectos visuais semelhantes entre as amostras, bem como a proximidade entre elas, foram definidas três amostras para a realização desta pesquisa. Cada amostra foi composta de um trecho de pelo menos 100 m (aproximadamente uma quadra) de uma rua arborizada e de uma rua sem arborização. Portanto, cada amostra apresentou dois pontos de amostragem, um no centro do trecho da rua arborizada e outro no centro do trecho da rua sem arborização.

3.2.2 Localização das amostras

As três amostras foram estabelecidas na porção leste do município de Curitiba (FIGURA 5), duas na Regional Matriz e uma na Regional Boa Vista.

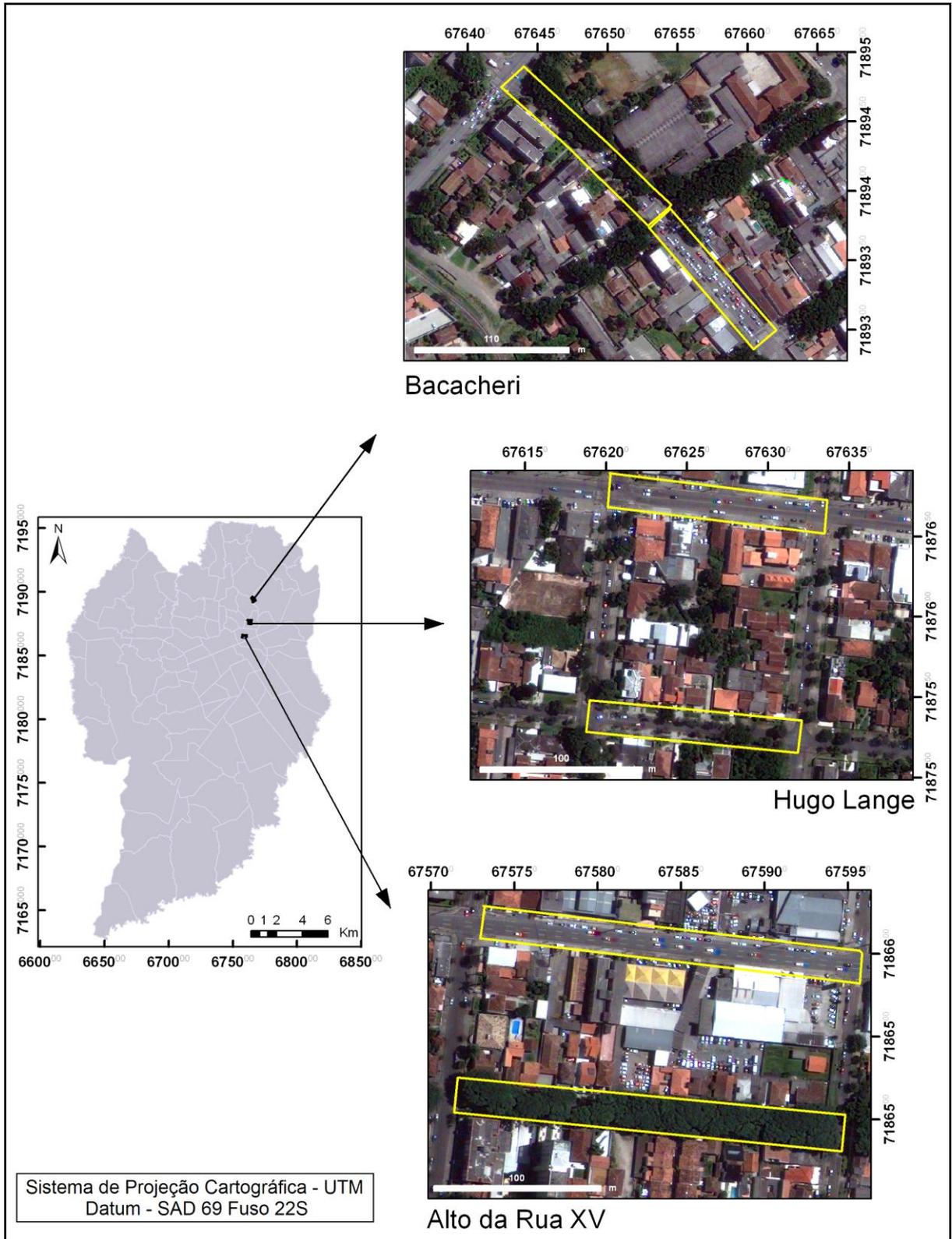


FIGURA 5 - LOCALIZAÇÃO DAS AMOSTRAS DE ESTUDO NA CIDADE DE CURITIBA
 FONTE: GeoEye (2009) e IPPUC (2012b), elaborado pela autora

A primeira amostra pertence a Regional Matriz e está localizada no bairro Alto da Rua XV. Fazem parte desta amostra os trechos das ruas Marechal Deodoro (sem arborização) e Fernando Amaro (arborizada), entre as ruas Atílio Bório e Schiller. O ponto de amostragem na rua Mal. Deodoro está situado nas coordenadas 25° 25' 39,24" S e 49° 15' 7,68" W e na rua Fernando Amaro nas coordenadas 25° 25' 42,78" S e 49° 15' 5,82" W.

A segunda amostra também pertence à Regional Matriz, está localizada no bairro Hugo Lange. Fazem parte desta amostra os trechos das ruas Augusto Stresser (sem arborização) e Doutor Goulin (arborizada) localizadas entre as ruas Padre Germano Mayer e Camões. O ponto de amostragem na rua Augusto Stresser está situado nas coordenadas 25° 25' 3,06" S e 49° 14' 50,4" W e na rua Doutor Goulin nas coordenadas 25° 25' 7,56" S e 49° 14' 50,52" W.

A terceira amostra pertence à Regional Boa Vista e está localizada no bairro Bacacheri. Fazem parte desta amostra dois trechos da rua Estados Unidos. O trecho sem arborização fica entre as ruas Nicarágua e Costa Rica, onde o ponto de amostragem está situado nas coordenadas 25° 24' 9,06" S e 49° 14' 40,56" W. Já o trecho arborizado fica entre as ruas Costa Rica e Canadá, onde o ponto de amostragem está situado nas coordenadas 25° 24' 5,40" S e 49° 14' 44,34" W.

3.2.3 Caracterização das amostras

De acordo com a Lei Municipal nº 9800/00, Curitiba está organizada em zonas e setores de uso e ocupação do solo, sendo que cada divisão apresenta características específicas (CURITIBA, 2000). Segundo o IPPUC (2012a), a regional Matriz é composta principalmente por estabelecimentos econômicos (43,9%) e apresenta as seguintes divisões de uso e ocupação do solo: zona central, zonas residências, zonas especiais, setores especiais e setor estrutural.

As duas amostras localizadas na regional Matriz são classificadas como Zona Residencial de Média Densidade (ZR-3). Nesta, são permitidos estabelecimentos de habitação, comércio e serviço e industriais, desde que sigam os seguintes critérios: porte da construção de até 100 m², taxa de ocupação máxima do lote de 50%, altura máxima de 3 pavimentos, recuo predial mínimo de 5 m e taxa de permeabilidade mínima de 25%.

A regional Boa Vista é composta principalmente por estabelecimentos domiciliares (72,0%) (IPPUC, 2012a) e apresenta as seguintes divisões de uso e ocupação do solo: zonas residências, zonas de serviços, zonas especiais, setor especial e zona de transição. A amostra localizada nesta regional é classificada como Zona Residencial de Média-alta Densidade (ZR-4), onde são permitidos estabelecimentos de habitação, comércio e serviço e industriais, desde que sigam os seguintes critérios: porte da construção de até 200 m², taxa de ocupação máxima do lote de 50%, altura máxima de 6 pavimentos, recuo predial mínimo de 5 m e taxa de permeabilidade mínima de 25%.

3.2.3.1 Amostra Alto da Rua XV

O trecho da rua Mal. Deodoro (FIGURA 6A) não apresenta arborização, possui pista de rolamento com 13 m de largura e calçadas com 2,4 m de cada lado. As calçadas são revestidas com placas de concreto e a pista de rolamento é asfaltada. Abriga estabelecimentos comerciais e residenciais em sua maioria, e as construções apresentam apenas um piso, mas pode se encontrar exceções de até quatro pisos (estas com recuo frontal). Em média, o tráfego de veículos observado entre as 9 e 15 horas é de 1500 carros por hora.

O trecho da rua Fernando Amaro (FIGURA 6B), é arborizado com *Tipuana tipu* (Benth.) Kuntze, conhecida popularmente por tipuana. Possui pista de rolamento de 7 m e calçadas com 5,40 m cada lado. As calçadas apresentam passeio de 2 m e faixa de canteiro contínuo com gramado, tanto próximo ao meio fio (1,8 m de largura) quanto próximo às divisas dos estabelecimentos (1,6 m de largura), o que proporciona uma área permeável de aproximadamente 30 m² na frente de cada residência. Os passeios são revestidos com placas de concreto (45 cm x 45 cm) e a pista de rolamento possui antipó. A rua abriga estabelecimentos residenciais, em sua maioria com apenas um piso. Todas as casas possuem recuo frontal e do lado ímpar há passagem de fiação elétrica* (0,8 m do centro da árvore). Em média, o tráfego de veículos observado entre as 9 e 15 horas é de 300 carros por hora.

* Para os profissionais da área de engenharia elétrica este termo se refere aos cabos da rede de distribuição de energia.

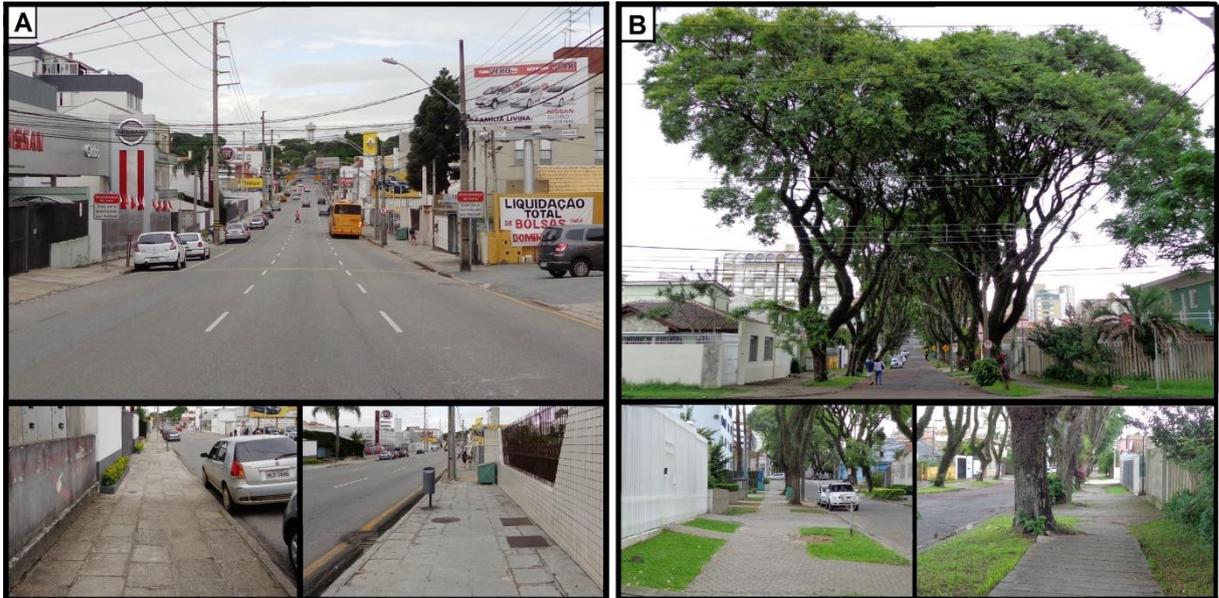


FIGURA 6 - AMOSTRA ALTO DA RUA XV: A - RUA MAL. DEODORO (SEM ARBORIZAÇÃO); B- RUA FERNANDO AMARO (ARBORIZADA COM *Tipuana tipu*)
 FONTE: O autor (2013)

Neste trecho existem 32 árvores distribuídas nos dois lados da pista de rolamento com plantio alternado, isto é, a árvore de um lado da rua se posiciona entre as árvores do lado oposto. As árvores foram plantadas a 1,5 m do meio fio com um espaçamento entre árvores de 9 m. Os exemplares arbóreos de grande porte apresentam as seguintes características: altura média de 20 m, Circunferência a Altura do Peito (CAP) média de 200 cm, altura média de bifurcação de 8 m e área média de copa de 200 m².

Tipuana tipu (Benth.) O. Kuntze (Fabaceae) é originária da América do Sul, mais especificamente da Bolívia, Argentina e sul do Brasil (BIONDI; ALTHAUS, 2005). Segundo os mesmos autores, é uma árvore de grande porte e caducifólia, cuja floração ocorre de novembro a março e a frutificação de abril a agosto. Lorenzi *et al.* (2003) afirma que o grande destaque dessa árvore é a copa densa e frondosa, formada por ramos recurvados. Backes e Irgang (2004) afirmam que a tipuana é uma das árvores mais plantadas no sul do Brasil. Por apresentar fuste curto e ramos divergentes e tortuosos formam enormes copas, que nas ruas estreitas se transformam em túneis verdes. Além disso, outros destaques da espécie são a intensa floração, que cobre as ruas e calçadas com pétalas amarelas, e os frutos alados que se dispersam pelo vento.

3.2.3.2 Amostra Hugo Lange

O trecho da rua Augusto Stresser (FIGURA 7A) não apresenta arborização, possui pista de rolamento com 12 m e calçadas com 4 m em ambos os lados. As calçadas são revestidas com pedra lousa (20 cm x 20 cm) e a pista de rolamento possui asfalto. Abriga estabelecimentos em sua maioria comerciais de apenas um piso. Em média, o tráfego de veículos observado entre as 9 e 15 horas é de 1800 carros por hora.

O trecho da rua Dr. Goulin (FIGURA 7B) é arborizado com a espécie *Handroanthus chrysotrichus* (Mart. ex A.DC.) Mattos (ipê-amarelo-miúdo), possui pista de rolamento de 7 m e calçadas com 6,2 m em ambos os lados. As calçadas apresentam passeio de 2 m e canteiro, com faixa contínua revestida por gramado, próximo ao meio fio com 1,1 m de largura e outra, próximo ao limite da residência, com 3,1 m de largura, o que juntas proporcionam uma área permeável de 38 m² na frente de cada residência. Os passeios são revestidos com pedra lousa (20 cm x 20 cm) e a pista de rolamento possui asfalto. Abriga estabelecimentos residenciais com apenas um piso. Todas as casas possuem recuo frontal e do lado par há passagem de fiação elétrica (2,4 m da árvore). Em média, o tráfego de veículos observado entre as 9 e 15 horas é de 300 carros por hora.



FIGURA 7 - AMOSTRA HUGO LANGE: A - RUA AUGUSTO STRESSER (SEM ARBORIZAÇÃO); B - RUA DR. GOULIN (ARBORIZADA COM *Handroanthus chrysotrichus*)

FONTE: O autor (2013)

Neste trecho existem 26 árvores distribuídas nos dois lados da pista de rolamento com plantio oposto, isto é, a árvore de um lado da rua se posiciona em frente à árvore do lado oposto. As árvores foram plantadas a 0,6 m do meio fio e com um espaçamento entre árvores de aproximadamente 7 m. Os exemplares arbóreos são de médio porte e apresentam as seguintes características: altura média de 8,5 m, CAP médio de 53 cm, altura média de bifurcação de 3 m, e área média de copa de 24 m².

Handroanthus chrysotrichus (Mart. ex A.DC.) Mattos (Bignoniaceae), popularmente conhecida como ipê-amarelo, ipê-amarelo-miúdo ou ipê-do-morro é uma espécie nativa da região de Curitiba, sendo muito utilizada na arborização (LORENZI, 2008). Ocorre na vegetação secundária das encostas da Floresta Atlântica, desde o estado da Paraíba até Santa Catarina (BACKES; IRGANG, 2004). Segundo estes autores, a espécie é bastante cultivada em cidades, especialmente em pequenos espaços, como calçadas e canteiros, onde entre seus atrativos estão às mudanças visuais verificadas durante todo o ano. A árvore fica desprovida de folhas no inverno, amplamente florida e amarela na primavera e foliada no verão. Sua floração inicia em agosto e estende-se até novembro e a frutificação vai de setembro a outubro.

3.2.3.3 Amostra Bacacheri

O trecho da rua Estados Unidos que não apresenta arborização (FIGURA 8A), possui pista de rolamento de 11 m de largura e calçadas com 4,5 m em ambos os lados. Os passeios são revestidos com placas de concreto (45 cm x 45 cm) e a pista de rolamento possui asfalto. A rua abriga estabelecimentos em sua maioria comerciais e de apenas um piso, mas pode se encontrar exceções de até dois pisos. Em média, o tráfego de veículos observado entre as 9 e 15 horas é de 1400 carros por hora. Em frente a alguns estabelecimentos há canteiros com faixa estreita de gramado, mas são exceções.

O outro trecho da rua Estados Unidos é arborizado com duas espécies, *Lafoensia pacari* A.St.-Hil. (dedaleiro) e *Parapiptadenia rigida* (Benth.) Brenan (angico) (FIGURA 8B). As calçadas apresentam passeio de 1,5 m e canteiro com faixa contínua de gramado próximo ao meio fio com 1,1 m de largura e outra, próxima ao limite da residência, com 1,9 m de largura, que juntas proporcionam uma

área permeável de 36 m² na frente de cada residência. Os passeios são revestidos com placas de concreto (45 cm x 45 cm) e a pista de rolamento possui asfalto. A rua abriga estabelecimentos residenciais, com apenas um piso. Todas as casas possuem recuo frontal e do lado ímpar há passagem de fiação elétrica (1 m do centro da árvore).



FIGURA 8 – AMOSTRA BACACHERI: A - RUA ESTADOS UNIDOS (SEM ARBORIZAÇÃO); B - RUA ESTADOS UNIDOS ARBORIZADA COM *Lafoensia pacari* E *Parapiptadenia rigida*
 FONTE: O autor (2013)

Neste trecho existem 9 exemplares de *Lafoensia pacari* no lado ímpar e 12 exemplares de *Parapiptadenia rigida* no lado par, sendo o plantio alternado. *Lafoensia pacari* foi plantada a 0,8 m do meio fio e com um espaçamento entre árvores de 9 m e *Parapiptadenia rigida* a 0,5 m do meio fio com um espaçamento entre árvores de 8 m. Os exemplares de *Lafoensia pacari*, de médio porte, apresentam as seguintes características: altura média de 8,5 m, CAP médio de 86 cm, altura média de bifurcação de 2 m e área média de copa de 20 m². Já os exemplares de *Parapiptadenia rigida*, de grande porte, apresentam as seguintes características médias: altura média de 14 m, CAP de 130 cm, altura média de bifurcação de 3,5 m, e área média de copa média de 80 m².

Lafoensia pacari A.St.-Hil. (Lythraceae) é uma espécie que ocorre naturalmente em Minas Gerais, São Paulo, Mato Grosso do Sul até Santa Catarina, nas florestas de altitude e no cerrado (LORENZI, 2008). Segundo o mesmo autor, a espécie é conhecida popularmente como dedaleiro, pacari, louro-da-serra e dedal e

apresenta boas características ornamentais, podendo ser utilizada no paisagismo, principalmente na arborização urbana. Biondi e Althaus (2005) afirmam ser esta a espécie mais adequada para a arborização de ruas de Curitiba, pois não apresenta problemas significativos com pragas e doenças, incompatibilidade com calçada e fiação aérea e apresenta uma massa foliar expressiva, além de apresentar poucas reclamações por parte dos munícipes. A floração da espécie ocorre entre outubro e dezembro e a maturação dos frutos durante os meses de abril e junho (LORENZI, 2008).

Parapiptadenia rigida (Benth.) Brenan (Fabaceae) é uma espécie nativa do Brasil, que ocorre naturalmente em Minas Gerais, Mato Grosso do Sul, São Paulo até o Rio Grande do Sul, sendo mais frequente nos estados sulinos (LORENZI, 2008). Segundo o mesmo autor a espécie é conhecida popularmente como angico e possui características ornamentais propícias para o paisagismo. Biondi e Althaus (2005) afirmam que esta foi uma das espécies mais plantadas em Curitiba, mas seu plantio nas ruas não é mais realizado. Essa interrupção se deve principalmente ao elevado porte que atinge na maturidade, exigindo manutenção cara e difícil de executar. Além disso, suas raízes laterais são muito longas, o que provoca danos nas edificações e calçadas. Aliado a isso, a excessiva queda de folhas e galhos finos provocam entupimento de calhas e bueiros.

3.3 COLETA DE DADOS

3.3.1 Equipamentos

Para analisar a influência das árvores de ruas, no microclima urbano e conforto térmico da cidade, foram utilizadas duas mini-estações da marca Kestrel® e dois “medidores de stress térmico”, modelo TGD-400 (FIGURA 9).

A mini-estação Kestrel® 4200 Pocket Air Flow Tracker, da marca Nielsen Kellerman, apresenta função *Data Logger* e registra até 3600 dados, em intervalos de 2 segundos a 12 horas. As variáveis medidas pelo aparelho são: velocidade do vento, temperatura do ar, umidade relativa do ar, razão de mistura, ponto de orvalho, temperatura do bulbo úmido, pressão atmosférica e altitude.

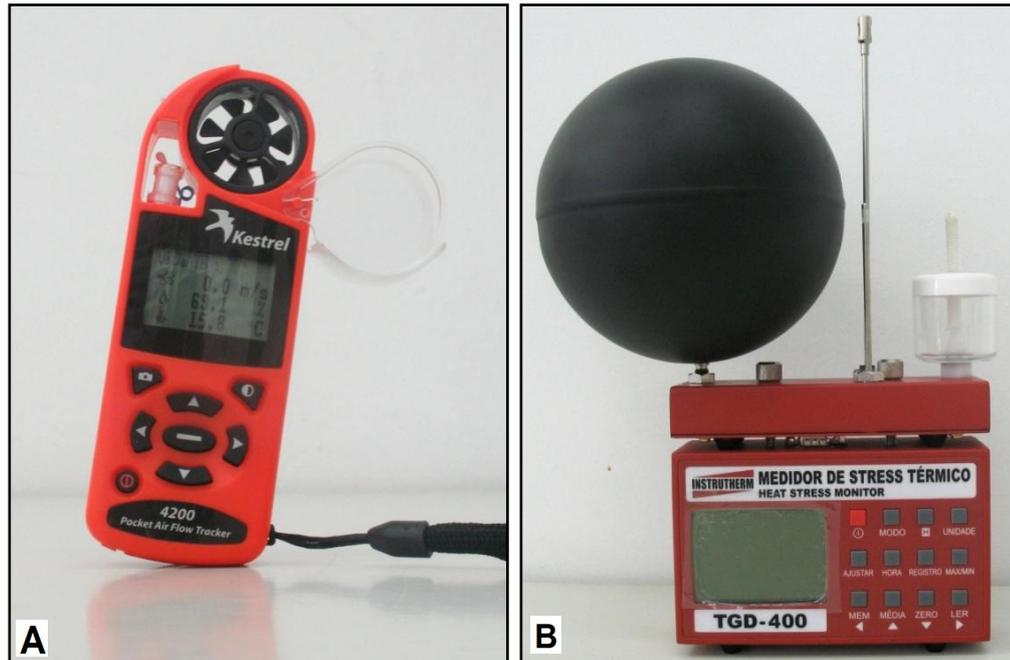


FIGURA 9 - APARELHOS UTILIZADOS: A - MINI-ESTAÇÃO KESTREL® 4200 POCKET AIR FLOW TRACKER; B – “MEDIDOR DE STRESS TÉRMICO”, MODELO TGD-400
 FONTE: O autor (2013)

Conforme descrição do fabricante, o Kestrel® apresenta precisão no valor da temperatura de ± 1 °C, abrangendo um intervalo de medição de -29 °C a 70 °C. Os valores de umidade relativa possuem precisão de $\pm 3\%$, abrangendo um intervalo de medição de 5 a 95% (sem condensação). A velocidade do vento apresenta uma precisão de 3% do valor de leitura, entre o intervalo de 0,6 m/s a 40 m/s.

O “medidor de stress térmico”, modelo TGD-400, da marca Instrutherm, também apresenta função *Data Logger* e registra até 65000 dados, em intervalos de 1 segundo a 1 hora. As variáveis medidas pelo aparelho são: temperatura do globo, temperatura do bulbo seco, temperatura do bulbo úmido, IBUTG_{in} (interno), IBUTG_{out} (externo), índice de aquecimento e velocidade do vento.

O aparelho TGD-400 calcula automaticamente o IBUTG, sigla para o índice de bulbo úmido termômetro de globo, utilizado para avaliar a exposição de um trabalhador ao calor (OLIVEIRA; PESSOA, 2006). Este equipamento apresenta uma precisão no valor da temperatura de $\pm 0,5$ °C, abrangendo um intervalo de medição de -5 °C a 100 °C. Os valores de umidade relativa podem ser medidos entre 0 a 85% (sem condensação). A velocidade do vento apresenta uma precisão de 4% do valor de leitura, entre o intervalo de 0 a 20 m/s.

3.3.2 Procedimentos metodológicos para a coleta das variáveis meteorológicas

Os equipamentos descritos foram posicionados na calçada sul das ruas com sentido leste-oeste e na calçada oeste da rua com sentido norte-sul, de maneira a reduzir a interferência causada pela movimentação aparente do sol. O “medidor de stress térmico” TGD-400 foi fixado em um tripé, onde a mesa de sensores permaneceu a 1,50 m de altura, junto a qual foi acoplado a miniestação Kestrel[®]. A abertura da ventilação, de ambos os aparelhos, foi direcionada para a posição nordeste (NE), sentido predominante da direção dos ventos.

As variáveis meteorológicas utilizadas neste estudo foram: temperatura do ar (°C), umidade relativa (%), velocidade do vento (m/s), obtidas com o Kestrel[®] e temperatura do globo (°C), obtida com o TGD-400. Optou-se pelo uso das variáveis obtidas pela mini-estação Kestrel[®], devido a testes de aferição previamente realizados. Nestes testes foram coletados dados em um ambiente fechado, simultaneamente com estes dois aparelhos e a Estação Meteorológica WatchDog (2000 Series), utilizada como padrão. Além dos valores de temperatura fornecidos pelo Kestrel terem sido mais próximos aos da estação meteorológica, o sensor para velocidade do vento do TGD-400 mostrou discrepância significativa. Outro fator excludente foi à necessidade de calcular a umidade relativa quando se utiliza o TGD-400, pois o aparelho fornece apenas os valores separados de temperatura do bulbo seco e úmido.

O monitoramento das variáveis meteorológicas para cada amostra foi realizado em dias diferentes, devido ao número de equipamentos disponíveis. Desta forma, em cada dia de coleta, um conjunto de equipamentos permaneceu na rua arborizada e o outro na rua sem arborização. Este procedimento foi repetido nas quatro estações do ano para melhor caracterizar os resultados.

Por questões de segurança e outras possíveis interferências humanas, a coleta das variáveis meteorológicas foi realizada com campanhas de monitoramento. Nestas, uma equipe de dois a quatro pesquisadores permaneceu junto aos aparelhos durante um período de aproximadamente sete horas, considerando-se, além do período de coleta, o tempo de instalação e aclimatação inicial dos equipamentos (20 minutos). O período de coleta dos dados foi das 9 às 15 horas (horário de Brasília), sendo corrigido para 10 às 16 horas no horário de verão com intervalo de monitoramento de 1 minuto, o que gerou um conjunto de 360 dados.

O período de coleta foi determinado com base em trabalhos já realizados (LIMA; NUNES; SOARES, 2009; MINELLA *et al.* 2011; ROSSI, 2012). Além disso, buscou-se abordar um período no qual houvesse transito de pessoas nos locais, uma vez que se buscou avaliar o conforto térmico humano.

3.3.3 Datas de monitoramento

O monitoramento foi realizado no inverno e primavera de 2011 e no verão e outono de 2012. Como forma de melhor caracterizar as estações, adotou-se como critério, realizar as campanhas de monitoramento nas duas semanas que correspondem ao meio das estações (FIGURA 10).

INVERNO 2011																																
Junho							Julho							Agosto							Setembro											
D	S	T	Q	Q	S	S	D	S	T	Q	Q	S	S	D	S	T	Q	Q	S	S	D	S	T	Q	Q	S	S					
			1	2	3	4						1	2			1	2	3	4	5	6						1	2	3			
5	6	7	8	9	10	11	3	4	5	6	7	8	9	7	8	9	10	11	12	13	4	5	6	7	8	9	10					
12	13	14	15	16	17	18	10	11	12	13	14	15	16	14	15	16	17	18	19	20	11	12	13	14	15	16	17					
19	20	21	22	23	24	25	17	18	19	20	21	22	23	21	22	23	24	25	26	27	18	19	20	21	22	23	24					
26	27	28	29	30	24	25	26	27	28	29	30	28	29	30	31	25	26	27	28	29	30											
						31																										
PRIMAVERA 2011																																
Setembro							Outubro							Novembro							Dezembro											
D	S	T	Q	Q	S	S	D	S	T	Q	Q	S	S	D	S	T	Q	Q	S	S	D	S	T	Q	Q	S	S					
				1	2	3							1			1	2	3	4	5						1	2	3				
4	5	6	7	8	9	10	2	3	4	5	6	7	8	6	7	8	9	10	11	12	4	5	6	7	8	9	10					
11	12	13	14	15	16	17	9	10	11	12	13	14	15	13	14	15	16	17	18	19	11	12	13	14	15	16	17					
18	19	20	21	22	23	24	16	17	18	19	20	21	22	20	21	22	23	24	25	26	18	19	20	21	22	23	24					
25	26	27	28	29	30	23	24	25	26	27	28	29	27	28	29	30	25	26	27	28	29	30	31									
													30	31																		
VERÃO 2011/2012																																
Dezembro							Janeiro							Fevereiro							Março											
D	S	T	Q	Q	S	S	D	S	T	Q	Q	S	S	D	S	T	Q	Q	S	S	D	S	T	Q	Q	S	S					
				1	2	3							1	2	3	4			1	2	3	4						1	2	3		
4	5	6	7	8	9	10	8	9	10	11	12	13	14	5	6	7	8	9	10	11	4	5	6	7	8	9	10					
11	12	13	14	15	16	17	15	16	17	18	19	20	21	12	13	14	15	16	17	18	11	12	13	14	15	16	17					
18	19	20	21	22	23	24	22	23	24	25	26	27	28	19	20	21	22	23	24	25	18	19	20	21	22	23	24					
25	26	27	28	29	30	31	29	30	31	26	27	28	29	25	26	27	28	29	30	31												
OUTONO 2012																																
Março							Abril							Maio							Junho											
D	S	T	Q	Q	S	S	D	S	T	Q	Q	S	S	D	S	T	Q	Q	S	S	D	S	T	Q	Q	S	S					
				1	2	3							1	2	3	4	5			1	2	3	4	5						1	2	3
4	5	6	7	8	9	10	8	9	10	11	12	13	14	6	7	8	9	10	11	12	3	4	5	6	7	8	9					
11	12	13	14	15	16	17	15	16	17	18	19	20	21	13	14	15	16	17	18	19	10	11	12	13	14	15	16					
18	19	20	21	22	23	24	22	23	24	25	26	27	28	20	21	22	23	24	25	26	17	18	19	20	21	22	23					
25	26	27	28	29	30	31	29	30	27	28	29	30	31	24	25	26	27	28	29	30												
LEGENDA: ■ Período estipulado para a realização das campanhas de monitoramento																																

FIGURA 10 - CALENDÁRIO ILUSTRANDO AS SEMANAS CENTRAIS DE CADA ESTAÇÃO DO ANO

FONTE: O autor (2013)

Embora fossem necessários apenas três dias por estação do ano (três amostras), estipulou-se duas semanas como margem de segurança a possíveis

imprevistos, como dias de chuva, falhas do equipamento e número insuficiente de pesquisadores para saída a campo. Os dias e locais, bem como o período das campanhas de monitoramento podem ser observados na TABELA 1.

TABELA 1 - DIAS, LOCAIS E PERÍODO DE MONITORAMENTO EM CADA ESTAÇÃO DO ANO

DATA	PERÍODO	AMOSTRA	RUAS
INVERNO 2011			
03/08		Alto da Rua XV	Mal. Deodoro/ Fernando Amaro
04/08	9:00 - 15:00	Hugo Lange	Augusto Stresser/ Dr. Goulin
05/08		Bacacheri	Estados Unidos
PRIMAVERA 2011			
31/10		Alto da Rua XV	Mal. Deodoro/ Fernando Amaro
03/11	10:00 - 16:00 (horário de verão)	Bacacheri	Estados Unidos
04/11		Hugo Lange	Augusto Stresser/ Dr. Goulin
VERÃO 2012			
30/01		Hugo Lange	Augusto Stresser/ Dr. Goulin
31/01	10:00 - 16:00 (horário de verão)	Alto da Rua XV	Mal. Deodoro/ Fernando Amaro
02/02		Bacacheri	Estados Unidos
OUTONO 2012			
03/05		Alto da Rua XV	Mal. Deodoro/ Fernando Amaro
07/05	9:00 - 15:00	Bacacheri	Estados Unidos
11/05		Hugo Lange	Augusto Stresser/ Dr. Goulin

FONTE: O autor (2013)

Os doze dias nos quais foram realizadas as campanhas de monitoramento, tiveram suas condições meteorológicas caracterizadas com os dados oficiais do Instituto SIMEPAR e do Instituto Nacional de Meteorologia, fornecidos a cada 15 minutos.

3.3.4 Entrevista com os transeuntes

Durante o período em que os pesquisadores estiveram monitorando os equipamentos, também realizaram entrevistas com as pessoas que passavam pelo ponto de amostragem. Nestas entrevistas foi aplicado um questionário com doze questões (APÊNDICE 1), baseadas em modelos encontrados na literatura (INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (ISO), 1995; XAVIER, 1999; LYRA, 2007).

Os parâmetros levantados no questionário relacionados com gênero, altura, massa corporal, idade, vestimenta e atividade realizada, tinham o objetivo de caracterizar a população entrevistada. Os parâmetros subjetivos, sensações térmicas e preferências térmicas, foram utilizados para validar a confiabilidade do índice aplicado. A vestimenta ou isolamento térmico proporcionado pela roupa foi calculado em *clo* (unidade para medir o isolamento térmico), tendo como base os valores tabelados fornecidos pela ISO (1994) (ANEXO).

As escalas de conforto adotadas para coletar informações sobre sensações e preferências térmicas dos usuários foram as mesmas utilizadas por Xavier (1999) e Lyra (2007) e consistem em uma tradução da escala de sete pontos sugeridos pelo PMV* (ISO, 1995), que estão apresentados na TABELA 2.

TABELA 2 - ESCALA DE SENSAÇÃO E PREFERÊNCIA TÉRMICA SUGERIDA PELO PMV

Sensação térmica		Preferência térmica	
Muito calor	+3	Muito mais quente	+3
Calor	+2	Mais quente	+2
Pouco calor	+1	Um pouco mais quente	+1
Nem frio, nem calor	0	Nem um nem outro	0
Pouco frio	-1	Pouco mais frio	-1
Frio	-2	Mais frio	-2
Muito frio	-3	Muito mais frio	-3

FONTE: XAVIER (1999); LYRA (2007)

Outras questões que poderiam facilitar e contribuir com a análise dos resultados incluídas no questionário foram: “em relação ao ambiente, você está se sentindo confortável ou desconfortável?”; “você se classifica como friorento, calorento ou nenhum?”; “quanto tempo está aqui?”; “você acha que uma rua arborizada proporciona um ambiente mais agradável/confortável termicamente?”.

* Sigla para Voto Médio Estimado, índice desenvolvido para verificar se determinado ambiente encontra-se em condições de aceitabilidade térmica (LAMBERTS; XAVIER, 2002).

3.4 PROCESSAMENTO E ANÁLISE DOS DADOS

3.4.1 Influência da arborização de ruas no microclima

A influência da arborização de ruas no microclima urbano foi analisada com três variáveis: temperatura do ar (°C), umidade relativa do ar (%) e velocidade do vento (m/s).

Os valores registrados a cada minuto (repetições), nas ruas arborizadas (tratamento 1), foram comparados com os valores encontrados nas ruas sem arborização (tratamento 2), pelo teste t de Student ao nível de 99% de significância, para avaliar possíveis diferenças das condições meteorológicas das ruas. Em seguida, realizou-se uma análise mais detalhada, onde os valores encontrados nas ruas arborizadas e sem arborização foram avaliados separadamente para cada dia de coleta, por meio do teste t de Student (99% de significância).

Foram determinados os valores máximos e mínimos de todas as variáveis analisadas e ao conjunto destas informações também se aplicou o teste t de Student (99% de significância). As máximas e mínimas encontradas nas ruas arborizadas e sem arborização, em cada amostra e estação do ano, foram apresentadas por meio de gráficos para possibilitar uma análise mais aprimorada.

Analisou-se o comportamento periódico de cada variável, ao longo dos dias de coleta, por meio de gráficos. Estes foram elaborados para as amostras Alto da Rua XV, Hugo Lange e Bacacheri, a partir de médias a cada 15 minutos dos registros obtidos nas diferentes ruas e estação do ano.

Por fim, realizou-se uma análise das diferenças encontradas entre as ruas. Para isso, foi preciso utilizar os dados pareados, a cada minuto, onde os valores encontrados na rua arborizada foram subtraídos dos valores encontrados na rua sem arborização. Desta forma obteve-se a diferença microclimática proporcionada em cada estação e em cada arranjo paisagístico (composição de espécies arbóreas). Com este conjunto de dados foi montado um delineamento estatístico em esquema fatorial 3 x 4 (três arranjos paisagísticos e quatro estações do ano) e a comparação das médias foi realizada pelo teste Student Newman Keuls (SNK) a 99% de significância.

Entende-se como arranjos paisagísticos, as diferentes composições de vegetação e a forma como a arborização está disposta na rua. A área gramada não

foi levada em consideração nesta composição porque não houve distinção entre as três ruas analisadas, todas apresentaram o mesmo padrão de calçadas, com uma faixa contínua de canteiro com gramado próximo ao meio fio e outra próxima às divisas dos estabelecimentos, sendo que as dimensões destas também foram semelhantes. Portanto, os arranjos analisados foram:

- a) arranjo paisagístico 1 - plantio de *Tipuana tipu* nos dois lados da rua com entrelaçamento das copas, formando um túnel contínuo;
- b) arranjo paisagístico 2 - plantio de *Handroanthus chrysotrichus* nos dois lados da rua, sem entrelaçamento das copas, dispostas de maneira isolada;
- c) arranjo paisagístico 3 - plantio de *Lafoensia pacari* (lado ímpar) e *Parapiptadenia rigida* (lado par), sendo que no lado ímpar têm-se as copas das árvores isoladas e no lado par as copas das árvores estão agrupadas, não havendo entrelaçamento sobre a rua.

3.4.2 Influência da arborização de ruas no conforto térmico

A influência da arborização de ruas no conforto térmico foi analisada com o *Universal Thermal Climate Index* (UTCI). Este índice foi calculado a cada minuto, no programa Bioklima 2.6, *software* de livre acesso desenvolvido por Michael Blazejczyk (INSTYTUT GEOGRAFII I PRZESTRZENNEGO ZAGOSPODAROWANIA (IGPZ), 2012). Os dados de entrada para o cálculo foram: velocidade do vento a 1,5 m e a 10 m de altura do solo, temperatura do ar, umidade relativa e temperatura radiante média.

A velocidade do vento a 10 m de altura é uma variável fundamental para o cálculo do índice, no entanto como o monitoramento da variável vento foi realizado a 1,5 m, foi necessário aplicar um fator de escala para a determinação dessa variável (BRÖDE *et al.*, 2012):

$$v_a = v_{a_{xm}} \times \log\left(\frac{10}{0,01}\right) \div \log\left(\frac{x}{0,01}\right)$$

Onde:

v_a = velocidade do vento a 10 m de altura, em m/s;

$v_{a_{xm}}$ = velocidade do vento medida a x metros, em m/s;

x = altura na qual a velocidade do vento foi medida, neste caso a 1,5 m.

A temperatura radiante média também foi calculada. Para isto, utilizou-se a fórmula definida pela ISO 7726, para convecção forçada:

$$T_{rm} = [(tg + 273)^4 + 2,5 \times 10^8 \times v_a^{0,6} \times (tg - ta)]^{\frac{1}{4}} - 273$$

Onde:

T_{rm} = temperatura média radiante (°C);

tg = temperatura do globo (°C);

v_a = velocidade do vento (m/s);

ta = temperatura do ar (°C).

Realizados os ajustes e demais cálculos necessários, obteve-se o UTCI para cada conjunto de dados. Estes valores, além de apresentados numericamente, foram classificados em suas respectivas classes de estresse térmico, conforme a TABELA 3.

TABELA 3 - CLASSES E NÍVEL DE ESTRESSE TÉRMICO DO UTCI

Classes do UTCI	Nível de estresse térmico
- 40 °C	Extremo estresse para o frio
- 27 °C	Muito forte estresse para o frio
- 13 °C	Forte estresse para o frio
0 °C	Moderado estresse para o frio
9 °C	Pouco estresse para o frio
26 °C	Sem estresse térmico (conforto)
32 °C	Moderado estresse para o calor
38 °C	Forte estresse para o calor
46 °C	Muito forte estresse para o calor
	Extremo estresse para o calor

FONTE: BLAŽEJCZYK *et al.* (2010); UNIVERSAL THERMAL CLIMATE INDEX - UTCI (2012)

A análise referente ao UTCI foi semelhante à realizada para as variáveis microclimáticas. Inicialmente os valores obtidos a cada minuto (repetições), nas ruas arborizadas (tratamento 1), foram comparados com os valores encontrados nas ruas sem arborização (tratamento 2), pelo teste t de Student ao nível de 99% de significância, para realizar uma análise geral das condições de conforto das ruas. Em seguida, realizou-se uma análise mais detalhada, onde os valores encontrados nas ruas arborizadas e sem arborização foram avaliados separadamente para cada dia de coleta, por meio do teste t de Student (99% de significância).

Os valores máximos e mínimos do UTCI em cada dia de coleta e em cada rua foram determinados e ao conjunto destas informações também se aplicou o teste t de Student (99% de significância). Os valores máximos e mínimos encontrados nas ruas arborizadas e sem arborização, em cada amostra e estação do ano, foram apresentados em gráficos para possibilitar uma análise mais aprimorada.

Analisou-se o comportamento periódico do índice, ao longo dos dias de coleta, por meio de gráficos. Estes foram elaborados a partir de médias, a cada 15 minutos, dos valores obtidos nas diferentes ruas e por estação do ano. Além disso, foi determinado também para cada rua e estação do ano, o tempo de permanência nas classes de estresse térmico.

A análise dos questionários aplicados foi realizada para verificar a eficiência do UTCI. Para isto, a resposta dada pelo entrevistado sobre a sensação de conforto foi comparada com valor de UTCI gerado naquele mesmo momento. Como as escalas de conforto sugeridas no questionário (sete níveis) e as escalas do UTCI (dez níveis) são diferentes, realizou-se um ajuste. Neste, igualou-se a classe de conforto de ambas as escalas e as classes extremas do questionário passaram a abranger mais de uma classe gerada pelo UTCI. A partir desse ajuste se determinou a porcentagem de acertos e aplicou-se a análise de correlação de Spearman. Para diminuir o erro proporcionado pela subjetividade das respostas optou-se por dividir ambas as escalas apenas em três: conforto térmico, estresse térmico para o calor e estresse térmico para o frio, a essa nova classificação também se verificou a porcentagem de acertos.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 INFLUÊNCIA DA ARBORIZAÇÃO DE RUAS NO MICROCLIMA

4.1.1 Microclima das ruas com e sem arborização

As ruas arborizadas apresentaram uma condição microclimática diferente das ruas sem arborização, o que comprova que a arborização de ruas exerce influência significativa sobre as variáveis meteorológicas no microclima da cidade. De maneira geral, as ruas sem arborização apresentaram maiores valores de temperatura e velocidade do vento e menores valores de umidade relativa (TABELA 4).

TABELA 4 - MÉDIA DAS VARIÁVEIS METEOROLÓGICAS NAS RUAS COM E SEM ARBORIZAÇÃO E ANÁLISE ESTATÍSTICA (TESTE T)

Arborização	Temperatura (°C)	Umidade relativa (%)	Velocidade do vento (m/s)
Sem	20,9	50,9	0,70
Com	19,2	56,8	0,66
Teste t	12,43** p<0,001	19,61** p<0,001	5,10** p<0,001

NOTA: (**) Significativo a 1% de probabilidade pelo teste t de Student

FONTE: O autor (2013)

Observa-se que a análise estatística aplicada aos valores de temperatura, demonstrou diferença significativa entre as médias das ruas arborizadas (19,2 °C) e sem arborização (20,9 °C). Os valores médios de umidade relativa das ruas arborizadas (56,8%) também foram estatisticamente distintos dos encontrados nas ruas sem arborização (50,9%). Isto se repetiu para a variável velocidade do vento, onde a média das ruas arborizadas foi 0,66 m/s e das ruas sem arborização 0,70 m/s. Desta forma, pode-se afirmar que estatisticamente a arborização de ruas exerce influência no microclima local.

A média entre os valores das três amostras analisadas em cada estação do ano revelou que a temperatura de uma rua arborizada é 1,7 °C menor do que uma rua sem arborização, a umidade relativa é 6,9% maior e a velocidade do vento é 0,04 m/s menor. Valores semelhantes ao de temperatura e umidade relativa foram encontrados por outros autores (JAUREGUI 1990/1991; KURBÁN *et al.*, 2002;

STREILING; MATIZASKI, 2003; LIMA, 2009; SMITH *et al.*, 2011; ARMSON; STRINGER; ENNOS, 2012).

Na Cidade do México, Jauregui (1990/1991) verificou que a temperatura no Parque Chapultepec era de 2 a 3 °C menor do que nos arredores construídos. Kurbán *et al.* (2002), na cidade de San Juan, demonstraram que o efeito da arborização resultou em uma diminuição de 2,1 °C na temperatura e em um aumento de 5,2% na umidade relativa. Em Freiburg, a diferença entre a área com árvores e sem árvores foi de 2,2 °C para a temperatura e de 5 a 7% para a umidade relativa (STREILING; MATIZASKI, 2003).

Mascaró e Mascaró (2009) afirmaram que a temperatura sob agrupamentos arbóreos era de 3 a 4 °C menor que nas áreas expostas à radiação solar, e a umidade relativa do ar sob a vegetação era maior, entre 3 e 10%. Analisando praças em Maringá, Lima (2009) encontrou diferenças que variaram de 2 °C a 3,8 °C entre a área sombreada pelas árvores e a área exposta à radiação direta. Smith *et al.* (2011) e Armson, Stringer e Ennos (2012), ambos na região de Manchester, constataram que o sombreamento ocasionado pelas árvores diminuiu a temperatura do ar em 1 a 2 °C.

Na cidade de Curitiba, em uma área com Floresta Ombrófila Mista, Biondi *et al.* (2011) verificaram que a temperatura externa foi na média 3,6 °C mais elevada e a umidade relativa do ar foi menor em 14% do que no interior da área. Leal *et al.* (2011), também em Curitiba, constataram que a temperatura externa a uma área verde foi em média 0,9 °C mais elevada, enquanto que a umidade relativa do ar foi menor em 16 unidades. Martini *et al.* (2011), em um fragmento florestal urbano de, verificaram que no interior da área a temperatura foi em média 5 °C mais amena, enquanto que a umidade relativa foi maior em 27,6%.

Em todos estes trabalhos é possível notar a influência que a cobertura arbórea exerce no microclima. No entanto, ressalta-se que a vegetação estudada por esses autores foram as grandes áreas verdes existentes nas cidades, o que torna os resultados encontrados na presente pesquisa ainda mais significativos, pois a influência da arborização de ruas no microclima se mostrou semelhante ao de áreas verdes. Resultado que contraria Mahmoud (2011), pois o autor afirma que árvores isoladas, distribuídas com amplo espaçamento, como é o caso típico de uma rua urbana, não tem um efeito significativo no resfriamento. Por isso, muitos estudos sugerem que a utilização de pequenos agrupamentos de árvores (parques, bosques

e praças) sejam mais eficientes nas cidades (SHASHUA-BAR; HOFFMAN; TZAMIR, 2006; SHASHUA-BAR; TSIROS; HOFFMAN, 2010).

O efeito que a arborização de ruas exerce no microclima, pôde ser demonstrado por meio do teste t de Student (TABELA 4). Entretanto, este estudo foi realizado nas quatro estações do ano e utilizando diferentes espécies, o que exige uma análise mais detalhada. Assim, quando se analisa os valores encontrados nas ruas arborizadas e sem arborização separadamente para cada dia de coleta, observa-se algumas especificidades (TABELA 5).

TABELA 5 - MÉDIA DAS VARIÁVEIS METEOROLÓGICAS E ANÁLISE ESTATÍSTICA (TESTE t) ENTRE A RUA COM E SEM ARBORIZAÇÃO EM CADA ESTAÇÃO DO ANO

Estação do ano	Alto da Rua XV			Hugo Lange			Bacacheri		
	Sem	Com	Teste t	Sem	Com	Teste t	Sem	Com	Teste t
Temperatura (°C)									
Inverno	10,1	9,7	2,48*	13,8	13,8	0,10 ^{ns}	16,33	13,02	12,36**
Primavera	18,5	16,2	24,97**	21,5	21,7	1,19 ^{ns}	18,56	16,28	25,10**
Verão	28,7	25,0	26,37**	30,5	28,7	12,44**	30,32	28,25	13,51**
Outono	19,8	17,7	17,37**	23,8	21,5	18,37**	18,73	18,50	3,30**
Umidade relativa (%)									
Inverno	61,2	65,4	7,89 **	33,4	34,5	3,00 **	53,1	64,5	14,33 **
Primavera	53,8	64,3	41,96 **	46,9	46,1	2,22 *	51,7	61,1	35,17 **
Verão	38,7	46,2	30,97 **	34,7	40,1	14,21 **	42,2	46,3	6,11 **
Outono	68,7	73,7	10,10 **	52,2	61,9	22,26 **	74,2	77,6	15,94 **
Velocidade do vento (m/s)									
Inverno	0,8	0,7	5,16 **	1,0	0,4	17,93 **	0,8	1,0	6,41 **
Primavera	0,7	1,0	8,37 **	1,2	0,6	15,38 **	0,7	1,0	9,15 **
Verão	0,6	0,6	1,11 ^{ns}	0,2	0,2	1,68 ^{ns}	0,8	0,7	0,23 **
Outono	0,4	0,8	13,51 **	0,1	0,7	28,20 **	1,1	0,2	29,13 **

NOTA: (^{ns}) Não significativo; (*) Significativo a 5% de probabilidade; (**) Significativo a 1% de probabilidade pelo teste t de Student

FONTE: O autor (2013)

A análise estatística realizada demonstrou diferença significativa entre a média de temperatura das ruas com e sem arborização, em todas as estações do ano, nas amostras Alto da Rua XV e Bacacheri. Isto ocorreu mesmo em situações onde essa diferença foi muito pequena, como na estação do inverno na amostra Alto da Rua XV (0,4 °C) e no outono na amostra Bacacheri (0,2 °C). Não houve diferença estatística entre as médias de temperatura da rua com e sem arborização apenas na amostra Hugo Lange, nas estações do inverno e primavera. Sendo que no inverno a

temperatura média das duas ruas foram iguais (13,8 °C) e, na primavera, foi a única ocasião onde a média da rua arborizada (21,7 °C) foi ligeiramente superior à média da rua sem arborização (21,5 °C).

A análise estatística realizada para os valores de umidade relativa demonstrou diferença significativa entre a média da rua sem arborização e a média da rua arborizada em todas as estações do ano e em todas as amostras. Já para os valores da velocidade do vento, não houve diferença estatística entre a média da rua sem arborização e a média da rua arborizada na estação do verão nas amostras Alto da Rua XV e Hugo Lange, onde os valores foram iguais entre as ruas.

Mesmo a análise realizada separadamente para cada dia de coleta demonstrou a influência positiva e significativa que arborização de ruas exerce no microclima. Segundo Velasco (2007), tal efeito acontece devido a utilização da energia solar na complementação do processo metabólico do vegetais (fotossíntese), o qual absorve carbono e libera oxigênio. Neste processo, têm-se como condição prévia para sua ocorrência a absorção de energia radiante, pelos cloroplastos (LARCHER, 2006). Entre 60 e 75% da energia solar incidente na vegetação é consumida em processos fisiológicos, pois as plantas não armazenam calor nas suas células (BERNATZKY, 1980). Dependendo do tipo de cobertura, pode absorver até 50% de radiação de onda curta e 95% de radiação de onda longa (GONÇALVES, 2009).

A barreira proporcionada pelo dossel das copas das árvores impede a penetração da maior parte da radiação solar durante o dia. Essa menor quantidade de radiação solar incidente implica menor aquecimento do solo e, conseqüentemente, menor emissão de radiação de ondas longas e menor aquecimento do ar no espaço entre o solo e as copas das árvores (HERNANDES; PEDRO JUNIOR; BARDIN, 2002).

Para Mahmoud (2011), o efeito das árvores no microclima ao longo do dia é devido à redução da passagem dos raios solares para o chão, proporcionando sombreamento a essa área. Já Abreu (2008) ressalta que a evapotranspiração das plantas é que exerce efeito muito positivo no clima urbano, pois esse processo tem a capacidade de absorver calor, o que leva à diminuição da temperatura do microclima local nas horas de maior intensidade.

A evapotranspiração é o processo de transferência da água da superfície do solo vegetado até a atmosfera pela vaporização da água no estado líquido

(JENSEN; BURMAN; ALLEN, 1991). Segundo os mesmos autores, esse processo engloba dois processos biofísicos: a evaporação da água da superfície do solo, que é o fenômeno físico de transformação de calor; e a transpiração, perda da água pelas folhas, principalmente através dos numerosos estômatos nelas existentes.

Por fim, Oke (1989), Furtado (1994) e Velasco (2007) acreditam que a vegetação propicia resfriamento passivo nas áreas construídas pelos seguintes meios: o sombreamento gerado pela vegetação, que reduz a conversão da energia radiante em calor sensível e, conseqüentemente reduz as temperaturas da superfície dos objetos sombreados; e a evapotranspiração na superfície da folha, que resfria a folha e o ar adjacente devido à troca de calor latente.

4.1.2 Valores máximos e mínimos das variáveis meteorológicas

Nas ruas arborizadas, de maneira geral, foram encontrados menores valores de temperaturas máximas e mínimas e maiores valores de umidade relativa máxima e mínima, quando comparada com as ruas sem arborização. Já para a velocidade do vento máxima e mínima, a média nas ruas arborizadas foi igual à das ruas sem arborização. Para todas as variáveis, a análise estatística (Teste t) indicou não haver diferença significativa entre as médias (TABELA 6).

TABELA 6 - VALORES EXTREMOS DAS VARIÁVEIS METEOROLÓGICAS NAS RUAS COM E SEM ARBORIZAÇÃO E TESTE T

Arborização	T máxima (°C)	T mínima (°C)	UR máxima (%)	UR mínima (%)	Vv máxima (m/s)	Vv mínima (m/s)
Sem	25,4	16,2	64,1	39,8	2,1	0
Com	22,7	15,0	69,8	47,0	2,1	0
Teste t	1,07 ^{ns} $p = 0,296$	0,47 ^{ns} $p = 0,643$	1,14 ^{ns} $p = 0,266$	1,34 ^{ns} $p = 0,193$	0,13 ^{ns} $p = 0,900$	-

NOTA: (^{ns}) Não significativo pelo teste t de Student

FONTE: O autor (2013)

A média entre os valores das três amostras, analisadas em cada estação do ano, revela que embora não tenha sido encontrada diferença estatística significativa, a temperatura máxima da rua sem arborização foi 2,7 °C mais elevada do que a rua arborizada, o que se repetiu para a temperatura mínima, com o valor de 1,2 °C. A umidade relativa máxima foi 5,7% maior na rua arborizada e a umidade relativa mínima 7,2%.

Os resultados apresentados demonstram a influência que a arborização de ruas exerce sobre o microclima. Entretanto, quando se analisa os valores encontrados nas ruas arborizadas e sem arborização, separadamente para cada estação e amostra, é possível observar alguns detalhes específicos (FIGURA 11).

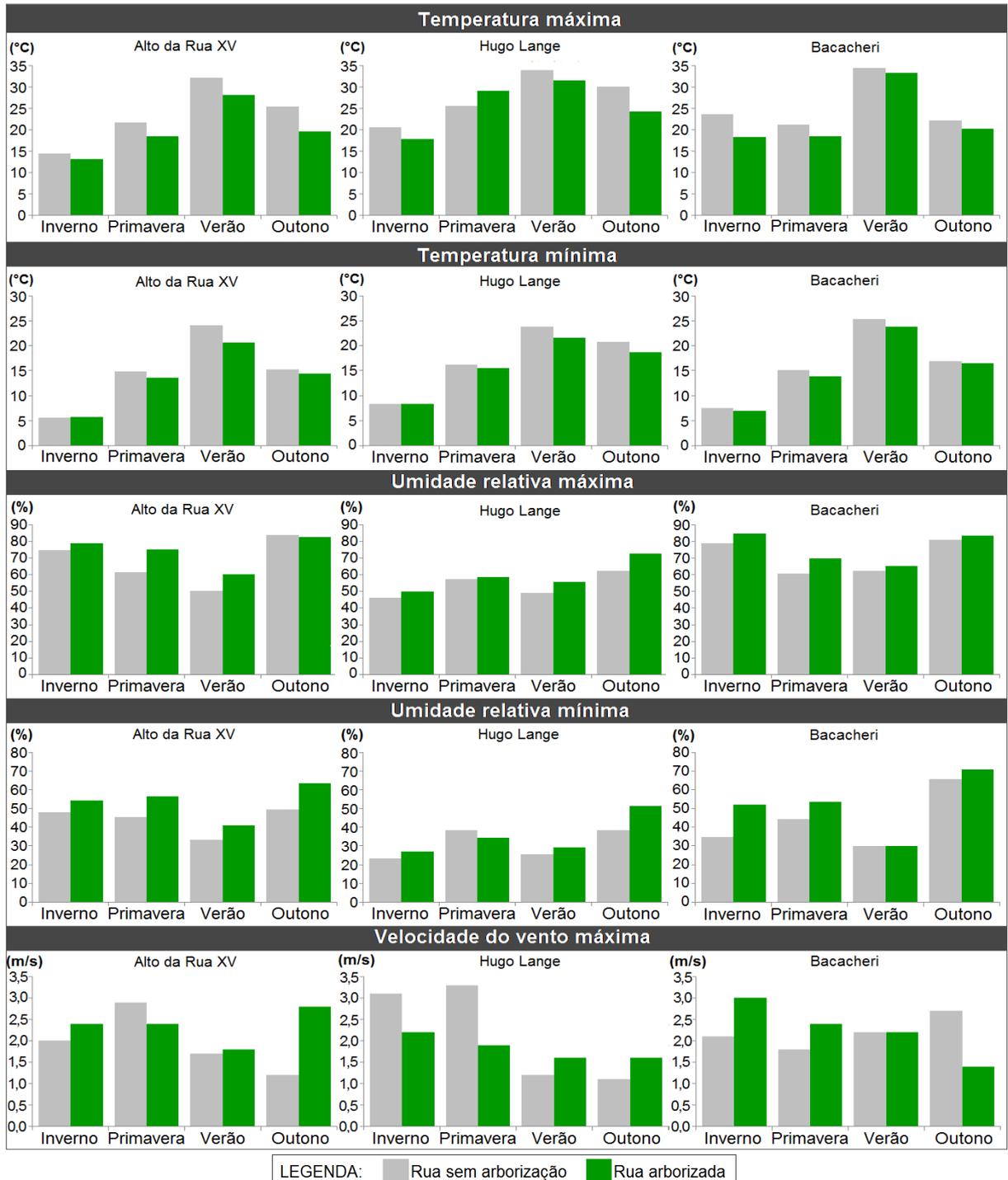


FIGURA 11 - VALORES EXTREMOS DAS VARIÁVEIS METEOROLÓGICAS ENCONTRADOS NAS RUAS EM CADA AMOSTRA E ESTAÇÃO DO ANO

FONTE: O autor (2013)

NOTA: Os valores mínimos de velocidade do vento em todas as ruas, amostras e estações do ano foram iguais a zero.

Observa-se que as temperaturas máximas das ruas sem arborização, em todas as estações do ano, foram superiores às ruas arborizadas, exceto na amostra Hugo Lange na estação da primavera. Os valores mínimos de temperaturas também foram superiores na rua sem arborização, com exceção dos valores observados na estação do inverno nas amostras Alto da Rua XV e Hugo Lange. Nesta estação, em todas as amostras, os valores mínimos de temperatura observados nas ruas sem arborização foram próximos aos observados nas ruas arborizadas.

Pode-se destacar que a diferença de temperatura máxima entre as ruas com e sem arborização foi mais acentuada do que para a temperatura mínima. Isto indica que a arborização desempenha um excelente papel na atenuação de elevadas temperaturas. Segundo afirmação de Wilmers (1990/91), a vegetação diminui os picos de temperatura durante o dia.

A vegetação tende a estabilizar as variáveis microclimáticas do seu entorno, reduzindo os valores extremos (DIMOUDI; NIKOLOPOULOU, 2003). Schmitz e Mendonça (2011) também verificaram que os valores máximos de temperatura do ar no verão e mínimos no inverno são mais brandos. Dacanal, Labaki e Silva (2010) encontraram resultados mais expressivos ao considerarem a temperatura máxima na análise do frescor no interior de um bosque. A pesquisa demonstrou que no verão a diferença entre o interior do bosque e a área externa foi de 2,86 °C, no outono 3,17 °C e no inverno 2,53 °C.

Cruz e Lombardo (2007) constataram que as temperaturas máximas sempre ficaram mais baixas sob a vegetação e as temperaturas mínimas ficaram mais elevadas em relação à área com mínima arborização. No presente estudo, embora as mínimas não tenham sido maiores na rua arborizada, sempre estiveram bem próximas às encontradas na rua sem arborização.

Com os valores extremos de temperatura, é possível notar também que a amplitude de variação sempre foi menor na rua arborizada. Enquanto os valores médios encontrados na rua sem arborização foram: 8,4 °C na amostra Alto da Rua XV, 10,2 °C na amostra Hugo Lange e 9,1 °C na amostra Bacacheri. Os valores encontrados nas ruas sem arborização foram respectivamente: 6,2 °C, 9,6 °C e 7,3 °C, (APÊNDICE 2).

Velasco (2007) ao analisar o microclima de ambientes com diferentes porcentagens de cobertura arborea, na cidade de São Paulo, constatou que a amplitude térmica é inversamente proporcional à porcentagem de vegetação

presente na área. Logo, a área com maior quantidade de vegetação apresentou menor amplitude térmica. Em estudos na cidade de Ponta Grossa, Cruz e Lombardo (2007) também observaram que a amplitude térmica foi maior nas áreas com ausência de vegetação.

Schmitz e Mendonça (2011), em pontos de monitoramento nos dois principais eixos estruturantes da circulação viária da cidade de Curitiba, observaram que nos locais onde há arborização, tanto nos lotes como nas vias, a amplitude térmica foi menor, tanto no verão como no inverno. Isso ocorre porque o controle da radiação solar, associado ao aumento da umidade do ar, faz com que a variação da temperatura do ar seja menor, o que reduz a amplitude térmica sob a vegetação (WEINGARTNER, 1994; MASCARÓ; MASCARÓ, 2009). Frota e Schiffer (2001) afirmaram que a amplitude diária da temperatura é influenciada pela variação do grau de umidade relativa do ar, o que significa dizer que quanto mais seco for o clima, mais acentuadas serão suas temperaturas máximas e mínimas.

Segundo Weingartner (1994), esse efeito é maior durante o verão, estação na qual a densidade foliar e a evapotranspiração das plantas são mais intensas. No inverno, com a redução da radiação solar e da temperatura do ar, além da alteração na fenologia das plantas, há uma diminuição na diferença da amplitude térmica entre as áreas internas e externas à presença de vegetação.

A umidade relativa máxima das ruas arborizadas foram superiores às ruas sem arborização em todas as estações do ano e amostras, exceto na amostra Alto da Rua XV na estação do outono (FIGURA 11). A umidade relativa mínima das ruas arborizadas também foram superiores às ruas sem arborização em todas as estações do ano e amostras, com exceção da primavera, na amostra Hugo Lange, onde ocorreu o inverso, e no verão, na amostra Bacacheri, onde as duas ruas registraram o mesmo valor mínimo.

A velocidade do vento máxima apresentou variação entre as amostras e estações do ano, não sendo possível observar uma tendência. Na amostra Alto da Rua XV, a velocidade do vento na rua arborizada foi superior à rua sem arborização em todas as estações do ano, com exceção da primavera. Na amostra Hugo Lange a velocidade máxima do vento foi maior na rua arborizada nas estações do verão e outono e menor no inverno e primavera. Já na amostra Bacacheri a velocidade do vento foi maior nos trechos arborizados na estação do inverno e primavera e menor no outono. No verão os valores foram iguais.

4.1.3 Comportamento periódico das variáveis meteorológicas

4.1.3.1 Temperatura e umidade relativa

A comparação da variação a cada 15 minutos, entre os valores de temperatura encontrados na rua arborizada e na rua sem arborização, permitem observar detalhadamente as diferenças de comportamento entre as ruas, em cada estação do ano e amostra (FIGURA 12).

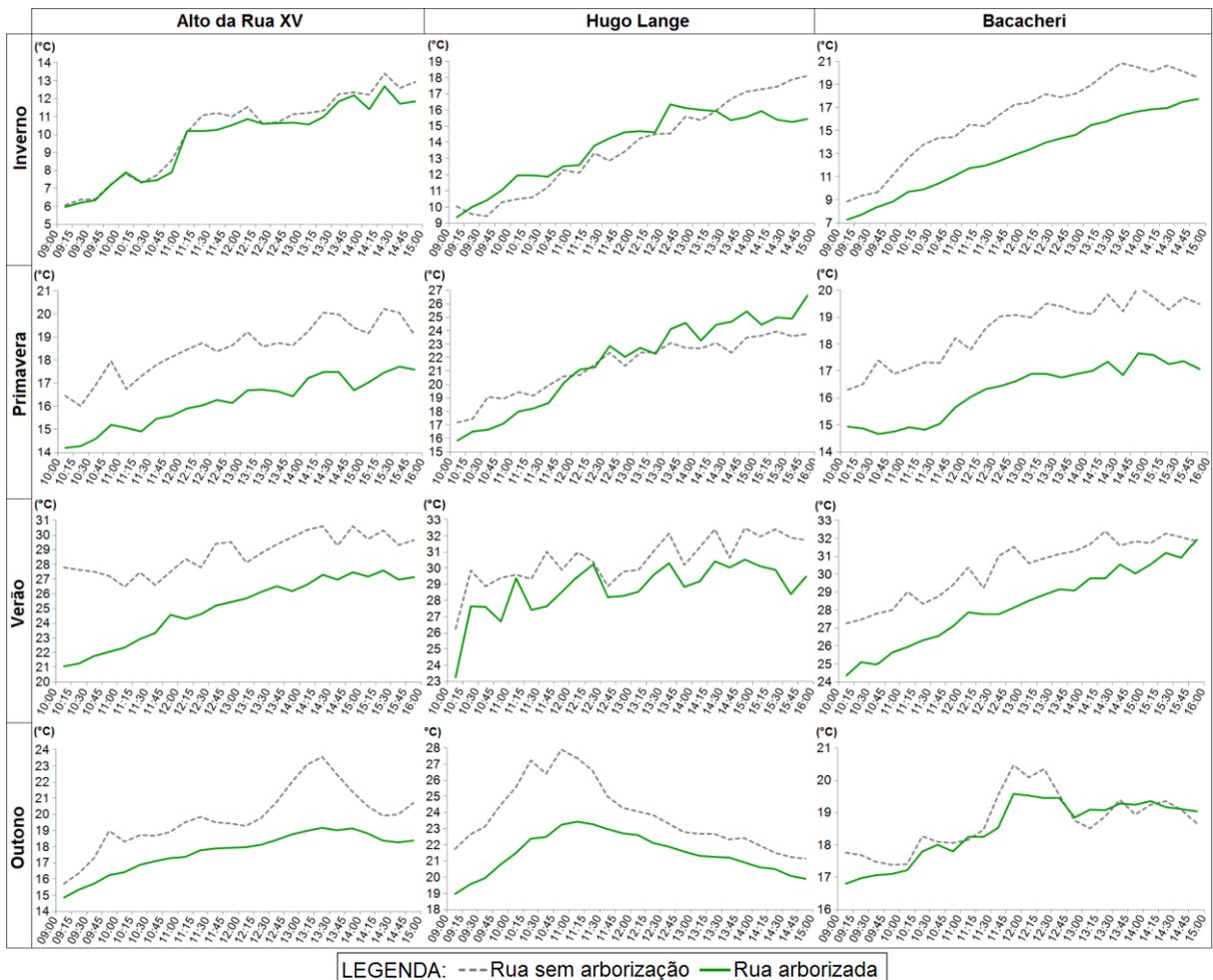


FIGURA 12 - COMPORTAMENTO PERIÓDICO DA TEMPERATURA DO AR EM CADA AMOSTRA E ESTAÇÃO DO ANO

FONTE: O autor (2013)

Nota-se que de maneira geral as curvas dos valores de temperatura das ruas arborizadas estiveram abaixo das curvas dos valores de temperatura das ruas sem arborização ao longo de todo o período de monitoramento.

A diferença da temperatura do ar entre as ruas apresentou uma tendência homogênea ao longo de todo o tempo. Não houve distinção entre o período da

manhã e da tarde, exceto para algumas situações pontuais. Ao contrário, Jansson, Jansson e Gustafsson (2007), ao analisarem as diferenças de temperatura entre um parque de Estocolmo e seus arredores, evidenciaram diferenças de temperatura do ar mais ou menos constantes (de 0,5 a 0,8 °C) durante a primeira parte do dia e maiores diferenças durante a tarde (2 °C). No entanto, o estudo foi realizado apenas na estação do verão.

Nas manhãs de inverno, marcadas por baixas temperaturas, a rua arborizada com tipuana apresentou valores de temperaturas semelhantes à rua sem arborização (amostra Alto da Rua XV). A rua arborizada com ipê-amarelo apresentou valores superiores (amostra Hugo Lange) e o trecho de rua arborizado com dedaleiro e angico apresentou valores inferiores. No entanto, na primeira hora de monitoramento foi observada a menor diferença entre as ruas para esta amostra (Bacacheri). Estes fatos indicam que especialmente nas baixas temperaturas a vegetação atua como armazenadora de calor, durante as horas iniciais das manhãs.

Velasco (2007), no mês de setembro, observou que apenas no início do seu monitoramento, às 7 horas da manhã, a área com maior quantidade de vegetação apresentou maiores temperaturas do que as áreas com menos vegetação. Isto pode ser resquício do efeito que a vegetação provoca durante a noite. Rocha, Souza e Castilho (2011) verificaram a influência direta da vegetação e da permeabilidade do solo na amenização do armazenamento de calor noturno. Assim, concluíram que em alguns casos podem ser constatadas temperaturas noturnas mais elevadas em áreas vegetadas do que em áreas mais abertas. Essa retenção ocorre devido a ação da vegetação, que atua como uma barreira contra as correntes de ar.

A capacidade que a vegetação tem em reter o comprimento de onda longa emitida pelas superfícies faz com que o calor demore mais tempo para se dissipar (VELASCO, 2007). Isto não ocorreu nas demais estações, porque segundo a mesma autora, à incidência de radiação solar mais intensa já nos primeiros instantes do dia faz com que o efeito tampão provocado pela vegetação ocorra apenas nas primeiras horas. Não sendo mais perceptível às 9h00, início do monitoramento.

As distinções entre os resultados das amostras, ainda referentes ao inverno, devem-se às características das espécies. Uma vez que, a tipuana, desprovida de folhas, proporciona um ambiente semelhante ao da rua sem arborização. A rua arborizada com o ipê, ainda com presença de folhas, pode ter armazenado certa quantidade de energia, que somada ao aquecimento da superfície, facilitado pela

arquitetura de sua copa, pode ter proporcionado um ambiente mais quente do que a rua sem arborização. Por fim, o trecho de rua arborizado com dedaleiro e angico, ambas as espécies perenes, dificultam a chegada de radiação à superfície, impossibilitando seu aquecimento e proporcionando resfriamento da área.

Pode-se observar ainda que a temperatura da rua arborizada foi mais estável do que na rua sem arborização, como esperado. Pois as oscilações de temperatura são menores nas áreas arborizadas do que nas áreas sem cobertura arbórea, principalmente porque a radiação emitida pelo solo durante a noite é refletida de novo até o solo pela folhagem das árvores e, durante o dia a vegetação impede que a radiação direta chegue até o solo (OCHOA DE LA TORRE, 1999). Huang *et al.* (2008b) afirmam que as temperaturas sob a sombra das árvores apresentam-se estáveis na escala microclimática, enquanto que ambientes com presença de cimento são mais facilmente influenciados pelas condições de tempo, velocidade do vento e radiação solar.

Resultados inesperados foram encontrados na amostra Hugo Lange, nas estações do inverno e primavera. No inverno, os valores de temperatura da rua arborizada com *Handroanthus chrysotrichus* (ipê-amarelo) estiveram ligeiramente acima dos valores da rua sem arborização na maior parte do tempo, sendo que nas duas últimas horas de monitoramento isto se inverteu. O motivo para essa inversão pode ser devido à rua arborizada ter alcançado os maiores valores de temperatura do dia antes da rua sem arborização. A rua sem arborização até o final do monitoramento manteve-se em aquecimento, não sendo possível determinar o valor máximo que atingiu no dia. Em situações normais, o valor máximo de temperatura ocorre cerca de duas horas depois da culminação do sol (VAREJÃO-SILVA, 2000).

Na primavera, a rua arborizada apresentou temperaturas menores nas duas primeiras horas de monitoramento e posteriormente isto também se inverteu, passando a rua sem arborização apresentar temperaturas menores. Essa ocorrência, na rua arborizada, de temperaturas superiores às encontradas na rua sem arborização, parece ter relação com a velocidade do vento, que foi sempre menor nesta rua do que na rua sem arborização. Como a diferença entre as ruas foi mais acentuada no período da manhã, essa interferência da velocidade do vento na temperatura do ar não foi observada desde o início do monitoramento.

Segundo Mascaró e Mascaró (2009), a incidência do vento sob a arborização diminui as diferenças de temperatura e umidade relativa do ar entre as

áreas arborizadas e as ensolaradas. Efeito que se verifica quando a velocidade do vento é maior que 1,5 m/s. Além disso, Giralt (2006) afirma que quando a velocidade do vento é pequena, a temperatura resulta, em sua maior parte, dos ganhos térmicos solares do local. Nessa situação, a radiação solar que atinge a superfície terrestre é recebida de forma distinta, dependendo do tipo de solo, vegetação, topografia e altitude. Porém, quando a velocidade do vento é alta, a influência dos fatores locais na temperatura do ar é bem menor.

Os valores de umidade relativa das ruas arborizadas estiveram acima dos valores de umidade relativa das ruas sem arborização, ao longo de todo o período, sempre com o comportamento inverso ao da temperatura (FIGURA 13).

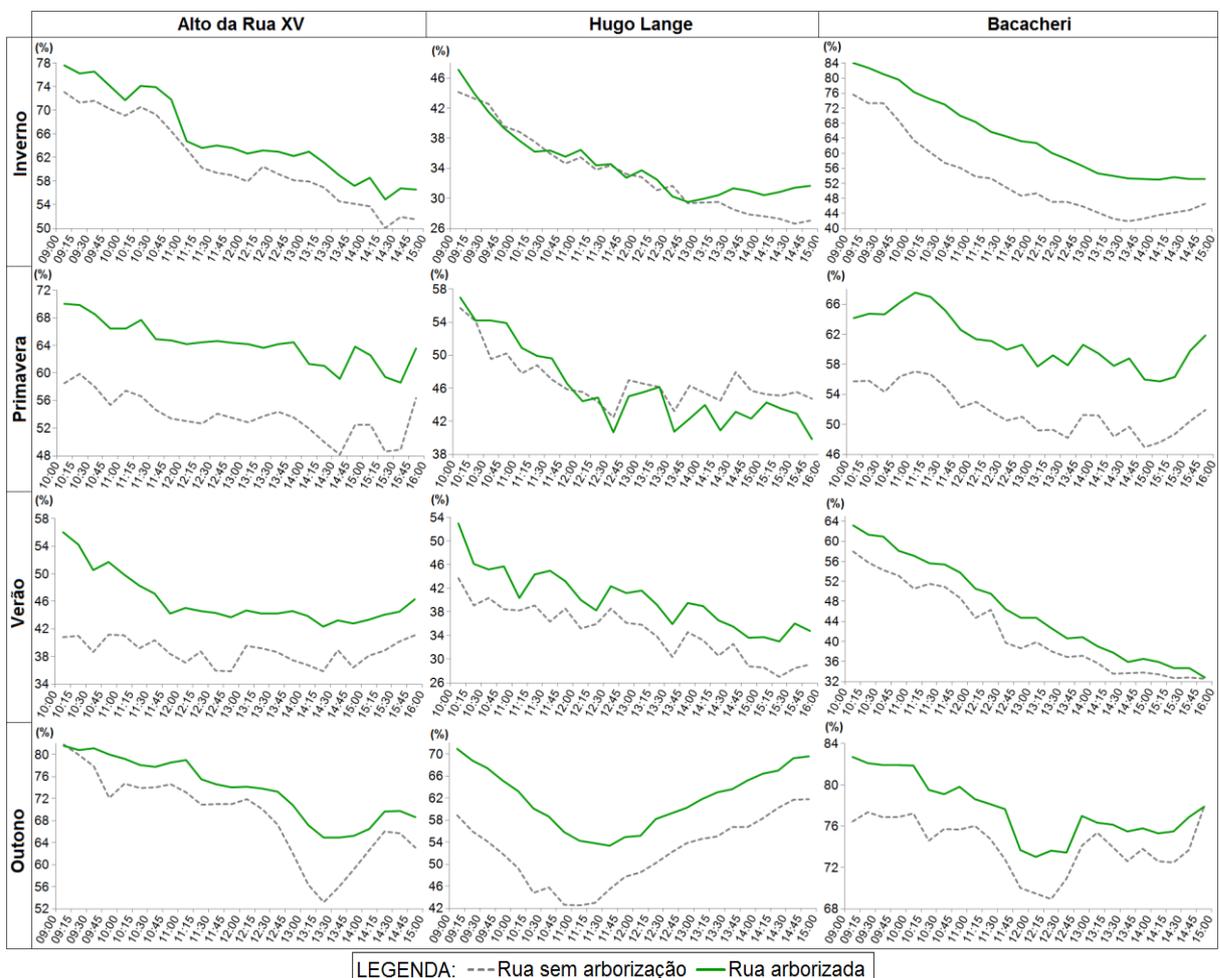


FIGURA 13 - COMPORTAMENTO PERIÓDICO DA UMIDADE RELATIVA DO AR EM CADA AMOSTRA E ESTAÇÃO DO ANO
FONTE: O autor (2013)

A umidade relativa na rua arborizada, como esperado, em todas as amostras e estações do ano, foi maior do que na rua sem arborização, exceto peculiaridades

já discutidas referentes à amostra Hugo Lange. Outros estudos já relatam o aumento da umidade relativa das áreas vegetadas em relação às não vegetadas (FONTES; DELBIN, 2001; LIMA; ROMERO, 2005). Segundo Silva Filho *et al.* (2005), as árvores funcionam como bombas de água auto-reguláveis, pois abrem os estômatos quando existe disponibilidade de água e calor, refrescando o ambiente através da evapotranspiração e os fecham quando situações adversas ocorrem, preservando condições agradáveis e condicionando o clima urbano.

4.1.3.2 Velocidade do vento

A comparação da variação a cada 15 minutos, entre os valores de velocidade do vento encontrados na rua arborizada e na rua sem arborização, permitem observar detalhadamente as diferenças de comportamento entre as ruas, em cada estação do ano e amostra (FIGURA 14).

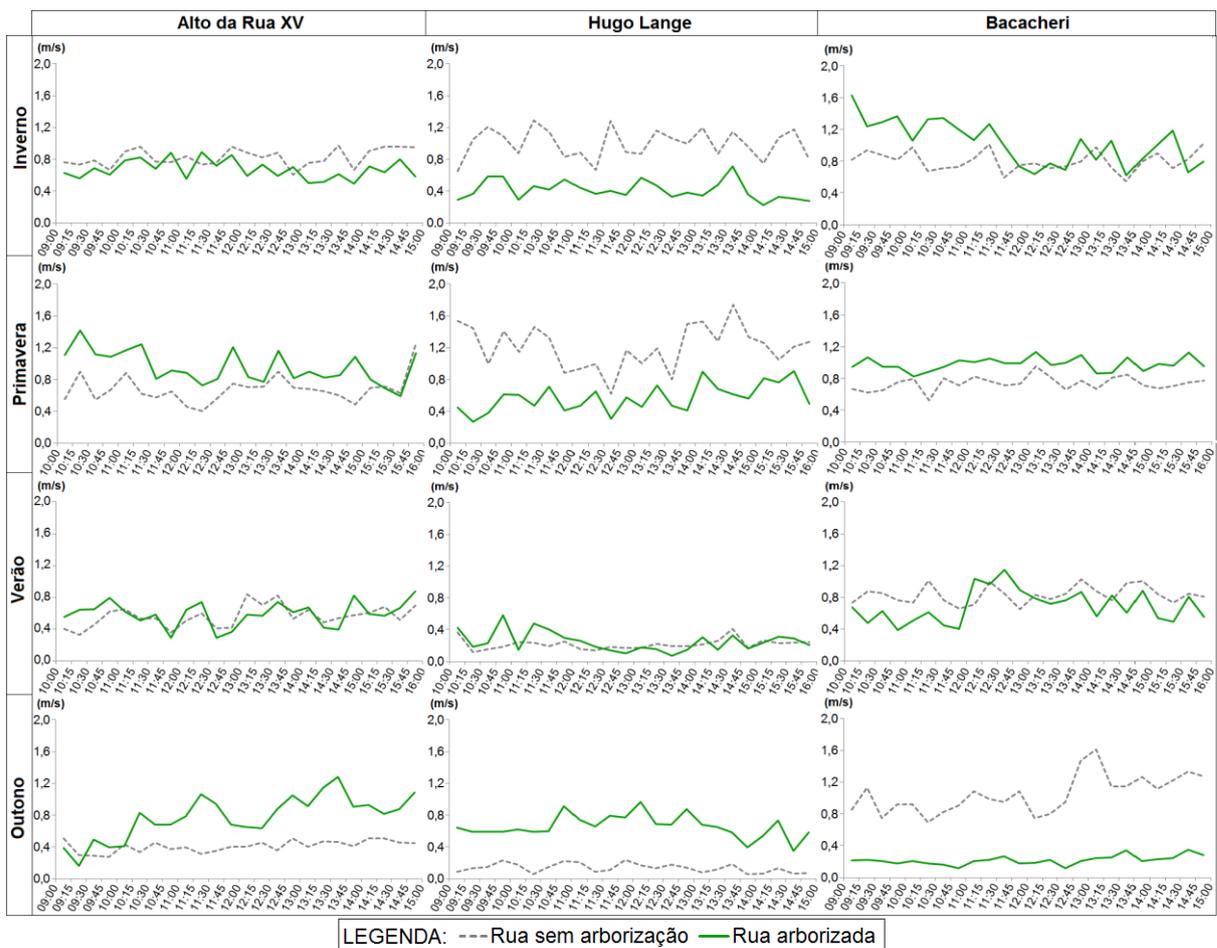


FIGURA 14 - COMPORTAMENTO PERIÓDICO DA VELOCIDADE DO VENTO EM CADA AMOSTRA E ESTAÇÃO DO ANO
 FONTE: O autor (2013)

É possível notar que a velocidade do vento apresentou comportamento variável dentro de cada amostra e estação. Destaca-se que na estação do inverno, as amostras Alto da Rua XV e Hugo Lange apresentaram menores valores nas ruas arborizadas, o que é desejável nesta estação. Na amostra Bacacheri, arborizada com espécie perene, ocorreu o inverso. Observa-se que na estação do verão, o comportamento da velocidade do vento, tanto na rua arborizada quanto na sem arborização foram semelhantes em todas as amostras.

Resultados mais significativos foram encontrados por Boutet (1987), pois o autor constatou a eficiência dos agrupamentos arbóreos em relação a espaços abertos, que reduziram em mais de 50% a velocidade do vento. Em Teresina-PI, Lopes (2006) também constatou que os espaços com vegetação arbórea reduzem a velocidade dos ventos ao nível do usuário.

No entanto, segundo Ochoa de la Torre (1999), nos ambientes urbanos, com alta densidade de construções, os ventos próximos ao solo são influenciados principalmente pela estrutura urbana, como largura das ruas, altura dos edifícios, continuidade e direção do emaranhado urbano, diferenças entre as alturas de construção e outros, fazendo com que a vegetação apresente um efeito menos significativo.

4.1.4 Diferenças microclimáticas entre as ruas

Os resultados apresentados acima descrevem o microclima proporcionado pelas ruas arborizadas e sem arborização, de modo a comparar paralelamente uma com a outra, utilizando os valores reais das variáveis meteorológicas coletadas em campo. No entanto, ao analisar as diferenças entre as ruas, com os valores processados (subtração), de cada variável, é possível determinar a real influência que os distintos arranjos paisagísticos exercem nas quatro estações do ano.

A análise de variância indicou diferença significativa para as médias encontradas entre as estações do ano (fator 1) e entre os arranjos paisagísticos (fator 2), além de interação entre estes dois fatores. Entretanto, a análise da interação não proporciona comparações de interesse, pois o efeito de cada arranjo paisagístico não é o mesmo para cada estação, assim como o efeito provocado em cada estação não é o mesmo para cada arranjo. É notório que os conjuntos de dados gerados, que deram origem às médias, são diferentes uns dos outros.

4.1.4.1 Estações do ano

As diferenças de temperatura, umidade relativa e velocidade do vento, que a arborização de ruas provocou em cada estação do ano, evidenciam e quantificam os benefícios microclimáticos gerados pela arborização de ruas (TABELA 7).

TABELA 7 - DIFERENÇA MÉDIA DAS VARIÁVEIS METEOROLÓGICAS ENTRE AS RUAS COM E SEM ARBORIZAÇÃO POR ESTAÇÕES DO ANO

Estações	Temperatura (°C)	Umidade relativa (%)	Velocidade do vento (m/s)
Inverno	1,23 c	5,59 b	0,17 a
Primavera	1,44 b	6,36 a	0,04 b
Verão	2,51 a	5,70 b	0,03 b
Outono	1,57 b	6,07 a	-0,02 b

NOTA: Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si a 1% de significância pelo teste SNK

FONTE: O autor (2013)

Observa-se na que a diferença média de temperatura entre a rua arborizada e sem arborização foi estatisticamente distinta entre as estações. A maior diferença ocorreu no verão (2,51 °C) e a menor no inverno (1,23 °C). O que é um excelente resultado, pois indica que a arborização desempenha um importante papel na atenuação das altas temperaturas, mas não proporciona grandes resfriamentos no inverno.

Segundo o Programa de preservação do meio ambiente pelo uso racional de energias (PREAMBRE)⁴ (2001, citado por Mascaró e Mascaró, 2010) no inverno, quando o ambiente é caracterizado por baixas temperaturas e alta umidade relativa do ar, a redução da temperatura provocada pela vegetação é pequena e não ocasiona desconforto. No verão, a temperatura das áreas vegetadas tem efeito mais forte de resfriamento do que no inverno (CHANG; LI; CHANG, 2007). Inclusive, Akbari e Taha (1992) alertam que a falta de vegetação causa a diminuição da temperatura no inverno, devido à facilidade com que os materiais de construção perdem calor para o meio, onde não existem barreiras naturais para detê-lo.

Ainda com relação à temperatura, é possível observar que as diferenças encontradas na primavera (1,44 °C) e outono (1,57 °C) não diferem entre si. Estas estações são parecidas em termos meteorológicos. A primavera e o outono são

⁴ PREAMBRE. Programa de preservação do meio ambiente pelo uso racional de energias. v. 5, Porto Alegre: PROPAR, UFRGS, MCT, FINEP, 2000. Relatório de pesquisa.

estações de transição climática, assim apresentam ora as características do inverno, ora as do verão (SOUZA; BORSATO, 2011). Segundo os mesmos autores, essa variação é circunstância do sistema atmosférico que está atuando, os quais se alternam em poucos dias. Desta forma, a influência provocada pela cobertura arbórea nestas duas estações também ficou em um patamar intermediário. Isto contraria os resultados encontrados em outro estudo. Dacanal, Labaki e Silva (2010), comparando o microclima de um bosque com a sua área adjacente, constataram maiores diferenças de temperatura na estação do outono (2,76 °C), seguida pelo inverno (2 °C) e verão (1,76 °C).

A umidade relativa na cidade de Curitiba não sofre grandes variações ao longo do ano, não sendo encontradas diferenças expressivas entre as estações (APÊNDICE 3). Desta forma a diferença de umidade relativa entre a rua arborizada e sem arborização foi relativamente homogênea nas quatro estações. As maiores diferenças foram encontradas na primavera (6,36%) e outono (6,07%), que embora sejam próximas às menores diferenças observadas no verão (5,70%) e inverno (5,59%), diferenciam-se estatisticamente.

Na pesquisa realizada por Dacanal, Labaki e Silva (2010), foi observada maior diferença de umidade relativa do ar na estação do inverno (11,5%). Ambos os resultados contrariam as afirmações de Mascaró e Mascaró (2009). Os autores afirmam que as maiores diferenças são verificadas no verão, pois este efeito é proporcional à densidade foliar da vegetação. Já na primavera são registrados os menores valores, devido à ação dos ventos e à existência de vazios na copa. No entanto, na cidade de Curitiba, observa-se certa homogeneidade nos valores de umidade relativa ao longo de todo o ano.

A velocidade do vento na estação do inverno mostrou-se estatisticamente distinta das demais, apresentando a maior diferença entre as ruas arborizadas e sem arborização (0,17 m/s). Resultado que pode ser reflexo dos maiores valores de velocidade do vento, dentre todos os dias de coleta, terem ocorrido nesta estação (APÊNDICE 3). Mesmo assim, a influência da arborização na variável velocidade do vento, como já explicado anteriormente, foi de difícil definição, devido às características da própria variável meteorológica.

O vento sofre influência modificadora do movimento de rotação da Terra, da força centrífuga ao seu movimento e do atrito com a superfície terrestre (SOARES; BATISTA, 2004). Segundo Varejão-Silva (2000), nas proximidades da interface

superfície-atmosfera, o vento é altamente influenciado pelas características geométricas e pelo estado de aquecimento da superfície subjacente. Assim, conforme Mascaró e Mascaró (2010), as cidades apresentam formas complexas de resposta aos ventos. Com a ocorrência dos ventos regionais, o domo climático pode mudar sua conformação, alongá-la em forma de pluma e atingir a região a sotavento da estrutura urbana.

Contudo, a eficiência na redução da velocidade dos ventos depende da disposição dos indivíduos arbóreos nos espaços abertos (WATANABE *et al.*, 2006). Também são fatores determinantes para as condições de ventilação de um ambiente as características das espécies arbóreas, como: o porte, a forma, a permeabilidade, o período de desfolhamento e a idade (MASCARÓ; MASCARÓ, 2010).

4.1.4.2 Arranjos paisagísticos

A influência proporcionada pela arborização de ruas na temperatura, umidade relativa e velocidade do vento, variou conforme os diferentes arranjos paisagísticos estudados. A análise estatística aplicada a essas diferenças de temperatura e umidade relativa, encontradas entre as ruas arborizadas e sem arborização, indica diferença significativa entre todos os arranjos (TABELA 8).

TABELA 8 - DIFERENÇA MÉDIA DAS VARIÁVEIS METEOROLÓGICAS ENTRE AS RUAS COM E SEM ARBORIZAÇÃO POR ARRANJOS PAISAGÍSTICOS E ESTAÇÃO DO ANO

Arranjos paisagísticos	Inverno	Primavera	Verão	Outono	Média
Temperatura (°C)					
1 – Tipuana	0,4	2,3	3,7	2,1	2,12 a
2 – Ipê	0,0	-0,3	1,8	2,4	0,97 c
3 – Dedaleiro/angico	3,3	2,3	2,1	0,2	1,97 b
Umidade relativa (%)					
1 – Tipuana	4,2	10,5	7,5	5,0	6,80 b
2 – Ipê	1,1	-0,8	5,4	9,7	3,89 c
3 – Dedaleiro/angico	11,4	9,3	4,2	3,5	7,10 a
Velocidade do vento (m/s)					
1 – Tipuana	0,2	-0,3	0,0	-0,4	-0,13 a
2 – Ipê	0,6	0,6	0,0	-0,5	0,17 b
3 – Dedaleiro/angico	-0,2	-0,2	0,1	0,8	0,13 b

NOTA: Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si a 1% de significância pelo teste SNK

FONTE: O autor (2013)

Observa-se que o arranjo paisagístico 1 proporcionou a maior diferença de temperatura (2,12 °C), seguido pelo arranjo paisagístico 3 (1,97 °C) e arranjo paisagístico 2 (0,97 °C). A maior diferença de umidade relativa foi encontrada no arranjo paisagístico 3 (7,1%), seguido pelo 1 (6,8%) e 2 (3,9%). Estes resultados ocorreram principalmente em resposta às diferentes características das espécies utilizadas. A copa, por exemplo, quando muito densa, retém mais água e aumenta a umidade relativa do ar sob elas, bem como o tipo de folhagem que é importante para se obter um controle da umidade do ar (MASCARÓ; MASCARÓ, 2010).

Kurbán *et al.* (2002) destacam que a vegetação introduz condições diferenciadas de absorção da radiação solar em função do volume de copa, da superfície e densidade das folhas, cores e ciclo de foliação. Características bem diferenciadas entre as espécies estudadas. A tipuana e o angico apresentam grande área de copa, com folhas pequenas, mas com densidade expressiva, o que resulta em uma absorção de radiação diferente do ipê, que tem uma área de copa pequena, com folhas médias, em densidade baixa. Assim como é diferente do dedaleiro, espécie com copa e folhas de tamanho médio e densidade de copa alta.

Ressalta-se também, que as condições diferenciadas de absorção da radiação solar são influenciadas pela forma de plantio dessas espécies. No arranjo paisagístico 1, a tipuana foi plantada de modo a formar um túnel, devido ao entrelaçamento das copas, e assim ofereceu maiores barreiras para a chegada de radiação solar a superfície. Já no arranjo paisagístico 2, ocorre o contrário, pois os exemplares de ipê foram plantados de modo que as copas ficassem isoladas, favorecendo a entrada da radiação. Em uma escala intermediária está o arranjo paisagístico 3, onde um lado da via apresenta copas isoladas e no outro lado copas entrelaçadas.

A diferença de velocidade do vento encontrada no arranjo paisagístico 1 foi estatisticamente distinta das demais, isto porque a média encontrada na rua arborizada apresentou valores superiores à rua sem arborização. Sabe-se que a vegetação produz alguns efeitos básicos em relação ao vento, como: canalização, deflexão, obstrução e filtragem (ROBINETTE⁵, 1972, citado por MASCARÓ; MASCARÓ, 2010). Segundo o mesmo autor, esse efeito de canalização do vento se

⁵ ROBINETTE, G. O. **Plants, people and environmental quality**: a study of plants and their environmental functions. Washington, D. C.: Department of the Interior, National Park Service, 1972. 136 p.

produz quando o corredor de vegetação é bem definido e relativamente estreito, assim como o encontrado neste arranjo paisagístico.

O comportamento dessas diferenças microclimáticas entre as ruas com e sem arborização, ao longo de todo o período de coleta, separadamente para cada estação do ano, fornecer informações mais detalhadas e relevantes sobre a influência que cada arranjo paisagístico exerce no ambiente microclimático (FIGURA 15).

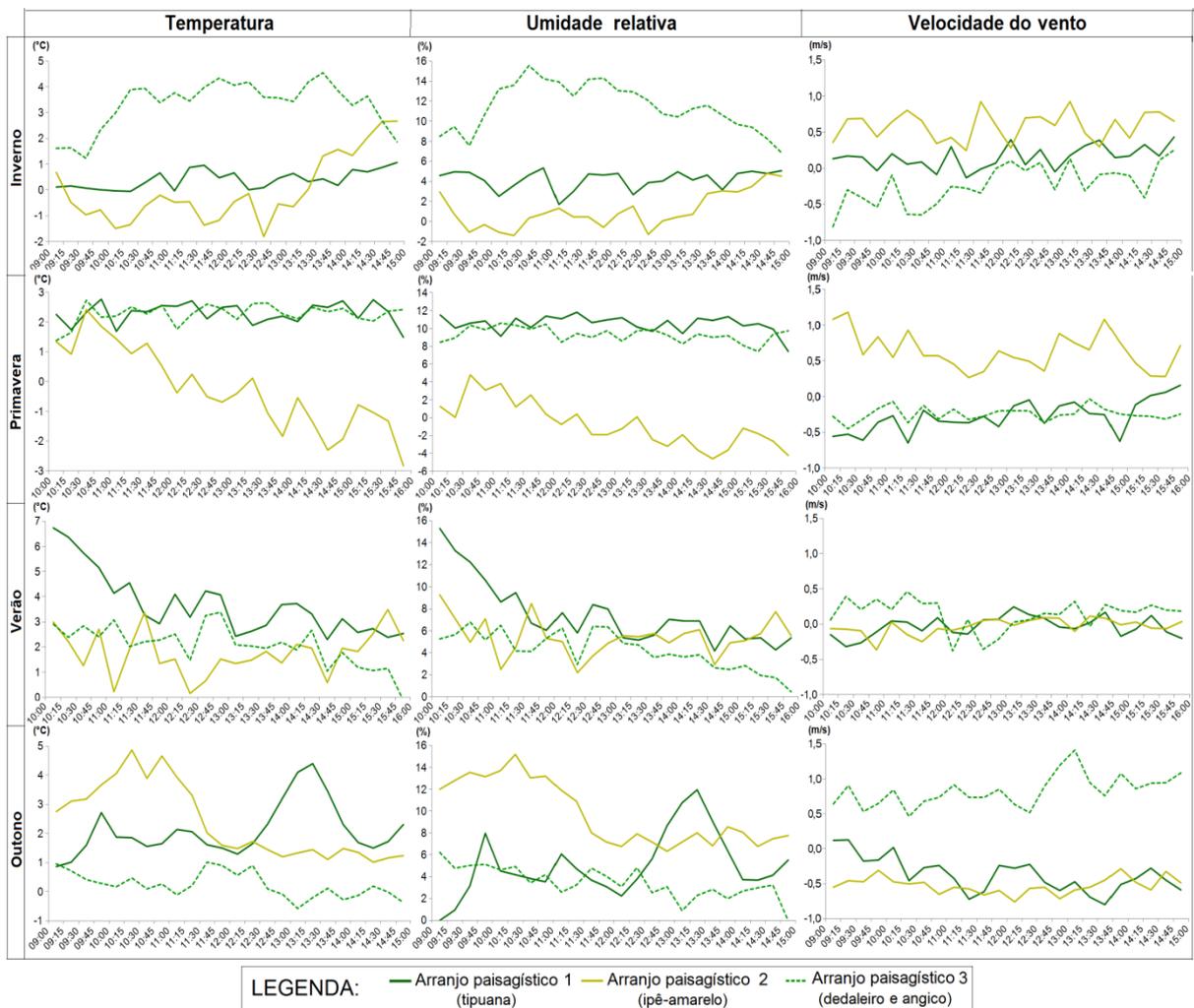


FIGURA 15 - COMPORTAMENTO DAS DIFERENÇAS MICROCLIMÁTICAS DE CADA ARRANJO PAISAGÍSTICO NAS DIFERENTES ESTAÇÕES DO ANO

FONTE: O autor (2013)

Pode-se observar que em todas as estações do ano o comportamento das diferenças de temperatura proporcionado por cada arranjo paisagístico é semelhante ao comportamento das diferenças de umidade relativa. A curva de variação dessas diferenças segue o mesmo padrão para estas duas variáveis. Segundo Soares e

Batista (2004), a umidade relativa do ar apresenta um curso diário inverso ao da temperatura, isto porque a umidade relativa é inversamente proporcional à pressão de saturação de vapor d'água, que por sua vez é diretamente proporcional à temperatura. Desta forma, a umidade relativa do ar tende a aumentar quando há diminuição da temperatura e a diminuir quando há aumento da temperatura (LAMBERTS; DUTRA; PEREIRA, 1997).

No verão, o arranjo paisagístico 1 apresentou uma diferença de temperatura bem acentuada na primeira hora de monitoramento (em média 6 °C). Assim como, em menores proporções, o arranjo paisagístico 2 na primavera e outono. Lima (2009), nas praças de Maringá, também encontrou a maior diferença de temperatura entre os ambientes (sob a vegetação/ exposto a radiação direta), na estação do verão, às 9h00 da manhã. Fontes e Delbin (2001), em áreas verdes de Bauru - SP, neste mesmo horário observaram grandes diferenças de temperatura.

O arranjo paisagístico 1 (FIGURA 16), no inverno, apresentou a menor diferença de temperatura (0,4 °C), de forma homogênea ao longo de todo o período. Na primavera e verão foi o que apresentou as maiores diferenças, em média 2,3 °C e 3,7 °C respectivamente, sendo que no verão durante o período da manhã essa diferença foi mais expressiva. No outono, embora não tenha sido encontrada a maior diferença média (2,1 °C), durante todo o período da tarde foi à rua que proporcionou a maior diferença. A diferença de umidade relativa seguiu estes mesmos padrões e a da velocidade do vento foi sempre a que ficou mais próxima de zero.

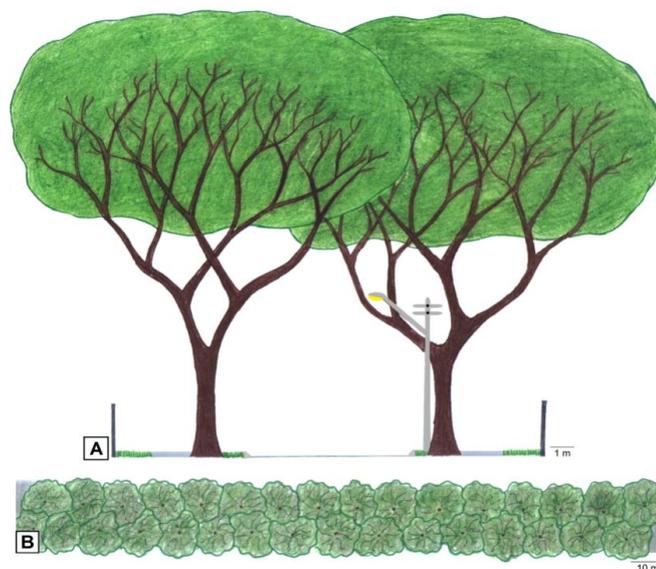


FIGURA 16 - ARRANJO PAISAGÍSTICO 1: A - PERFIL DA RUA; B- VISTA DE TOPO
 FONTE: O autor (2013)

Segundo Mascaró e Mascaró (2010), as árvores, principalmente as de grande porte, como é o caso da tipuana, acrescentam ao ambiente urbano mais capacidade térmica, provocando queda diurna dos valores de temperatura. O que pode ser observado no presente estudo ao longo de todo o período de monitoramento e em todas as estações.

O arranjo paisagístico 2 (FIGURA 17), como já abordado anteriormente, apresentou certas peculiaridades. No entanto, pode-se observar que no inverno, quando não existiu diferença média (0 °C), esse arranjo paisagístico apresentou comportamentos diferentes ao longo do período de análise. Na maior parte do tempo a diferença foi em torno de 0,6 °C, com os maiores valores ocorrendo na rua arborizada (diferença negativa), o que se inverteu nas últimas horas e a diferença passou a ser de aproximadamente 2,5 °C. Na primavera e verão apresentou as menores diferenças ao longo da maior parte do tempo, 0,3 °C e 1,8 °C, respectivamente, sendo que novamente, na primavera os maiores valores ocorreram na rua arborizada (diferença negativa). No outono, foi encontrada a maior diferença média (2,4 °C), mas o comportamento ao longo do dia foi distinto. Durante todo o período da manhã apresentou expressiva diferença, o que não ocorreu no período da tarde. A diferença de umidade relativa seguiu estes mesmos padrões e a diferença de velocidade do vento foi a maior encontrada nas estações do inverno e primavera.

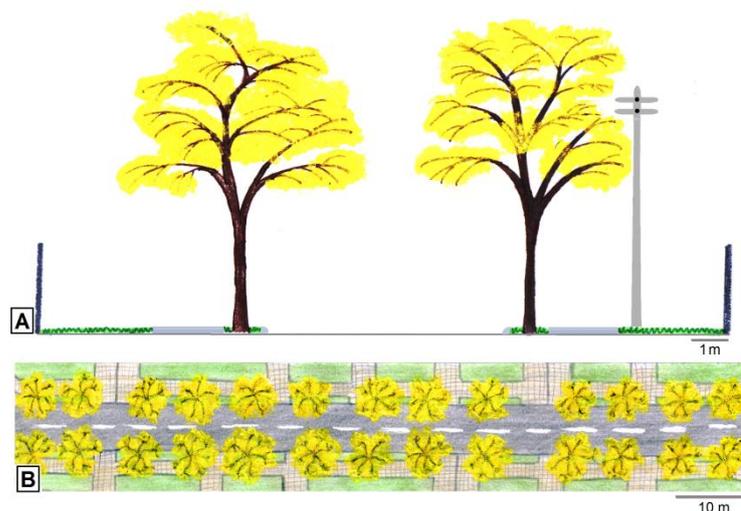


FIGURA 17 - ARRANJO PAISAGÍSTICO 2: A- PERFIL DA RUA; B - VISTA DE TOPO
 FONTE: O autor (2013)

As espécies caducifólias, como é o caso do ipê-amarelo e da tipuana, são frequentemente indicadas para regiões que apresentam as estações do ano

definidas. Estas espécies são especialmente funcionais, pois durante a época mais quente proporcionam sombra e durante o período mais frio, no qual perdem suas folhas, permitem a incidência dos raios solares, aquecendo o ambiente (OCHOA DE LA TORRE, 1999).

O arranjo paisagístico 3 (FIGURA 18), apresentou a maior diferença média de temperatura na estação do inverno (3,3 °C). Na primavera, apresentou um comportamento semelhante ao arranjo 1 (diferença média de 2,3 °C). No verão apresentou uma diferença intermediária (2,1 °C), quando comparada com as outras espécies. No outono, foi o arranjo paisagístico que apresentou a menor diferença (0,2 °C). Entre todos os arranjos paisagísticos foi o que apresentou diferenças mais homogêneas ao longo dos períodos de monitoramento. Como nos demais, a diferença de umidade relativa seguiu os mesmos padrões da temperatura e a diferença de velocidade do vento foi a maior encontrada na estação do outono e a menor no inverno e primavera.

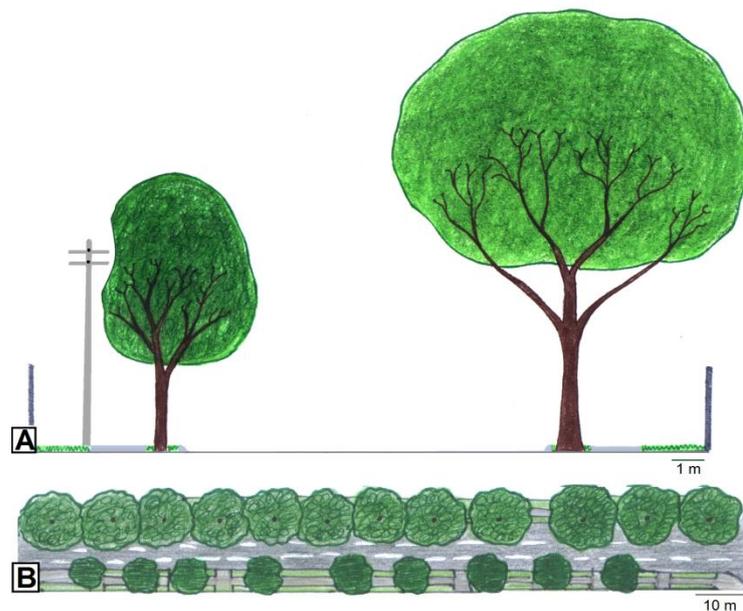


FIGURA 18 - ARRANJO PAISAGÍSTICO 3: A - PERFIL DA RUA; B - VISTA DE TOPO
 FONTE: O autor (2013)

A utilização de espécies de folhagem densa, que irão permitir a absorção da radiação solar e o esfriamento do ar acentuam as diferenças de temperatura (MASCARÓ; MASCARÓ, 2010). No entanto, segundo Ochoa de la Torre (1999), as espécies perenifólias podem funcionar tanto como elementos de sombra como plantas defletoras do vento. Entretanto, elas mantêm suas folhas durante todo o ano, o que também pode proporcionar efeitos negativos, como ao desviar os ventos

necessários no verão ou proporcionar sombras desnecessárias no inverno. As espécies que compõem o arranjo paisagístico 3, conforme indica a literatura (LORENZI, 2008) são semi-caducifólias, porém em todos os dias de coleta estavam com a presença de folhas.

Contudo, o arranjo paisagístico 1, que utiliza o plantio de tipuana nos dois lados da rua, plantadas de modo a fazer com que suas copas se entrelacem e formem um túnel, é a melhor escolha para se buscar um microclima mais agradável em todas as estações do ano. Ao contrário, a utilização de espécies de copa rala e plantadas de forma isolada, como é o caso da rua arborizada com ipê é o arranjo paisagístico que proporciona a menor influência no microclima.

Corroboram com esse resultado Mascaró e Mascaró (2009), os quais ressaltam que os ambientes urbanos arborizados com espécies de pequeno porte sofrem mais os efeitos indesejáveis do clima do que os que utilizam espécies de grande porte, que produzem microclimas mais amenos. Porém, para que o plantio de espécies de grande porte em calçadas públicas seja considerado como desejável, são necessários maiores estudos para que se encontrem infraestruturas urbanas adequadas para o plantio dessas espécies.

4.2 INFLUÊNCIA DA ARBORIZAÇÃO DE RUAS NO CONFORTO TÉRMICO HUMANO

4.2.1 Conforto térmico nas ruas com e sem arborização

Nas ruas arborizadas o índice de conforto térmico apresentou-se diferente das ruas sem arborização. De maneira geral, as ruas arborizadas apresentaram menores valores de UTCI, o que demonstra a influência que a arborização de ruas exerce no conforto térmico humano (TABELA 9).

TABELA 9 - MÉDIA DOS VALORES DO UTCI NAS RUAS COM E SEM ARBORIZAÇÃO E ANÁLISE ESTATÍSTICA (TESTE T)

Arborização	UTCI (°C)	Classe
Sem	26,0	Moderado calor
Com	22,4	Sem estresse
Teste t	25,22** p<0,001	

NOTA: (**) Significativo a 1% de probabilidade pelo teste t de Student
FONTE: O autor (2013)

Observa-se que a análise estatística aplicada aos valores de UTCI demonstrou diferença significativa entre as médias encontradas na rua arborizada (22,4 °C) e na rua sem arborização (26,0 °C). Essa diferença de apenas 3,6 °C foi suficiente pra mudar a classe de conforto. Os valores médios de UTCI indicam que a rua arborizada é “confortável” (sem estresse), enquanto que a rua sem arborização apresenta “estresse por moderado calor”.

Lima (2009) ao analisar a temperatura e umidade relativa do ar demonstrou que a formação de ambientes térmicos urbanos mais agradáveis está diretamente associada à presença da vegetação. Analisando essas mesmas variáveis, em uma via arborizada e outra com pouca arborização na cidade de Manaus, Monteiro (2008) também comprovou a influência que a vegetação pode ter na busca por níveis satisfatórios de conforto térmico à população.

Gomes e Amorim (2003) analisaram o conforto de praças em Presidente Prudente - SP com a utilização da Temperatura Efetiva, concluíram que a vegetação tem grande importância como reguladora do campo térmico urbano, pois a área arborizada apresentou índices de conforto em relação aos outros pontos sem vegetação. Em um parque na cidade Freiburg na Alemanha, Streiling e Matizaski (2003) encontraram diferenças significativas para o conforto entre as áreas com e sem árvore, utilizando o índice Temperatura Fisiológica Equivalente (PET). Também com este mesmo índice, Martini *et al.* (2011), na cidade de Curitiba, encontraram melhores condições de conforto térmico no interior de um fragmento florestal urbano do que na área externa.

Assim como descrito para a influência da cobertura arbórea no microclima, ressalta-se que todos os estudos apresentados referem-se à vegetação na forma de grandes áreas verdes existentes nas cidades, o que torna os resultados encontrados na presente pesquisa ainda mais significativos, pois a influência da arborização de ruas no conforto térmico se mostrou tão significativa quanto à dessas áreas verdes.

O resultado encontrado demonstra, de modo geral, a influência que a arborização de ruas exerce no índice de conforto. Entretanto, o estudo foi realizado nas quatro estações do ano e utilizando diferentes espécies, o que exige uma análise mais detalhada. A análise dos valores encontrados nas ruas arborizadas e sem arborização separadamente para cada dia de coleta está apresentado na TABELA 10.

TABELA 10 - MÉDIA DOS VALORES DO UTCI ENTRE A RUA COM E SEM ARBORIZAÇÃO EM CADA AMOSTRA E ESTAÇÃO DO ANO

Estação do ano	Alto da Rua XV			Hugo Lange			Bacacheri		
	Sem	Com	Teste t	Sem	Com	Teste t	Sem	Com	Teste t
Inverno	11,4	15,8	16,6 **	20,4	18,3	10,49 **	24,4	14,0	32,80 **
Primavera	24,3	19,2	32,8 **	30,6	27,8	9,29 **	24,8	21,0	24,29 **
Verão	33,7	25,9	43,4 **	33,7	32,4	7,32 **	38,0	30,2	45,17 **
Outono	23,2	19,6	28,4 **	25,6	24,0	9,26 **	22,7	20,4	15,72 **

LEGENDA: ■ Sem estresse ■ Moderado calor ■ Forte calor ■ Muito forte calor ■ Extremo calor

NOTA: (**) Significativo a 1% de probabilidade pelo teste t de Student

FONTE: O autor (2013)

Observa-se que para o UTCI, a análise estatística realizada demonstrou diferença significativa entre as médias encontradas nas ruas sem arborização e as médias encontradas nas ruas arborizadas em todas as estações do ano e amostras, ao nível de 1% de significância.

Na primeira amostra, Alto da Rua XV, em todas as estações, a rua arborizada foi classificada como “confortável”. No entanto, mesmo existindo diferença estatística entre as médias do inverno, primavera e outono, não houve distinção de classe de conforto entre as ruas, tanto a rua arborizada quanto sem arborização foram classificadas como “sem estresse”. Já no verão, foi observada mudança na classificação de conforto, sendo que a rua arborizada apresentou a classe “sem estresse” e a rua sem arborização apresentou “estresse por forte calor” (duas escalas acima).

A amostra Hugo Lange, mesmo apresentando diferença estatística significativa entre as ruas, em todas as estações do ano, proporcionou a mesma classe de conforto para a rua arborizada e a rua sem arborização. No inverno e outono, ambas as ruas, não apresentaram estresse térmico. Na primavera apresentaram “estresse por moderado calor” e no verão “estresse por forte calor”.

Na amostra Bacacheri, as ruas arborizadas e sem arborização apresentaram a mesma classe de conforto, “sem estresse”, nas estações do inverno, primavera e outono. No verão, a rua arborizada apresentou “estresse por moderado calor” e a rua sem arborização “estresse por muito forte calor”. Embora a rua arborizada tenha apresentado desconforto para o calor, este foi menor do que o apresentado pela rua sem arborização no mesmo período analisado.

A análise realizada separadamente para cada dia de coleta também demonstrou a influência positiva e significativa que arborização de ruas exerce no conforto térmico humano. Isto comprova que grupos de árvores ou mesmo muitas árvores espalhadas podem ser também eficientes na melhoria microclimática, contribuindo assim para a condição humana de conforto (SCHUBERT, 1979; GREY; DENEKE, 1986).

Por isso, Minella (2009) afirma que a vegetação é um dos melhores ou, talvez, o melhor recurso para se obter o conforto térmico em vias públicas. Indicação proveniente do papel que a arborização desempenha. Mascaró e Mascaró (2010) afirmam que essa melhora nas condições ambientais adversas e no conforto térmico deve-se ao sombreamento, função mais importante das árvores no ambiente urbano, pois diminui a sensação de calor dos usuários, tanto dos pedestres quanto dos motoristas.

4.2.2 Valores máximos e mínimos do UTCI

A rua arborizada, de maneira geral, apresentou menores valores de UTCI máximo e mínimo, quando comparada com a rua sem arborização. O teste t de Student indicou não haver diferença significativa entre as médias. No entanto, houve variação na escala de conforto entre as ruas para os valores de UTCI máximo (TABELA 11).

TABELA 11 - VALORES EXTREMOS DO UTCI ENCONTRADOS NAS RUAS COM E SEM ARBORIZAÇÃO E TESTE T

Arborização	UTCI máximo (°C)	UTCI mínimo (°C)
Sem	32,3	19,9
Com	27,8	15,9
Teste t	1,62 ^{ns} $p = 0,119$	1,28 ^{ns} $p = 0,212$

NOTA: (^{ns}) Não significativo pelo teste t de Student
 FONTE: O autor (2013)

A média geral entre os valores das três amostras analisadas em cada estação do ano, apresentadas na TABELA 11, revelaram que embora não tenha sido encontrada diferença estatística significativa para os valores máximos de UTCI, a classe de conforto da rua sem arborização foi diferente da rua arborizada. Na primeira, obteve-se a classe de “estresse por forte calor” e na segunda, uma escala

mais agradável, “estresse por moderado calor”. Embora a média do UTCI mínimo da rua arborizada tenha sido 4,0 °C menor do que o encontrado nas ruas sem arborização, a classe de conforto não se alterou. Para ambas as ruas, o UTCI mínimo permitiu a sensação de conforto.

Os resultados apresentados anteriormente mostram a influência que a arborização de ruas exerce nos valores de UTCI, de modo geral. Entretanto, quando se analisa os valores encontrados nas ruas arborizadas e sem arborização, separadamente para cada estação e amostra, pode-se observar algumas características peculiares de cada amostra ou estação (FIGURA 19).

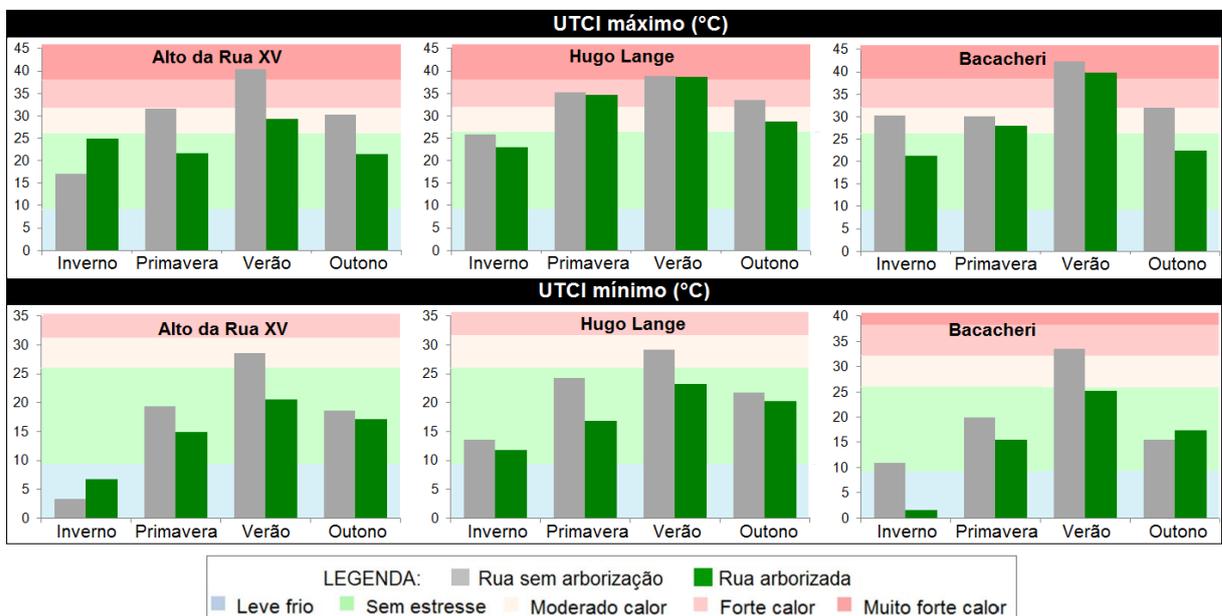


FIGURA 19 - VALORES EXTREMOS DO UTCI ENCONTRADOS NAS RUAS EM CADA AMOSTRA E ESTAÇÃO DO ANO

FONTE: O autor (2013)

Observa-se que, na amostra Alto da Rua XV os valores máximos e mínimos do UTCI da rua sem arborização foram superiores aos da rua arborizada com tipuana, nas estações da primavera, verão e outono. No inverno, isto se inverteu. No entanto, embora as máximas das duas ruas estejam na classe de “conforto” e as mínimas na classe de “estresse por leve frio”, esse valor mais elevado na rua arborizada a torna mais agradável no inverno, quando são encontradas temperaturas mais baixas.

Na primavera e outono, os valores máximos do UTCI na rua arborizada mantiveram-se na classe de “conforto”, enquanto que os da rua sem arborização ficaram em “estresse por moderado calor”. Já para os valores mínimos, ambas as

ruas apresentaram condições confortáveis. No verão, a rua arborizada apresentou um UTCI máximo classificado como “estresse por moderado calor”, enquanto a rua sem arborização foi classificada como “estresse por muito forte calor”. Para os valores mínimos, a rua arborizada apresentou um valor classificado em “conforto”, enquanto a sem arborização apresentou “estresse por moderado calor”.

Na amostra Hugo Lange é possível notar que os valores máximos do UTCI na rua sem arborização sempre foram maiores do que o da rua arborizada com ipê-amarelo, em uma proporção pequena. No inverno, primavera e verão, a classe de conforto encontrada foi a mesma para as duas ruas, “sem estresse”, “estresse por forte calor” e “estresse por muito forte calor”, respectivamente. Já no outono, a rua arborizada foi classificada como “confortável”, enquanto a sem arborização foi classificada como “estresse por moderado calor”. Os valores mínimos desta amostra sempre foram menores na rua arborizada, sendo que em todas as estações marcaram condições de “conforto”. A rua sem arborização apresentou condições de conforto em todas as estações, exceto no verão (“estresse por moderado calor”).

A amostra Bacacheri apresentou valores de UTCI máximo na rua sem arborização superiores ao da rua arborizada, em todas as estações do ano. No entanto, na primavera e verão as duas ruas apresentaram a mesma classe de conforto, “estresse por moderado calor” e “estresse por muito forte calor”, respectivamente. No inverno e outono, a rua arborizada apresentou condições de conforto, enquanto a rua sem arborização apresentou “estresse por moderado calor”. Para os valores mínimos, as duas ruas apresentaram condições de conforto na primavera e outono. No inverno, a rua arborizada apresentou condição de “estresse por leve frio” e a rua sem arborização condição de conforto. Isto ocorreu devido à permanência das folhas nas árvores, nesta estação. No verão, a rua arborizada foi classificada como “confortável”, enquanto a sem arborização apresentou “estresse por forte calor”.

Pode-se notar, de maneira geral, que para os valores extremos, as ruas arborizadas proporcionam melhores condições de conforto do que as ruas sem arborização, em todas as estações do ano. Isto ocorreu devido a atenuação das variáveis microclimáticas que a cobertura arbórea proporciona, já discutido anteriormente.

4.2.3 Comportamento periódico do UTCI e duração do estresse térmico humano

4.2.3.1 Amostra Alto da XV

A comparação do comportamento periódico, entre os valores do UTCI, encontrados na rua arborizada com *Tipuana tipu* e na rua sem arborização, permitem observar detalhadamente as diferenças entre as ruas, em cada estação do ano (FIGURA 20).

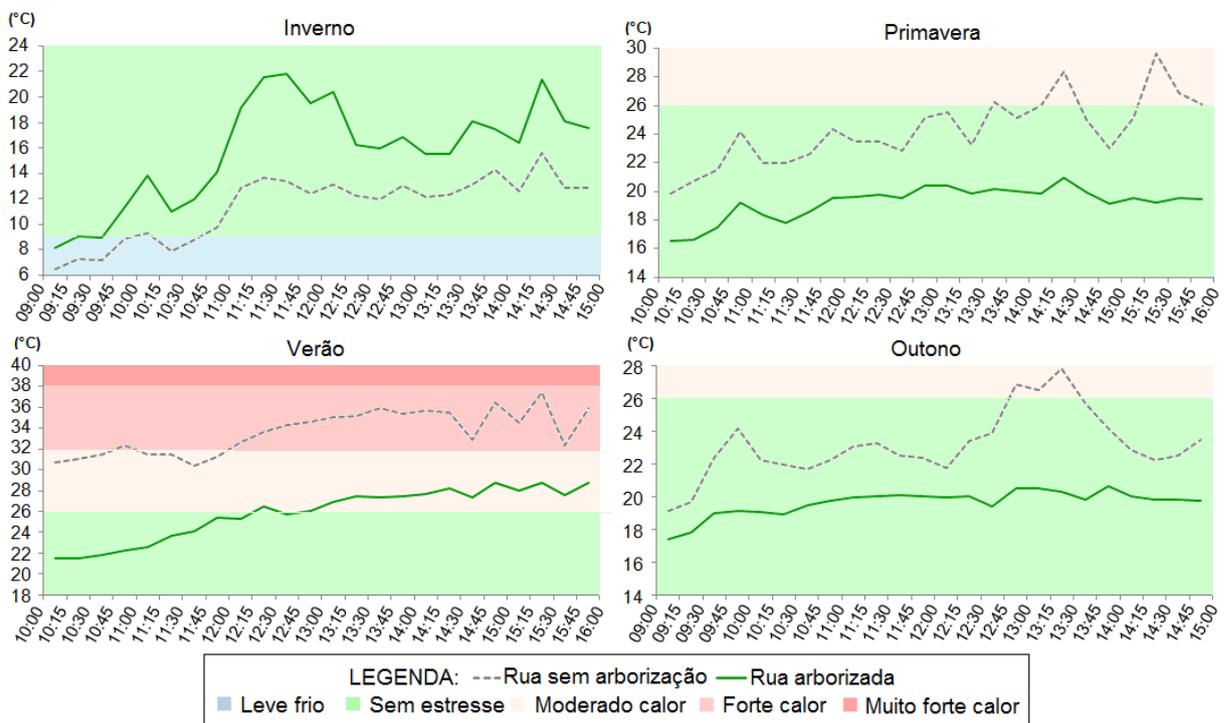


FIGURA 20 - COMPORTAMENTO PERIÓDICO DO UTCI NAS RUAS DA AMOSTRA ALTO DA RUA XV EM CADA ESTAÇÃO DO ANO

FONTE: O autor (2013)

Nota-se que em todas as estações do ano as curvas dos valores do UTCI da rua arborizada com tipuana estiveram abaixo das curvas dos valores da rua sem arborização, exceto na estação do inverno. Nesta estação, nos 30 minutos iniciais a rua arborizada apresentou desconforto por “leve frio”, após este período manteve-se na escala de conforto. Já a rua sem arborização permaneceu por um período maior na escala de “leve frio”.

Na primavera, durante todo o período de monitoramento a rua arborizada apresentou condições de conforto e a rua sem arborização chegou a marcar desconforto por “moderado calor”. A rua sem cobertura arbórea, durante o período

da manhã permaneceu na classe de conforto, mas no período da tarde apresentou condições de desconforto. Esta mesma situação ocorreu na estação do outono, em menores proporções.

No verão, durante o período da manhã, a rua arborizada estava em condições de conforto, mas durante a tarde passou para “estresse por moderado calor”. Mesmo assim, apresentou condições melhores do que a rua sem arborização. Esta, nas duas horas iniciais esteve na classe de “estresse por moderado calor” e durante o restante do período apresentou “estresse por forte calor”.

Em todas as estações do ano a rua arborizada com tipuana apresentou melhores condições de conforto térmico, inclusive no inverno. O tempo de permanência em cada classe de estresse, que a rua arborizada com tipuana e a rua sem arborização apresentaram ao longo de todo o período de monitoramento, nas quatro estações do ano, demonstram ainda mais os benefícios que a arborização de ruas exerce no conforto térmico (FIGURA 21).

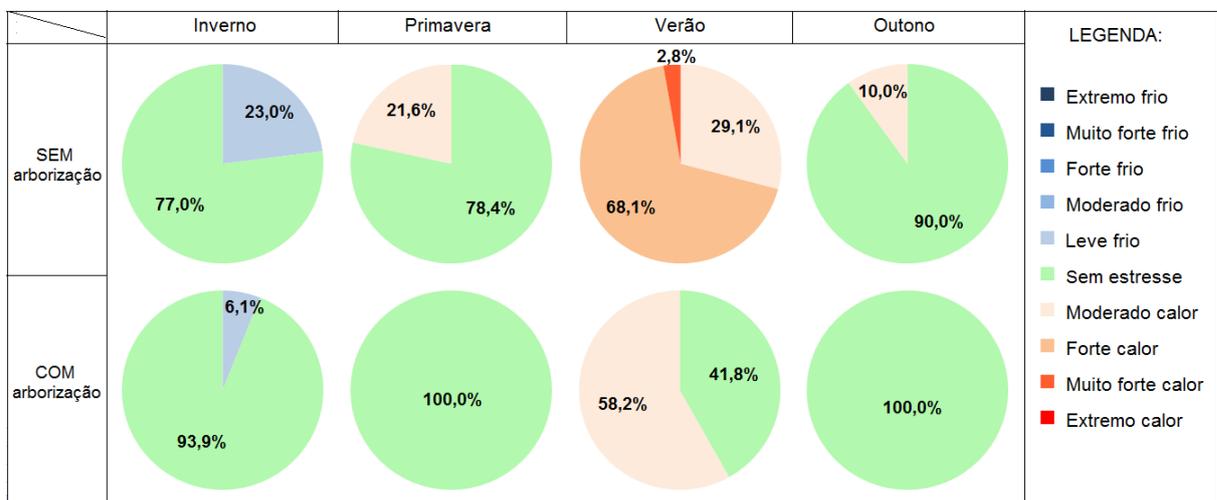


FIGURA 21 - TEMPO DE PERMANÊNCIA EM CADA CLASSE DE ESTRESSE DAS RUAS DA AMOSTRA ALTO DA RUA XV NAS QUATRO ESTAÇÕES DO ANO
FONTE: O autor (2013)

Observa-se que a rua arborizada, em todas as estações do ano, apresentou maior duração de conforto térmico. Na estação do inverno, o tempo de permanência na classe de conforto da rua arborizada foi 16,9% maior do que na rua sem arborização, na primavera 21,6%, no verão 41,8% e no outono 10,0%.

No inverno, a rua sem arborização apresentou desconforto por “leve frio” em 23,0% do tempo, enquanto a rua arborizada apresentou apenas 6,1% do tempo

nesse nível. Na primavera e outono, a rua arborizada apresentou conforto térmico durante todo o tempo, já a rua sem arborização, apresentou desconforto por “moderado calor” em 21,6% do tempo, na primavera e 10% no outono. No verão, a rua arborizada apresentou desconforto por “moderado calor” na maior parte do tempo (58,2%) e conforto térmico em 41,8% do tempo, já a rua sem arborização apresentou desconforto por “forte calor” em 68,1% do tempo, “moderado calor” em 29,1% e “muito forte calor” em 2,8%.

4.2.3.2 Amostra Hugo Lange

A comparação do comportamento periódico entre os valores do UTCI encontrados na rua arborizada com *Handroanthus chrysotrichus* e na rua sem arborização, permite observar detalhadamente as diferenças entre as ruas em cada estação do ano (FIGURA 22).

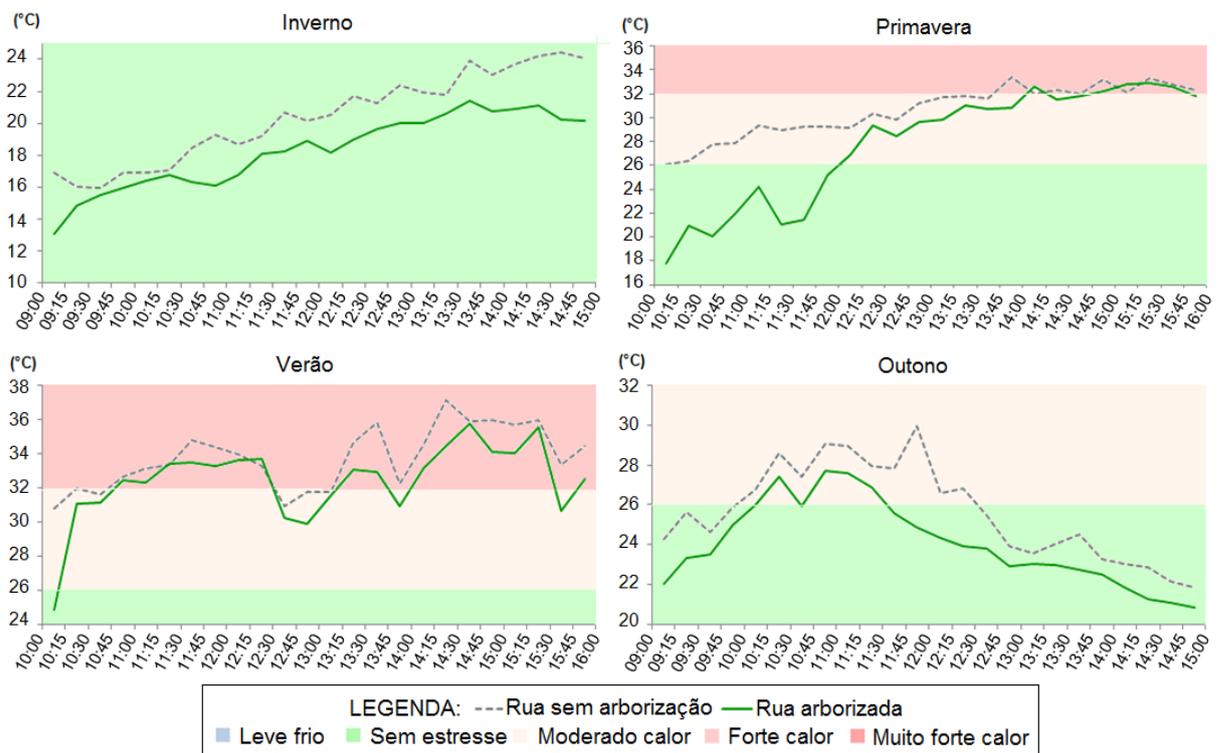


FIGURA 22 - COMPORTAMENTO PERIÓDICO DO UTCI NAS RUAS DA AMOSTRA HUGO LANGE EM CADA ESTAÇÃO DO ANO

FONTE: O autor (2013)

Observa-se que em todas as estações do ano as curvas dos valores do UTCI da rua arborizada estiveram abaixo das curvas dos valores da rua sem

arborização. No inverno, o comportamento entre as ruas foi muito semelhante, as duas mantiveram-se durante todo o período em condições de conforto. Na primavera, até às 12 horas a rua arborizada apresentou condições de conforto, posteriormente passou para “estresse por moderado calor”, chegando a alcançar “estresse por forte calor” em alguns pontos do período da tarde. Já a rua sem arborização iniciou com “estresse por moderado calor” e se manteve nessa classe na maior parte do tempo, mas após as 13h30 apresentou “estresse por forte calor”.

No verão houve muita oscilação nos valores de UTCI para as duas ruas, estas apresentaram condições de “estresse por moderado calor” e “estresse por forte calor”. No entanto, na maior parte do tempo a rua sem arborização esteve em “estresse por forte calor”, já a rua arborizada apresentou condições mais agradáveis.

No outono, a rua arborizada esteve na maior parte do tempo em condições de conforto, apenas entre as 10 horas e 11h30 alcançou “estresse por moderado calor”. A rua sem arborização também apresentou condições de conforto, mas alcançando “moderado calor” por mais tempo.

De modo geral, as ruas apresentaram comportamento semelhante, devido provavelmente às características da arborização nessa amostra, pois o ipê-amarelo além de suas características físicas já descritas foi plantado de forma bem espaçada. Mesmo assim, em todas as estações do ano a rua arborizada com ipê-amarelo apresentou condições de conforto térmico. Resultado mais significativo foi encontrado por Abreu e Labaki (2010), que analisaram indivíduos isolados de diferentes espécies arbóreas do Campus da Universidade Estadual de Campinas, nas estações do inverno e verão, concluindo que o ipê-amarelo proporcionou melhor sensação de conforto térmico.

Quando se analisa o tempo de permanência em cada classe de estresse, que as ruas apresentaram ao longo de todo o período de monitoramento, nas quatro estações do ano, os benefícios que a arborização de ruas exerce no conforto térmico, também podem ser notados (FIGURA 23).

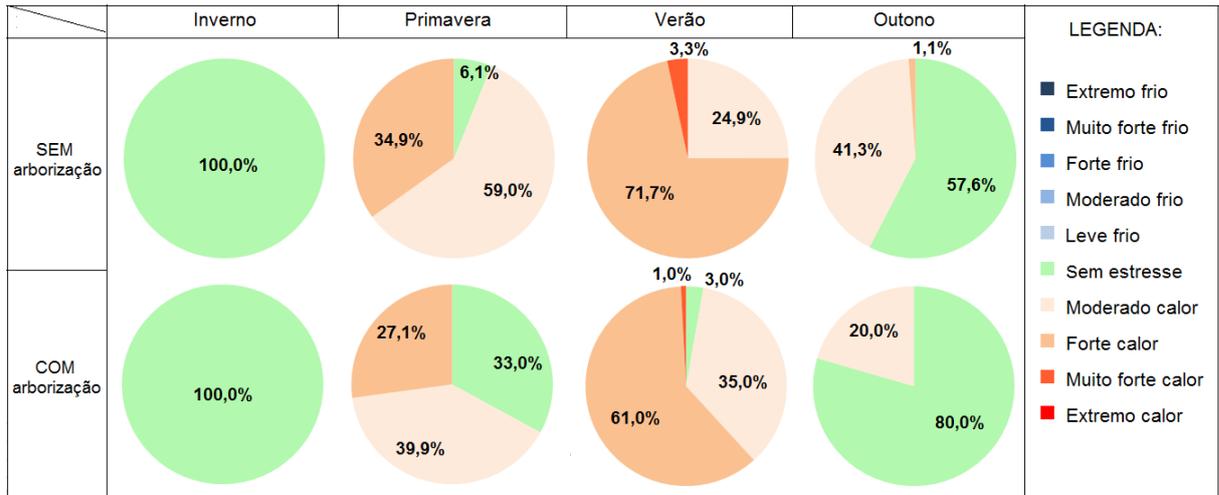


FIGURA 23 - TEMPO DE PERMANÊNCIA EM CADA CLASSE DE ESTRESSE DAS RUAS DA AMOSTRA HUGO LANGE NAS QUATRO ESTAÇÕES DO ANO
 FONTE: O autor (2013)

Observa-se que a rua arborizada, em todas as estações do ano, exceto no inverno, apresentou conforto térmico por mais tempo. Na estação do inverno, o tempo de permanência na classe de conforto da rua arborizada foi igual ao da rua sem arborização. Nas demais estações foi sempre maior, sendo que na primavera foi 26,9% maior, no verão 2,8% e no outono 21,9%.

No inverno, a rua com e sem arborização apresentaram conforto térmico durante todo o tempo. Na primavera, a rua arborizada apresentou conforto térmico durante 33,0% do tempo, desconforto por “moderado calor” em 39,9% e “forte calor” em 27,1%. Já a rua sem arborização apresentou desconforto térmico por “moderado calor” em 59,0% do tempo, “forte calor” em 34,9% e conforto térmico em 6,1%. No verão, a rua arborizada apresentou conforto térmico em apenas 3,0% do tempo, desconforto por “moderado calor” em 35%, “forte calor” em 61% e “muito forte calor” em 1%, enquanto a rua sem arborização apresentou desconforto por “forte calor” em 71,7% do tempo, “moderado calor” em 24,9% e “muito forte calor” em 3,3%. No outono, a rua arborizada apresentou conforto térmico em 79,5% do tempo e desconforto por “moderado calor” em 20,5% do tempo e a rua sem arborização apresentou conforto térmico em 57,6% do tempo, desconforto por “moderado calor” em 41,3% e “forte calor” em 1,1%.

4.2.3.3 Amostra Bacacheri

A comparação do comportamento periódico entre os valores do UTCI encontrados no trecho da rua arborizado com *Lafoensia pacari* e *Parapiptadenia rigida* e o trecho da rua sem arborização, permitem observar detalhadamente as diferenças entre as ruas, em cada estação do ano (FIGURA 24).

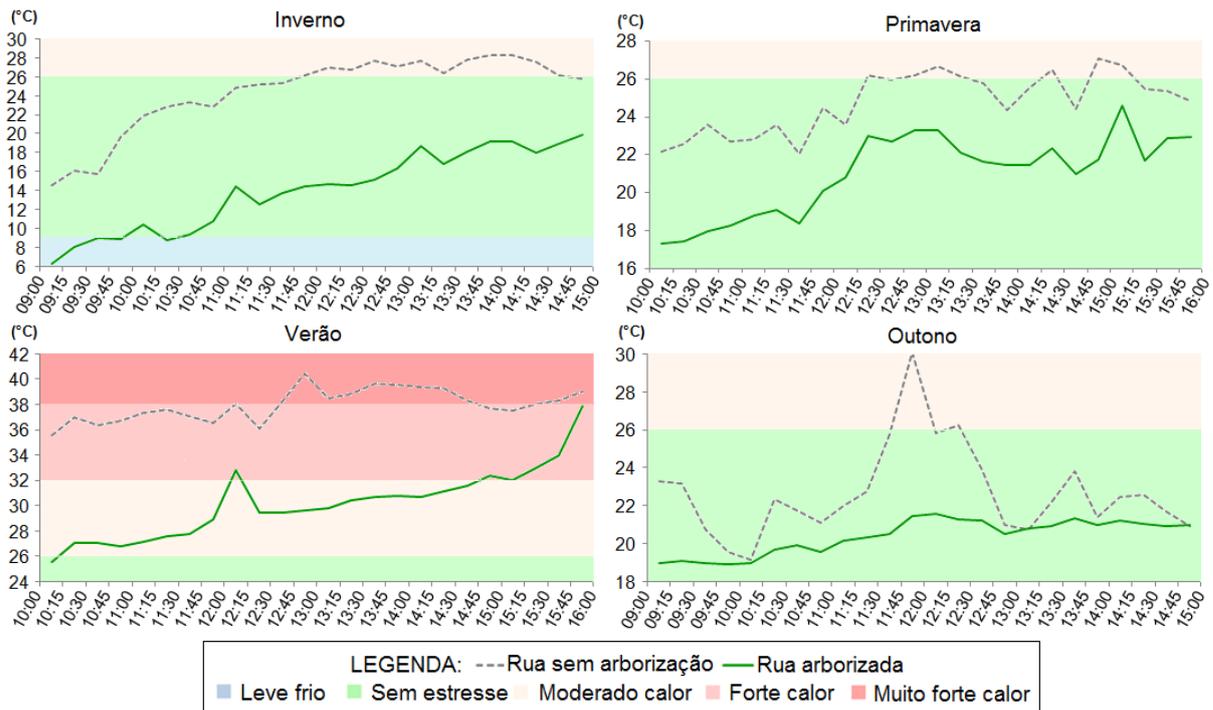


FIGURA 24 - COMPORTAMENTO PERIÓDICO DO UTCI NAS RUAS DA AMOSTRA BACACHERI EM CADA ESTAÇÃO DO ANO

FONTE: O autor (2013)

Nota-se que em todas as estações do ano as curvas dos valores do UTCI do trecho arborizado estiveram abaixo das curvas dos valores do trecho sem arborização. No inverno, nos 30 minutos iniciais a rua arborizada apresentou desconforto por “leve frio”, após este período manteve-se na escala de conforto. Já a rua sem arborização, durante o período da manhã, esteve em condições de conforto, mas a tarde passou para “moderado calor”.

Na primavera e outono, durante todo o período de monitoramento a rua arborizada apresentou condições de conforto e a rua sem arborização embora também tenha passado grande parte do período em condições de conforto, chegou a marcar desconforto por “moderado calor”.

No verão, durante a maior parte do tempo, a rua arborizada apresentou condições de moderado calor, passando para forte calor na última hora. Já a rua

sem arborização, durante o período da manhã apresentou condições de “forte calor” e durante a tarde “muito forte calor”.

O trecho de rua arborizado com dedaleiro e angico apresentou melhores condições de conforto térmico em todas as estações. Sendo que o tempo de permanência em cada classe de estresse, que os trechos de ruas apresentaram ao longo de todo o período de monitoramento, nas quatro estações do ano estão representados na FIGURA 25.

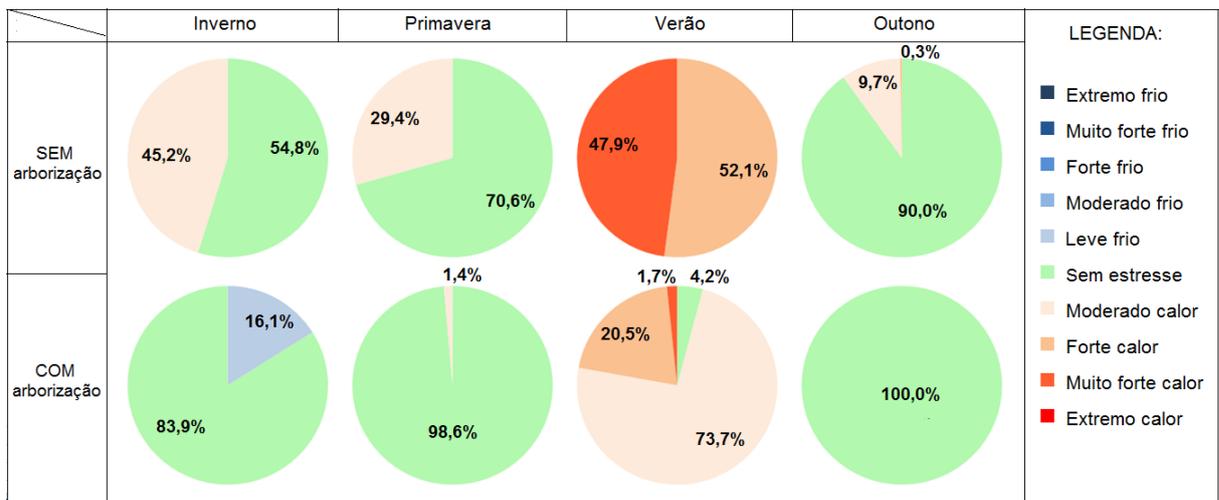


FIGURA 25 - TEMPO DE PERMANÊNCIA EM CADA CLASSE DE ESTRESSE DAS RUAS DA AMOSTRA BACACHERI NAS QUATRO ESTAÇÕES DO ANO
 FONTE: O autor (2013)

Observa-se que a rua arborizada, em todas as estações do ano, apresentou conforto térmico por mais tempo. Na estação do inverno, o tempo de permanência na classe de conforto da rua arborizada foi 29,1% maior do que na rua sem arborização, na primavera 28,0%, no verão 4,2% e no outono 10,0%.

No inverno, a rua sem arborização apresentou desconforto por “moderado calor” em 45,2% do tempo, enquanto a rua arborizada apresentou desconforto por “leve frio” em 16,1% do tempo. Na primavera, a rua arborizada apresentou conforto térmico durante quase todo o tempo (98,6%), já a rua sem arborização, apresentou desconforto por “moderado calor” em 29,4% do tempo. No verão, a rua arborizada apresentou desconforto por “moderado calor” em 73,7% do tempo, “forte calor” em 20,5%, “muito forte calor” em 1,7% e conforto térmico em 4,2%, enquanto a rua sem arborização apresentou desconforto por “forte calor” em 52,1% do tempo e “muito forte calor” em 47,9% do tempo. No outono, a rua arborizada apresentou conforto

térmico em todo o tempo e a rua sem arborização apresentou desconforto por “moderado calor” em 9,7% do tempo.

4.2.3.4 Considerações gerais

A melhoria do microclima proporcionada pela arborização de ruas ao longo de todo o período de monitoramento, já discutido anteriormente, reflete-se em melhores índices de conforto térmico. Até mesmo no inverno as ruas arborizadas apresentaram melhores condições de conforto térmico, estação na qual se observou temperaturas mais baixas nestas ruas do que nas ruas sem arborização. Nas demais estações, como esperado, em resposta ao microclima proporcionado, sempre foram verificadas melhores condições de conforto térmico na rua arborizada.

Na estação do inverno, as ruas arborizadas registraram conforto térmico em 92,6% do tempo monitorado e as ruas sem arborização em 77,3%. Na primavera, as ruas arborizadas registraram conforto térmico em 77,2% do tempo e a rua sem arborização em 51,7%. No verão, as ruas arborizadas apresentaram conforto térmico em apenas 16,3% do tempo, permanecendo na classe de “moderado calor” por um período maior (55,8%), já as ruas sem arborização não apresentaram conforto térmico em nenhum momento, com permanência maior na classe de “forte calor” (64,0%). No outono, as ruas arborizadas apresentaram conforto térmico em 93,2% do tempo e as ruas sem arborização em 79,2%.

As ruas arborizadas além de apresentarem índices de conforto térmico melhores do que as ruas sem arborização proporcionaram por mais tempo condições de conforto (69,8%). As ruas sem arborização registraram conforto térmico em 52,1% do tempo monitorado, estresse por moderado calor em 22,5%, forte calor em 19%, muito forte calor em 4,5% e leve frio em 1,9%. Outras classes encontradas nas ruas arborizadas foram: estresse por moderado calor (19,1%), forte calor (9,0%), leve frio (1,8%) e muito forte calor (0,2%).

Estes resultados corroboram com os encontrados para o microclima, comprovando que a arborização contribui para o conforto térmico de várias maneiras. No entanto, o grau de influência da arborização no conforto térmico também foi variável conforme a composição utilizada, seguindo os mesmos princípios já citados referentes ao microclima. Abreu (2008) afirma que nas cidades, os indivíduos arbóreos costumam ocorrer em formas combinadas, seguindo os

arranjos do meio urbano, por isso o resultado relativo ao conforto é específico. Apesar disso, mesmo que de forma diferenciada, todas as espécies analisadas no presente estudo proporcionaram melhores condições de conforto térmico do que as ruas sem arborização.

Ao serem analisados os benefícios proporcionados pelas espécies *Tabebuia chrysotricha* (ipê-amarelo), *Syzygium cumini* (jambolão) e *Mangifera indica* (mangueira), Abreu e Labaki (2010), também concluíram que todas estas espécies foram capazes de alterar a sensação de conforto térmico no entorno imediato. Porém de modo distinto, pois as espécies decíduas proporcionaram boas condições de conforto em diferentes distâncias durante todo o ano e as espécies perenes, tiveram maior influência na sensação térmica no período de verão do que no inverno. Em ambas as estações foram encontradas condições mais confortáveis à sombra da copa do que nos arredores imediatos.

Ainda com relação à diferença entre as espécies, Abreu (2008) afirma que os indivíduos de copas amplas, com alta densidade de folhas largas e espessas, perenifólios e de arquitetura arbórea aberta resultam em maior conforto térmico. Além disso, a forma, o tamanho e a espessura das folhas, interferem na quantidade e qualidade de luz transmitida. O mesmo acontece também com o caule (como diâmetro, cor, rugosidade e altura) ou com os elementos de reprodução (como cor, tamanho, forma e disposição de flores, frutos e sementes).

A influência da arborização no conforto térmico deve-se principalmente ao sombreamento. Givoni⁶ (1994, citado por Duarte, 2000) afirma que para se alcançar um microclima desejado, o primeiro recurso seria a criação de sombra de boa qualidade com uma arborização de larga escala, pois a proteção contra a radiação solar tem um grande efeito na redução do estresse térmico. Heisler (1974) alerta para o fato de que a temperatura na sombra é apenas poucos graus mais baixa do que ao sol, assim a sensação pessoal de conforto à sombra deve-se ao fato de não haver aquecimento provocado pela radiação solar direta.

Segundo Silva, Gonzalez e Silva Filho (2011), na área urbana o conforto humano não depende só da não incidência de radiação solar direta tanto nas próprias pessoas como em materiais de construção impermeabilizantes, que absorvem o calor em vez de interceptá-los, mas depende também da ventilação

⁶ GIVONI, B. **Passive and low energy cooling of buildings**. New York: John Wiley & Sons, 1994. 272 p.

natural. Pois o vento é refrigerado ao entrar em contato com as superfícies foliares e realizar trocas por convecção.

Outros aspectos relacionados com o vento podem influenciar no conforto térmico. A vegetação pode bloquear ventos frios no inverno ou dirigir a entrada de correntes que resfriem o ambiente no verão (MAGALHÃES; CRISPIM, 2003). Segundo Milano e Dalcin (2000), o efeito do vento pode ser positivo ou negativo, dependendo grandemente da presença ou não de vegetação urbana. No verão, a ação do vento, retirando as moléculas de água transpiradas de homens e árvores, aumenta a evaporação e, conseqüentemente a sensação de conforto térmico. No inverno, significa um aumento do resfriamento do ar. Sabe-se que para uma mesma temperatura, a sensação de conforto térmico pode ser diferente em função de variáveis como o vento e a umidade relativa do ar (GIRALT, 2006). Assim, um movimento de ar da ordem de 1,5 m/s tem o mesmo efeito térmico sobre uma pessoa que uma diminuição de 3 °C na temperatura do meio (RIVERO, 1985).

4.2.4. Análise da eficiência do UTCI

4.2.4.1 Análise geral da percepção dos transeuntes

Ao longo de todo o período de coleta dos dados meteorológicos foram entrevistadas 175 pessoas para avaliar a eficiência do índice. Destas, foram obtidos os seguintes resultados:

- a) 52,6% pertencem ao gênero feminino;
- b) a média de idade, altura e massa corpórea foram semelhantes entre os dois gêneros: 36 anos, 1,71 metros e 69 kg;
- c) o isolamento térmico proporcionado pela vestimenta resultou em uma média de 0,9 clo;
- d) a maioria das pessoas entrevistadas estavam caminhando antes de responderem o questionário (58,9%);
- e) com relação à suscetibilidade térmica, 30,3% responderam que são mais suscetíveis ao frio e 17,7% ao calor, os outros 52,0% não se consideram suscetíveis mais a um do que ao outro.

A sensação térmica sentida no momento da entrevista e a sensação térmica que os entrevistados gostariam de estar sentindo no momento da entrevista foram

analisadas paralelamente entre a rua arborizada e sem arborização (FIGURA 26). Rossi (2012) utilizou o cruzamento das respostas de percepção e de preferência para definir as categorias de sensação térmica, pois somente a percepção térmica não foi suficiente para classificar um indivíduo em uma das categorias propostas. A autora considerou que cada pessoa avalia o ambiente térmico de forma diferente e que os fatores psicológicos e fisiológicos influenciam esta avaliação, por isso que o cruzamento dos votos de percepção e preferência é a forma mais adequada de classificar as pessoas em cada uma das categorias de sensação térmica.

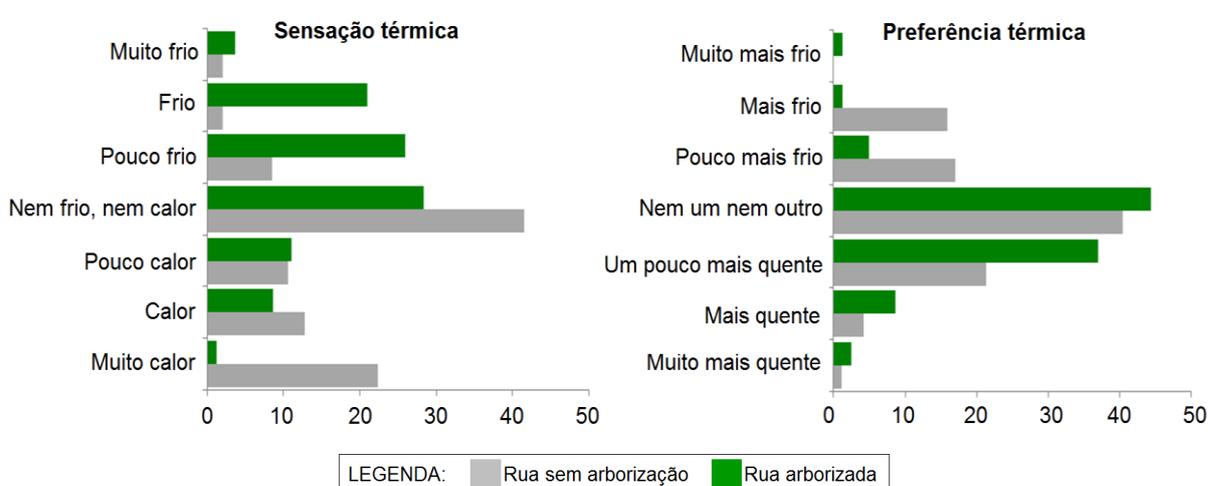


FIGURA 26 - PORCENTAGEM DE SENSÇÃO TÉRMICA INFORMADA NO MOMENTO DA ENTREVISTA E PORCENTAGEM DE PREFERÊNCIA TÉRMICA
 FONTE: O autor (2013)

Observa-se que a porcentagem de pessoas que declaram não estar sentindo nem frio e nem calor na rua arborizada (28,4%) foi menor do que na rua sem arborização (41,5%). As respostas na rua arborizada, em sua maioria estiveram nas classes de desconforto para o frio (muito frio, frio e pouco frio), enquanto que nas ruas sem arborização foram maiores as proporções nas classes de desconforto para o calor (pouco calor, calor, muito calor).

As pessoas de maneira geral percebem o microclima dos ambientes vegetados mais frescos e úmidos do que as condições de tempo na ambiência urbana (DACANAL; LABAKI; SILVA, 2010). Resultado das condições microclimáticas proporcionada pela cobertura arbórea, já discutidas anteriormente, principalmente os referentes aos menores valores de temperaturas terem sido encontrados na rua arborizada. Lima, Nunes e Soares (2009), em pesquisa similar

realizada em Maringá, concluíram que a grande parte dos entrevistados sentiram neutralidade térmica próxima às áreas com maior densidade de vegetação.

A sensação térmica de “nem frio e nem calor” foi maior na rua sem arborização, o que não era esperado. Este resultado contraria inclusive as respostas dadas à pergunta sobre como os entrevistados gostariam de estar se sentindo naquele momento. Destaca-se que o maior número de entrevistados satisfeitos com a sensação térmica, ou seja, que não queriam nem que o ambiente estivesse mais quente ou mais frio, foi encontrado na rua arborizada (44,4%). Fazendo correspondência com a pergunta anterior, os resultados mostram que 48% dos entrevistados na rua arborizada gostariam que o ambiente estivesse mais quente (entende-se aqui todas as classes, “um pouco mais quente”, “mais quente” e “muito mais quente”). Enquanto que 33% dos entrevistados na rua sem arborização gostariam de um ambiente mais frio (“muito mais frio”, “mais frio” e “pouco mais frio”).

Estas contradições geradas podem ser decorrentes de diversos fatores, entre os quais, podem estar os efeitos psicológicos que o ambiente agradável ou não, provoca aos usuários, como é o caso de um espaço arborizado (LIMA; NUNES; SOARES, 2009). Segundo Da canal, Labaki e Silva (2010), a percepção ambiental, que consiste na consciência das sensações advindas da interação entre o homem e o espaço, ocorre de maneira individualizada, visto que depende das experiências anteriores relacionadas às informações sensoriais, culturais e outras armazenadas na memória. Portanto, a percepção do microclima varia de acordo com as experiências climáticas já vividas pelo indivíduo e ocorre comparando-se o presente (espaço e tempo em que o corpo está presente) ao passado (mesmo espaço, porém em um tempo anterior) e a outros espaços (o aqui e o ali).

Nikolopoulou e Steemers (2003) afirmam que as pessoas adaptam-se psicologicamente em função da exposição repetida a um mesmo estímulo e constroem esquemas mentais que auxiliam na escolha de ações sob diferentes circunstâncias. Logo, se considerar que a avaliação do conforto térmico está relacionada a fatores fisiológicos e psicológicos e que as condições ambientais requeridas para o conforto térmico não são as mesmas para todos, é possível que uma pessoa que esteja sentindo algum grau de calor ou de frio declare estar confortável e aceite o ambiente térmico em questão (ROSSI, 2012). Da mesma

forma, a autora afirma ser possível que uma pessoa que declare estar em conforto, preferir estar em um ambiente termicamente diferente.

A subjetividade das questões também pode ter sido fonte dessas variações, pois durante a aplicação destes questionários já era notada a dificuldade por parte dos entrevistados em se enquadrar nas classes de desconforto. Segundo Tuan (1980) os seres humanos têm uma tendência para estruturar sua percepção em um número limitado de categorias, sendo que a ordenação detalhada dos componentes varia muito de cultura para cultura. Assim, as categorias simples baseadas nas opiniões binárias, com um ponto mediador, integram um esquema de complexidade adequado. Também é provável que as categorias mais simples sejam uma tentativa posterior para explicar as riquezas incipientes de uma estrutura anterior.

Rossi (2012) também encontrou dificuldades de entendimento por parte dos respondentes. Ao utilizar a escala de sete pontos para as questões de percepção e de preferência térmica, verificou que a maior parte das respostas se concentrou nos votos -1, 0 e 1, enquanto para os demais votos a quantidade de respostas obtidas foi pequena, não sendo possível considerar esses votos como categorias separadas para análise.

Por estes motivos, pode-se afirmar que o simples fato de perguntar se o entrevistado estava se sentindo confortável ou desconfortável em relação ao ambiente, tenha sido a melhor forma de comparar a sensação de conforto proporcionado pelas diferentes ruas. Com esta pergunta foi verificado que 54,3% dos entrevistados sentiam-se confortáveis termicamente nas ruas sem árvores, enquanto que na rua arborizada este número foi de 76,5%. De maneira inversa, verificou-se 45,7% dos entrevistados em desconforto na rua sem arborização e 23,5% na rua arborizada. O que demonstra que as ruas arborizadas apresentam melhores condições de conforto térmico embora haja contradições de caráter pessoal.

Os resultados encontrados com a aplicação de questionários, indicaram que a arborização de ruas proporcionam melhores condições de conforto térmico. Opinião apontada também por 98,3% dos entrevistados.

4.2.4.2 Percepção x UTCI

A comparação entre a sensação térmica informada pelos entrevistados e a classe de estresse térmico obtida com o UTCI, possibilitou avaliar a eficiência do índice de conforto térmico utilizado. A análise de correlação de Spearman aplicada resultou em um coeficiente de 0,73 ($p < 0,001$). Esse resultado indica uma forte correlação entre a sensação térmica informada pelos entrevistados e a classe de estresse obtida com o UTCI. Em estudos já realizados na cidade de Curitiba, Rossi, Krüger e Bröde (2012) já comprovaram a eficácia do índice UTCI na predição de graus de conforto e desconforto térmico.

Ao analisar separadamente as sete classes de conforto, encontrou-se uma porcentagem de acertos para o UTCI de 43,4%, ocorrendo subestimativa da sensação de conforto em 19,4% dos casos e superestimativa em 37,1%. As subestimativas foram de 17,1% para uma classe logo abaixo e de 2,3% para duas classes abaixo. Já as superestimativas foram de 21,7% para uma classe acima, 13,7% para duas, 1,1% para três e 0,6% para quatro.

Rossi (2012) observando concentração de votos nas classes próximas uma das outras, optou por classificar a sensação térmica em três categorias: desconforto para o frio, conforto e desconforto para o calor. Assim, na presente pesquisa, considerando-se essas classes gerais, a porcentagem de acertos do UTCI passa a ser de 58,9%, com uma superestimativa de 36,0% e subestimativa de apenas 5,1%. Esta última análise anula tanto o efeito da subjetividade do entrevistado quanto às correções realizadas para ajustar as duas escalas.

Em trabalho realizado para determinar o modelo preditivo para avaliação da sensação térmica em espaços abertos de Curitiba, Rossi (2012) encontrou resultados parecidos entre o UTCI e a sensação térmica real (entrevistas). Ao considerarem a sensação térmica real, obtiveram um maior número de pessoas em conforto (61,2%) e uma distribuição equilibrada entre pessoas com desconforto para o frio (17,2%) e para o calor (21,2%). Com os dados preditos pelo UTCI verifica-se a mesma situação, mas com valores de 42,6% para a sensação de conforto, 27,3% para desconforto para o frio e 30,1% para desconforto para o calor.

Lima Nunes e Soares (2009), quando comparam o cálculo do Voto Médio Predito (VMP) com o voto médio declarado, também encontraram uma

superestimativa do índice de conforto calculado, observando, por exemplo, que quando o calculado foi “muito quente”, o voto médio declarado foi “quente”.

Rossi (2012) constatou que o UTCI subestima a quantidade de pessoas em conforto e superestima a quantidade de pessoas em desconforto tanto para o calor quanto para o frio. Mesmo assim, dos três índices testados pelos autores, o UTCI foi o que apresentou as menores diferenças entre as respostas reais e as previstas para as três categorias de conforto.

5 CONCLUSÃO

A arborização de ruas proporciona microclimas mais agradáveis e confortáveis termicamente, sendo que a influência da cobertura arbórea nas variáveis meteorológicas e no índice de conforto térmico foi estatisticamente significativa.

O microclima da rua arborizada apresentou valores menores de temperatura e maiores de umidade relativa do ar do que a rua sem arborização. O comportamento periódico e os valores extremos das variáveis meteorológicas apresentaram valores menores de temperatura e maiores de umidade relativa. A análise dos valores extremos de temperatura permitiu verificar ainda, que a amplitude de variação foi menor na rua arborizada.

A diferença microclimática entre as ruas apresentou maior diferença de temperatura na estação do verão (2,5 °C) e a menor no inverno (1,2 °C). Para a umidade relativa, os valores ficaram entre 6,4% (primavera) e 5,6% (inverno). A maior diferença para a velocidade do vento foi encontrada no inverno (0,17 m/s).

O arranjo paisagístico que utiliza o plantio com tipuana nos dois lados da rua, plantadas de modo a fazer com que suas copas se entrelacem e formem um túnel, é a melhor escolha para se buscar um microclima mais agradável em todas as estações do ano. Enquanto o arranjo paisagístico com ipê-amarelo foi o que proporcionou a menor influência no microclima.

Os índices de conforto térmico indicaram que a rua arborizada está na classe “confortável”, enquanto que a rua sem arborização está na classe “estresse por moderado calor”. Os valores extremos e o comportamento periódico do índice nas ruas arborizadas apresentaram as melhores classes de conforto em todas as estações do ano. As ruas arborizadas proporcionaram condições de conforto térmico por mais tempo (69,8%) do que as ruas sem arborização (52,1%).

O índice de conforto térmico utilizado, UTCI, foi eficiente porque refletiu aproximadamente 60% da sensação de conforto expressa pelos entrevistados.

Os resultados encontrados enfatizam a importância da arborização de ruas para a cidade de Curitiba, pois foi comprovado quantitativamente que a cobertura arbórea proporciona um microclima mais agradável e melhores condições de conforto térmico para o homem.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 15220**: Desempenho térmico de edificações - parte 3: zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social. Rio de Janeiro: ABNT, 2005. 23 p.

ABREU, L. V. de **Avaliação da escala de influência da vegetação no microclima por diferentes espécies arbóreas**. 154 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2008.

ABREU, L. V.; LABAKI, L. C. Conforto térmico propiciado por algumas espécies arbóreas: avaliação do raio de influência através de diferentes índices de conforto. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 10, n. 4, p. 103 - 117, out./dez. 2010.

AKBARI, H.; TAHA, H. Impact of trees and white surfaces on residential heating and cooling energy use in four Canadian cities. **Energy**, Oxford, v. 17, n. 2, p. 141 - 149, 1992.

ALMEIDA JUNIOR, N. L. de **Estudo de clima urbano**: uma proposta metodológica. 92 f. Dissertação (Mestrado em Física e Meio Ambiente) – Instituto de Ciências Exatas e da Terra, Universidade Federal do Mato Grosso, Cuiabá, 2005.

AMORIM, M. C. C. T. **O clima urbano de Presidente Prudente/SP**. 378 f. Tese (Doutorado em Geografia) – Faculdade de Filosofia Letras e Ciência Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000.

AMORIM, M. C. C. T. Climatologia e gestão do espaço urbano. **Mercator**, Fortaleza, número especial, p. 71 - 90, 2010.

ANDRADE, A. R. de **Articulações entre o clima urbano e o clima regional**: uma abordagem a partir da análise de Irati e Guarapuava/PR. 266 f. Tese (Doutorado em Geografia) – Setor de Ciências da Terra, Universidade Federal do Paraná. 2010.

ARMSON, D.; STRINGER, P.; ENNOS, A. R. The effect of tree shade and grass on surface and globe temperatures in an urban area. **Urban Forestry & Urban Greening**, Davis, v. 11, p. 245-255, 2012.

AYOADE, J. O. **Introdução à climatologia para os trópicos**. 16. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2011. 332 p.

BACKES, M. A.; FERNANDEZ, S. M. Arvoretas para uso em arborização urbana no Rio Grande do Sul. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE ARBORIZAÇÃO URBANA, 3., 1990, Curitiba. **Anais...** Curitiba: FUPEF, 1990. p. 315 - 323.

BACKES, P.; IRGANG, B. **Mata atlântica: as árvores e a paisagem**. Porto Alegre: Paisagem do Sul, 2004. 396 p.

BARBIRATO, G. M.; SOUZA, L. C. L. de; TORRES, S. C. **Clima e cidade: a abordagem climática como subsídio para estudos urbanos**. Maceió: EDUFAL, 2007. 164 p.

BARTHOLOMEI, C. L. B. **Influência da vegetação no conforto térmico urbano e no ambiente construído**. 255 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2003.

BERNATZKY, A. **Tree ecology and preservation**. 2. ed. Amsterdam: Elsevier, 1980. 357 p.

BIONDI, D.; BATISTA, A. C.; MARTINI, A.; GRISE, M. M. O efeito microclimático do bosque Capão da Imbuia na cidade de Curitiba - PR, Brasil. In: CONGRESSO FORESTAL LATINOAMERICANO, 5., 2011, Lima. **Anais...** Lima: [s.n.], 2011. Não paginado.

BIONDI, D. **Arborização urbana: aplicada à educação ambiental nas escolas**. Curitiba, 2008. 120 p.

BIONDI, D.; ALTHAUS, M. **Árvores de rua de Curitiba: cultivo e manejo**. Curitiba: FUPEF, 2005. 175 p.

BLAŹEJCZYK, K.; BROEDE, P.; FIALA, D.; HAVENITH, G.; HOLMÉR, I.; JENDRITZKY, G.; KAMPMANN, B.; KUNERT, A. Principles of the new Universal Thermal Climate Index (UTCI) and its application to bioclimatic research in european scale. **Miscellanea Geographica**, Warszawa, v. 14, p. 91 - 102, 2010.

BOBROWSKI, R. Inventário florestal contínuo e dinâmica da arborização de ruas. In: BIONDI, D.; LIMA NETO, E. M. de (Org.) **Pesquisas em arborização de ruas**. Curitiba, 2011a. p. 91 - 110.

BOBROWSKI, R. **Estrutura e dinâmica da arborização de ruas de Curitiba, Paraná, no período 1984 - 2010**. 144 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2011b.

BORJA, P. C. **Avaliação da qualidade ambiental urbana** - uma contribuição metodológica. 281 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - Faculdade de Arquitetura, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 1997.

BOUTET, T. S. **Controlling air movement**. 2. ed. Chicago: RR Donnelley & Sons Company, 1987. 318 p.

BRÖDE, P.; KRÜGER, E. L.; ROSSI, F. A.; FIALA, D. Predicting urban outdoor thermal comfort by the Universal Thermal Climate Index UTCI - a case study in southern Brazil. **International Journal of Biometeorology**, Ohio/USA, v. 56, p. 471 - 480, 2012.

BRÖDE, P.; JENDRITZKY, G.; FIALA, D.; HAVENITH, G. The Universal Thermal Climate Index UTCI in operational use. In: ADAPTING TO CHANGE: NEW THINKING ON COMFORT, 2010, Windsor/UK. **Proceedings...** London: Network for Comfort and Energy Use in Buildings, 2010. Não paginado.

CADORIN, D. A.; MELLO, N. A de Efeitos da impermeabilização dos solos sobre a arborização no município de Pato Branco - PR. **Synergismus scyentifica UTFPR**, Pato Branco, v. 6, n. 1, Não paginado, 2011.

CHANG, C.; LI, M.; CHANG, S. A preliminary study on the local cool-island intensity of Taipei city parks. **Landscape and Urban Planning**, Amsterdam, v. 80, p. 386 - 395, 2007.

COLTRI, P. P.; FAGNANI, M. A.; LABAKI, L. C.; FERREIRA, N. J.; DEMÉTRIO, V. A. Variabilidade dos principais elementos climáticos e urbanização na região de Piracicaba (SP). **Revista Brasileira de Engenharia de Biosistemas**, Campinas, v. 1, n. 2, p.197 - 208, 2007.

CONTI, J. B. **Clima e meio ambiente**. 7. ed. São Paulo: Atual, 2011. 96 p.

CRUZ, G. C. F.; LOMBARDO, M. A. A importância da arborização para o clima urbano. In: SEMINÁRIO NACIONAL SOBRE REGENERAÇÃO AMBIENTAL DE CIDADES, 2., 2007, Londrina. **Anais...** Londrina: [s.n.], 2007. Não paginado.

CRUZ, G. C. F. da **Clima urbano de Ponta Grossa – PR**: uma abordagem da dinâmica climática em cidade média subtropical brasileira. 366 f. Tese (Doutorado em Geografia) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

CURITIBA. Lei n. 9800, 03 de janeiro de 2000. **Diário Oficial do Município de Curitiba**. Disponível em: <<http://www.curitiba.pr.gov.br/multimidia/00084664.pdf>>. Acesso em: 17/12/2012.

DACANAL, C.; LABAKI, L. C.; SILVA, T. M. L. Vamos passear na floresta! O conforto térmico em fragmentos florestais urbanos. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 10, n. 2, p. 115 - 132, abr./jun. 2010.

DI CLEMENTE, M. A. **Influência da vegetação como elemento modificador do conforto térmico da ambiência urbana da cidade de Anápolis - GO**. 150 f. Dissertação (Mestrado em Sociedade, Tecnologia e Meio Ambiente) - Centro Universitário de Anápolis, UniEvangélica, Anápolis/GO, 2009.

DIMOUDI, A. NIKOLOPOULOU, M.; Vegetation in the urban environment: microclimatic analysis and benefits. **Energy and Buildings**, Inglaterra, v. 35, n. 1, p. 69 - 76, 2003.

DUARTE, D. H. S. **Padrões de ocupação do solo e microclimas urbanos na região de clima tropical continental**. 278 f. Tese (Doutorado em Arquitetura) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000.

DUARTE, D. H. S.; SERRA, G. G. Padrões de ocupação do solo e microclimas urbanos na região de clima continental brasileira: correlações e proposta de um indicador. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 3, n. 2, p. 7 - 20, 2003.

DUMKE, E. M. S. **Clima urbano/conforto térmico e condições de vida na cidade** – uma perspectiva a partir do aglomerado urbano da região metropolitana de Curitiba (AU-RMC). 417 f. Tese (Doutorado em Meio Ambiente e Desenvolvimento) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2007.

FEIBER, F. N. **Áreas verdes, identidade e gestão urbana: estudo de caso na região central de Curitiba – Paraná**. 189 f. Tese (Mestrado em Gestão Urbana de Produção) - Centro de Ciências Exatas e Tecnologia, Pontifícia Universidade Católica do Paraná, Curitiba, 2005.

FERNANDES, E. Impacto socioambiental em áreas urbanas sob a perspectiva jurídica. In: MENDONÇA, F. (Org.). **Impactos socioambientais urbanos**. Curitiba: Editora UFPR, 2004. p. 99 - 128.

FIALA, D.; LOMAS, K. J.; STOHRER, M. Computer prediction of human thermoregulatory and temperature responses to a wide range of environmental conditions. **International Journal of Biometeorology**, Ohio/USA, v. 45, n. 3, p. 143 - 159, 2001.

FONTES, M. S. G. C.; DELBIN, S. A qualidade climática dos espaços públicos urbanos: um estudo de caso na cidade de Bauru - SP. In: ENCONTRO NACIONAL E ENCONTRO LATINO-AMERICANO SOBRE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 5. e 3., 2001, Águas de São Pedro/ SP. **Anais...** São Paulo: ANTAC, 2001. Não paginado.

FREITAS, M. K.; CAPORUSSO, D.; LOMBARDO, M. A. O uso de imagem termal para identificar o fenômeno de ilha de calor na área urbana da cidade de Ribeirão Preto – SP, Brasil. In: CONGRESSO LUSO BRASILEIRO PARA O PLANEJAMENTO URBANO, REGIONAL, INTEGRADO, SUSTENTÁVEL, 2., **Anais...** Braga/Portugal: Universidade do Minho, 2006. Não paginado.

FROTA, A. B.; SCHIFFER, R. S. **Manual de conforto térmico**. 5. ed. São Paulo: Studio Nobel, 2001. 243 p.

FURTADO, A. E. **Simulação e análise da utilização da vegetação como anteparo às radiações solares em uma edificação**. 144 f. Dissertação (Mestrado em Ciências de Arquitetura) - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 1994.

GARCÍA, F. F. **Manual de climatología aplicada**: clima, medio ambiente y planificación. Madrid: Editorial Síntesis S. A, 1995. 285 p.

GEOEYE. **Região de Curitiba – Paraná**. Longmont, USA: GeoEye, jan. 2009.

GIRALT, R. P. **Conforto térmico em espaços públicos abertos na cidade de Torres – RS**. 237 f. Dissertação (Mestrado em Planejamento Urbano Regional) – Faculdade de Arquitetura, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2006.

GOMES, M. A. S.; AMORIM, M. C. C. T. Arborização e conforto térmico no espaço urbano: estudo de caso nas praças públicas de Presidente Prudente (SP). **Caminhos de Geografia**, Uberlândia, v. 7, n. 10, p. 94 - 106, set. 2003.

GONÇALVES, A.; RIBEIRO, A. C.; RODRIGUES, B.; CORTEZ, P.; NUNES, L.; FELICIANO, M. A avaliação da influência dos espaços verdes no conforto térmico urbano. In: CONFERÊNCIA NACIONAL DO AMBIENTE, 4., 2007, **Acta...** Portugal: Universidade de Aveiro, 2007. p. 1357 - 1362.

GONÇALVES, C. E. C. **Ruas confortáveis, ruas com vida**: proposição de diretrizes de desenho urbano bioclimático para vias públicas. Av. Juscelino Kubitschek, Palmas – TO. 137 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de Brasília, Brasília, 2009.

GONÇALVES, W. de B.; VALLE, R. M.; GARCIA, E. S. Estudos de índices de conforto térmico para aplicação em Belo Horizonte – MG, com base em pesquisa de população universitária. In: ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 6., 2001. **Anais...** São Pedro: ANTAC, 2001. Não paginado.

GOUVÊA, L. A. **Biocidade**: conceitos e critérios para um desenho ambiental urbano, em localidades de clima tropical de planalto. São Paulo: Nobel, 2002. 174 p.

GREY, G. W.; DENEKE, F. J. **Urban Forestry**. 2. ed. New York: John Wiley, 1986. 299 p.

HAMADA, S.; OHTA, T. Seasonal variations in the cooling effect of urban green areas on surrounding urban areas. **Urban Forestry & Urban Greening**, Davis, v. 9, p. 15 - 24, 2010.

HARRIS, R. W. **Arboriculture**: integrated management of landscape trees, shrubs and vines. New Jersey: Prentice-Hall, 1992. 674 p.

HEISLER, G. M. Trees and human comfort in urban areas. **Journal of Forestry**, Washington, v. 72, n. 8, p. 466 - 469, 1974.

HERNANDES, J. L.; PEDRO JUNIOR, M. J.; BARDIN, L. Diferenças estacionais entre variáveis microclimáticas para ambientes de interior de mata, vinhedo e posto meteorológico em Jundiaí (SP). **Bragantia**, Campinas, v. 61, n. 2, p. 169 - 180, 2002.

HIGUERAS, E. **Urbanismo bioclimático**. Barcelona: Gustavo Gili, 2006. 241 p.

HÖPPE, P. The physiological equivalent temperature: a universal index for the biometeorological assessment of the thermal environment. **International Journal of Biometeorology**, Ohio/USA, v. 43, p. 71 - 75, 1999.

HUANG, L.; LI, J.; ZHAO, D.; ZHU, J. A fieldwork study on the diurnal changes of urban microclimate in four types of ground cover and urban heat island of Nanjing, China. **Building and Environment**, Oxford, v. 43, p. 7 - 17, 2008a.

HUANG, L.; ZHAO, D.; WANG, J.; ZHU, J.; LI, J. Scale impacts of land cover and vegetation corridors on urban thermal behavior in Nanjing, China. **Theoretical and Applied Climatology**, Hamburg, v. 94, p. 241 - 257, 2008b.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Censo 2010**.

Disponível em:

<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010/tabelas_pdf/Brasil_tabela_1_15.pdf>. Acesso em: 17/01/2012.

INSTITUTO DE PESQUISA E PLANEJAMENTO URBANO DE CURITIBA (IPPUC).

Desenvolvimento sustentável: indicadores de sustentabilidade de Curitiba – 2010.

Curitiba: IPPUC, 2011. 77 p.

_____. **Curitiba em dados**. Disponível em:

<http://www.ippuc.org.br/Bancodedados/Curitibaemdados/Curitiba_em_dados_Pesquisa.htm>. Acesso em: 17/01/2012a.

_____. **Mapas**. Disponível em:<<http://ippuc.org.br/geodownloads/geo.htm>>.

Acesso em: 27/10/2012b.

INSTYTUT GEOGRAFII I PRZESTRZENNEGO ZAGOSPODAROWANIA (IGPZ).

Bioklima. Disponível em: <<http://www.igipz.pan.pl/Bioklima-zgik.html>> Acesso em:

18/07/2012.

INTERNACIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (ISO). **Moderate**

thermal environments – determination of the PMV and PDD indices and specification of the conditions for thermal comfort, ISO 7730. Genebra, 1994.

_____. **Ergonomics of the thermal environment** - assessment of the influence of the thermal environment using subjective judgement scales, ISO 10551. Genebra, 1995.

_____. **Ergonomics of the thermal environment** - instruments of measuring physical quantities, ISO 7726. Switzerland, 1998.

INTERNATIONAL SOCIETY OF BIOMETEOROLOGY (ISB). **Commission 6 for the development of a Universal Thermal Climate Index (UTCI)**. Genebra: ISB

Commission 6, 2003. Não paginado.

JANSSON, C.; JANSSON, P. E.; GUSTAFSSON, D. Near surface climate in an urban vegetated park and its surroundings. **Theoretical and Applied Climatology**, Hamburg, v. 89, p. 185 - 193, 2007.

JAUREGUI, E. Effects of vegetation on urban and buildings climate: influence of a large urban park on temperature and convective precipitation in a tropical city.

Energy and Buildings, Lausanne, v. 15, p. 457 - 463, 1990/1991.

JENSEN, M. E.; BURMAN, R. D.; ALLEN, R. G. **Evapotranspiration and irrigation water requirements**. New York: ASCE, 1991. 332 p. (Manual of practice, n. 70).

KÁNTOR, N.; UNGER, J. Benefits and opportunities of adopting GIS in thermal comfort studies in resting places: an urban park as an example. **Landscape and Urban Planning**, Amsterdam, v. 98, p. 36 - 46, 2010.

KIELBASO, J. J. Urban forestry - the international situation. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARBORIZACAO URBANA, 2., 1994, São Luis. **Anais...** São Luiz: SBAU, 1994. p. 3 - 12.

KRAN, F. S. **Qualidade de vida na cidade de Palmas – TO: uma análise através de indicadores habitacionais e ambientais urbanos**. 142 f. Dissertação (Mestrado em Ciências do Ambiente) - Universidade Federal do Tocantins, Palmas, 2005.

KURBÁN, A.; PAPPARELLI, A.; CÚNSULO, M.; MONTILLA, E.; HERRERA C. Aporte de la forestación al control del clima urbano en zona árida. **Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente**, v. 6, n. 1, p. 43 - 48, 2002.

LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F. O. R. **Eficiência energética na arquitetura**. São Paulo: PW, 1997. 192 p.

LAMBERTS, R.; XAVIER, A. A. de P. **Conforto térmico e stress térmico**. Laboratório de Eficiência Energética em Edificações - UFSC, Florianópolis, 2002. Apostila de aula.

LARCHER, W. **Ecologia vegetal**. São Carlos: RiMa, 2006. 532 p.

LEAL, L. **A influência da vegetação no clima urbano da cidade de Curitiba – PR**. 172 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2012.

LEAL, L.; MARTINI, A.; BIONDI, D.; BATISTA, A. C. Levantamento meteorológico expedito para análise da influência microclimática do Bosque Estadual João Paulo II, Curitiba - PR. In: ENCONTRO SUL-BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 4., 2011, Pelotas/RS. **Anais...** Pelotas: SBMET, 2011. p. 1 - 9.

LIMA NETO, E. M. de; BARDELLI-DA-SILVA, M. Y.; SILVA, A. R. da; BIONDI, D. Arborização de ruas e acessibilidade no bairro Centro de Curitiba - PR. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, Piracicaba, v. 5, n. 4, p. 40 - 56, 2010.

LIMA NETO, E. M. **Aplicação do sistema de informações geográficas para o inventário da arborização de ruas de Curitiba, PR.** 120 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2011.

LIMA, D. C. R. **Monitoramento e desempenho da vegetação no conforto térmico em espaços livres urbanos:** o caso das praças de Maringá/ PR. 170 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana) – Departamento de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2009.

LIMA, D. C. R.; NUNES, L. A.; SOARES, P. F. Avaliação da influência da vegetação no conforto térmico em espaços livres. In: SIMPÓSIO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA URBANA, 2009, Maringá. **Anais...** Maringá: [s.n.], 2009. Não paginado.

LIMA, F. K. G. M.; ROMERO, M. A. B. Espaços residuais públicos: um estudo morfológico e bioclimático em bairro de renda média-baixa em Teresina. In: ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO e ENCONTRO LATINO-AMERICANO DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 7. e 4., 2005, Maceió/ AL. **Anais...** Maceió/ AL: ANTAC, 2005. Não paginado.

LOMBARDO, M. A. **Ilha de calor nas metrópoles:** o exemplo de São Paulo. São Paulo: Hucitec , 1985. 244 p.

LOPES, P. M. O. **Obtenção de regimes microclimáticos em regiões montanhosas com dados de sensores orbitais e integração de modelos distribuídos.** 230 f. Tese (Doutorado em Sensoriamento Remoto) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2006.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras:** manual de identificação e cultivo de plantas nativas do Brasil. 5. ed. Nova Odessa: Editora Plantarum, v. 1, 2008. 384 p.

LORENZI, H.; SOUZA, H. M.; TORRES, M. A. V.; BACHER, L. B. **Árvores exóticas no Brasil:** madeireiras, ornamentais e aromáticas. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2003. 382 p.

LYNCH, K. **A imagem da cidade.** São Paulo: Martins Fontes, 1997. 232 p.

LYRA, D. S. F. M. **Aplicabilidade de índices de conforto térmico:** um estudo de caso em Salvador – BA. 131 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental Urbana) - Escola Politécnica, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2007.

MAGALHÃES, L. M. S.; CRISPIM, A. A. Vale a pena plantar e manter árvores e florestas na cidade? **Ciência Hoje**, Rio de Janeiro, v. 33, n. 193, p. 64 - 68, mai. 2003.

MAHMOUD, A. H. A. Analysis of the microclimatic and human comfort conditions in an urban park in hot and arid regions. **Building and Environment**, Oxford, v. 46, p. 2641 - 2656, 2011.

MARTINI, A. Estudo fenológico em árvores de rua. In: BIONDI, D.; LIMA NETO, E. M. de (Org.). **Pesquisas em arborização de ruas**. Curitiba, 2011. p. 29 - 48.

MARTINI, A.; BIONDI, D.; BATISTA, A. C.; LIMA NETO, E. M. de Microclima e conforto térmico de um fragmento florestal na cidade de Curitiba - PR, Brasil. In: CONGRESSO FORESTAL LATINOAMERICANO, 5., 2011, Lima. **Anais....** Lima: [s.n.], 2011. Não paginado.

MARTINS, L. F. V.; ANDRADE, H. H. B. de; HANISCH, R. F.; DE ANGELIS, B. L. D.; CAXAMBU, M. G. Análise da compatibilidade da arborização viária com o ambiente construído na cidade de Luiziana, Paraná, Brasil. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, Piracicaba, v. 6, n. 3, p. 103 - 127, 2011.

MASCARÓ, L.; MASCARÓ, J. J. **Ambiência urbana**. 3. ed. Porto Alegre: +4 Editora, 2009. 200 p.

MASCARÓ, L.; MASCARÓ, J. J. **Vegetação urbana**. 3. ed. Porto Alegre: +4 Editora, 2010. 204 p.

MATOS, E.; QUEIROZ, L. P. **Árvores para cidades**. Salvador: Solisluna, 2009. 340 p.

McPHERSON, E. G.; SIMPSON, J. R. A comparison of municipal forest. Benefits and costs in Modesto and Santa Monica, Califórnia, USA. **Urban Forestry & Urban Green**, Davis, n. 1, p. 61 - 74, 2002.

MENDONÇA, F. A. **Clima e criminalidade**: ensaio analítico da correlação entre a temperatura do ar e a incidência de criminalidade urbana. Curitiba: Editora UFPR, 2001. 182 p.

MENDONÇA, F. DUBREUIL, V. Termografia de superfície e temperatura do ar na RMC (Região Metropolitana de Curitiba/PR). **RA´EGA**, Curitiba, n. 9, p. 25 - 35, 2005.

MENDONÇA, F.; DANNI-OLIVEIRA, I. M. **Climatologia**: noções básicas e climas do Brasil. São Paulo: Oficina de Texto, 2007. 208 p.

MILANO, M. S. Planejamento e replanejamento de arborização de ruas. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE ARBORIZAÇÃO URBANA, 2., 1987, Maringá. **Anais...** Maringá: PMM, 1987. p. 1 - 8.

MILANO, M. S. **Curso sobre arborização urbana**. Curitiba: FUPEF, 1991. 75 p.

MILANO, M. S. Métodos de amostragem para avaliação da arborização de ruas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARBORIZAÇÃO URBANA, 2., 1994, São Luiz. **Anais...** São Luiz: SBAU, 1994. p. 163 - 168.

MILANO, M. S.; DALCIN, E. C. **Arborização de vias públicas**. Rio de Janeiro: Light, 2000. 226 p.

MINELLA, F. C. O. **Avaliação da influência de aspectos da geometria urbana sobre os níveis de conforto térmico em ruas de pedestres de Curitiba**. 163 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2009.

MONTEIRO, C. A. de F. A cidade desencantada – entre a fundamentação geográfica e a imaginação artística. In: MENDONÇA, F. (Org.). **Impactos socioambientais urbanos**. Curitiba: Editora UFPR, 2004. p. 13 - 78.

MONTEIRO, C. A. F. **Teoria e clima urbano**. São Paulo: Instituto de Geografia/USP, 1976. 181 p. (Série Teses e Monografias, n. 25).

MONTEIRO, L. M. **Modelos preditivos de conforto térmico**: quantificação de relações entre variáveis microclimáticas e de sensação térmica para avaliação e projeto de espaços abertos. 378 f. Tese (Doutorado em Tecnologia da Arquitetura e do Urbanismo) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.

MONTEIRO, L. M.; ALUCCI, M. P. Índices de conforto térmico em espaços abertos. In: ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO e ENCONTRO LATINO-AMERICANO DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 7. e 4., 2005, Maceió. **Anais...** Maceió/ AL: ANTAC, 2005. Não paginado.

MORATO, R. G.; KAWAKUBO, F. S.; LUCHIARI, A. **Mapeamento da qualidade de vida em áreas urbanas**: conceitos e metodologias. Terra Livre, São Paulo, n. 21, v. 2, p. 241 - 248, 2003.

NASCIMENTO, D. T. F.; OLIVEIRA, I. J. de. Análise da evolução do fenômeno de ilhas de calor no município de Goiânia/GO (1986 - 2010). **Boletim Goiano de Geografia**, Goiânia, v. 31, n. 2, p. 113 - 127, jul./dez. 2011.

NIKOLOPOULOU, M.; STEEMERS, K. Thermal comfort and psychological adaptation as a guide for designing urban spaces. **Energy and Buildings**, Lausanne v. 35, p. 95 - 101, 2003.

NUNES, M. L.; AUER, A. M. Análise qualitativa de cinco espécies da arborização de ruas de Curitiba. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE ARBORIZAÇÃO URBANA, 3., 1990, Curitiba. **Anais...** Curitiba: FUPEF, 1990. p. 277 - 286.

OCHOA DE LA TORRE, J. M. **La vegetación como instrumento para el control microclimático en línea**. Não paginado. Tesis (Doctor en Arquitectura) - Escola Tècnica Superior d'Arquitectura de Barcelona, Universidad Politècnica de Catalunya, 1999.

OKE, T. R. Siting and exposure of meteorological instruments at urban sites. In: BORREGO, C.; NORMAN, A. **Air pollution modeling and its application XVII**. New York: Springer, 2004. p. 615 - 631.

OKE, T. R. The micrometeorology of the urban forest. **Phil. Trans. R. Soc. Lond. B.**, Great Britain, v. 324, p. 335 - 349, 1989.

OLIVEIRA, R. F. A. de; PESSOA, V. M. do N. Índice de bulbo úmido termômetro de globo (IBUTG), vestimenta condutiva e perda de peso de eletricitistas do grupo de manutenção de linhas energizadas da Companhia Energética de Alagoas (CEAL): uma correlação arriscada não amparada pelo Anexo N°3 da NR-15. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 26., 2006, Fortaleza/CE. **Anais...** Fortaleza: [s.n.], 2006. p. 01 - 09.

PANERAI, P. **Análise urbana**. Tradução de Francisco Leitão. Revisão Técnica de Sylvia Ficher. Brasília: Editora da UnB, 2006. 198 p.

PASSERINO, L. C. M. **Zoneamento da qualidade do ambiente urbano**: um estudo de caso em Balneário Camboriú - SC. 92 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2004.

PEDROSA, J. B. **Arborização de cidades e rodovias**. Belo Horizonte: IEF/MG, 1983. 64 p.

PINHEIRO, J. **Conforto térmico**. Disponível em: <
http://artigos.netsaber.com.br/resumo_artigo_8122/artigo_sobre_conforto_termico>.
Acesso em: 01/04/2012.

PINHO, O. S.; ORGAZ, M. D. M. The urban heat island in a small city in coastal Portugal. **International Journal of Biometeorology**, Ohio/USA, v. 44, p.198 - 203, 2000.

REIS, A. T. L.; LAY, M. C. D. As técnicas de APO como instrumento de análise ergonômica do ambiente construído. In: ENCONTRO NACIONAL E ENCONTRO LATINO-AMERICANO DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 3., 1995, Gramado. **Anais...** Gramado: ANTAC, 1995. Não paginado.

RIBEIRO, A. G. As escalas do clima. **Boletim de Geografia Teórica**, Rio Claro, v. 23, n. 45 - 46, p. 288 - 294, 1993.

RIVERO, R. **Arquitetura e clima**: acondicionamento térmico natural. Porto Alegre: D.C. Luzzato Editores, 1985. 239 p.

ROAF, S.; CRICHTON, D.; NICOL, F. **A adaptação de edificações e cidades às mudanças climáticas**. Tradução de Alexandre Salvaterra. Porto Alegre: Bookman, 2009. 384 p.

ROCHA, L. M. V.; SOUZA, L. C. L.; CASTILHO, F. J. V. Ocupação do solo e ilha de calor noturna em avenidas marginais a um córrego urbano. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 11, n. 3, p. 161 - 175, 2011.

ROMERO, M. A. B. **Arquitetura bioclimática do espaço público**. Brasília: Editora da UnB, 2001. 226 p.

ROSSATO, P. S. **O sistema termodinâmico do clima urbano de Nova Palma, RS**: contribuição ao clima urbano de cidades pequenas. 119 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Centro de Ciências Naturais e Exatas, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2010.

ROSSI, F. A. **Proposição de metodologia e de modelo preditivo para avaliação da sensação térmica em espaços abertos em Curitiba**. 188 f. Tese (Doutorado em Tecnologia) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2012.

ROSSI, F. A.; KRÜGER, E. L. Análise da variação de temperaturas locais em função das características de ocupação do solo em Curitiba. **RAÍE GA**, Curitiba, n. 10, p. 93 - 105, 2005.

ROSSI, F. A.; KRÜGER, E. L.; BRÖDE, P. Definição de faixas de conforto e desconforto térmico para espaços abertos em Curitiba, PR, com o índice UTCI. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 12, n. 1, p. 41 - 59, jan./mar. 2012.

ROVANI, F. F. M.; COSTA, E. R. da; CASSOL, R.; SARTORI, M. da G. B. Ilhas de calor e frescor urbanas no bairro Camobi, Santa Maria/RS, em situação atmosférica de domínio da massa polar atlântica no inverno. **Revista Brasileira de Climatologia**, Curitiba, v. 6, p. 23 - 36, jun. 2010.

RUAS, A. C. **Avaliação de conforto** térmico – contribuição à aplicação prática das normas internacionais. 71 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1999.

RUAS, A. C. **Sistematização da avaliação de conforto térmico em ambientes edificadas e sua aplicação num software**. 196 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2002.

SANTOS, N. R. Z.; TEIXEIRA, J. F. **Arborização de vias públicas: ambiente x vegetação**. Santa Cruz do Sul: Instituto Souza Cruz, 2001. 135 p.

SCHMID, A. L. **A idéia de conforto**: reflexões sobre o ambiente construído. Curitiba: Pacto Ambiental, 2005. 338 p.

SCHMITZ, L. K.; MENDONÇA, F. Reestruturação urbana e conforto térmico: cenários de modelização em Curitiba - PR após a copa de 2014. **Revista Brasileira de Climatologia**, São Paulo, v. 8, n. 7, p. 61 - 81, 2011.

SCHUBERT, T. H. **Trees for urban use in Puerto Rico and Virgin Island**. Puerto Rico: Forest Service, U.S. Department of Agriculture, 1979, 91 p.

SECRETARIA MUNICIPAL DE MEIO AMBIENTE (SMMA). **Plano municipal de controle ambiental e desenvolvimento sustentável**. Curitiba, 2008. Disponível em: <<http://www.curitiba.pr.gov.br/multimidia/00085324.pdf>>. Acesso em: 14/03/2012.

SHASHUA-BAR, L.; HOFFMAN, M. E.; TZAMIR, Y. Integrated thermal effects of generic built forms and vegetation on the UCL microclimate. **Building and Environment**, Oxford, v. 41, p. 343 - 354, 2006.

SHASHUA-BAR, L.; TSIROS, I. X.; HOFFMAN, M. E. A modelling study for evaluating passive cooling scenarios in urban streets with trees. Case study: Athens, Greece. **Building and Environment**, Oxford, v. 45, p. 2798 - 2807, 2010.

SILVA FILHO, D. F. da; PIVETTA, K. F. L.; COUTO, H. T. Z. do; POLIZEL, J. L. Indicadores de floresta urbana a partir de imagens aéreas multiespectrais de alta resolução. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 67, p. 88 - 100, abr. 2005.

SILVA FILHO, D. F.; PIZETTA, P. V. C.; ALMEIDA, J. B. S. A.; PIVETTA, K. F. L.; FERRAUDO, A. S. Banco de dados relacional para cadastro, avaliação e manejo da arborização em vias públicas. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 26, n. 05, p. 629 - 642, 2002.

SILVA, A. G. da.; PAIVA, H. N. de; GONÇALVES, W. **Avaliando a arborização urbana**. Viçosa/MG: Aprenda Fácil, 2007, 346 p. (Coleção jardinagem e paisagismo, n. 5 - Série arborização urbana).

SILVA, C. F. **Caminhos bioclimáticos**: desempenho ambiental de vias públicas na cidade de Terezina – PI. 140 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de Brasília, Brasília, 2009.

SILVA, I. M. da; GONZALEZ, L. R.; SILVA FILHO, D. F. da. Recursos naturais de conforto térmico: um enfoque urbano. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, Piracicaba, v. 6, n. 4, p. 35 - 50, 2011.

SILVA, P. M. **Índice de qualidade de vida urbana**: um estudo de caso no município de Timóteo/MG. 193 f. Dissertação (Mestrado em Meio Ambiente e Sustentabilidade) – Centro Universitário de Caratinga, Caratinga, 2007.

SILVEIRA, A. L. R. C. **Diretrizes de projeto para construção de prédios escolares em Teresina - PI**. 205 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura) - Universidade de Brasília, Brasília, 1999.

SMITH, C. L.; WEBB, A.; LEVERMORE, G. J.; LINDLEY, S. J.; BESWICK, K. Fine-scale spatial temperature patterns across a UK conurbation. **Climate Change**, [S.l.], v. 109, p. 269 - 286, 2011.

SOARES, R. V.; BATISTA, A. C. **Meteorologia e climatologia florestal**. Curitiba: FUPEF, 2004, 165 p.

SOUCH, C. A., SOUCH, C. The effect of trees on summertime below canopy urban climates: a case study Bloomington, Indiana. **Journal of Arboriculture**, Champaign, v. 19, n. 5, p. 303 - 312, 1993.

SOUZA, Y. L. de; BORSATO, V. A. O índice de conforto térmico na primavera de 2009 em Campo Mourão. In: ENCONTRO DE PRODUÇÃO CIENTÍFICA E

TECNOLÓGICA, 6., 2011, Campo Mourão/PR. **Anais...** Campo Mourão/PR: FECILCAM, 2011. Não paginado.

STREILING, S.; MATZARAKIS, A. Influence of single and small clusters of trees on the bioclimate of a city: a case study. **Journal of Arboriculture**, Champaign, v. 29, n. 6, p. 309 - 316, nov. 2003.

TONIETTO, J.; MANDELLI, F. **Uvas viníferas para processamento em regiões de clima temperado**. EMBRAPA Uva e Vinho, 2003. Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Uva/UvasViniferasRegioesClimaTemperado/clima.htm>>. Acesso em: 16/07/2012.

TUAN, Y. F. **Topofilia**: um estudo da percepção, atitudes e valores do meio ambiente. Tradução de Lívia de Oliveira. São Paulo: Difel, 1980. 288 p.

UNIVERSAL THERMAL CLIMATE INDEX (UTCI). **Documents** - assessment scale. Disponível em: <<http://www.utci.org/index.php>>. Acesso em: 15/05/2012.

UNGER, J. Comparisons of urban and rural bioclimatological conditions in the case of a Central-European city. **International Journal of Biometeorology**, Ohio/USA. v. 43, n. 3, p. 139 - 144, 1999.

VAREJÃO-SILVA, M. A. **Meteorologia e climatologia**. Brasília: Stilo, 2000. 532 p.

VELASCO, G. D. N. **Potencial da arborização viária na redução do consumo de energia elétrica**: definição de três áreas na cidade de São Paulo – SP, aplicação de questionários, levantamento de fatores ambientais e estimativa de Graus-Hora de calor. 123 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2007.

VOLPE-FILIK, A.; SILVA, L. F. da; LIMA, A. M. L. P. Avaliação da arborização de ruas do bairro São Dimas na cidade de Piracicaba/SP através de parâmetros qualitativos. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, Piracicaba, v. 2, n. 1, p. 34 - 43, 2007.

WATANABE, H.; MOCHIDA, A.; IWATA, T.; HATAYA, N.; YOCHINO, H.; SASAKI, K. Comparison of the thermal environment and pollutant diffusion within the several types of street canyon based on field observation. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON URBAN CLIMATE, 6., 2006, Goteborg, Sweden. **Proceedings...** Goteborg, Sweden: IAUC Newsletter, 2006. Não paginado.

WEINGARTNER, G. S. **Análise do efeito termoluminoso de sombreamento da arborização urbana de Porto Alegre – RS**. 293 f. Dissertação (Mestrado em

Arquitetura) - Faculdade de Arquitetura, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1994.

WILMERS, F. Effects of vegetation on urban climate and buildings. **Energy and Buildings**, Lausanne, v. 15/16, p. 507 - 514, 1990/91.

XAVIER, A. A. **Condições de conforto térmico para estudantes de 2º grau na região de Florianópolis**. 198 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1999.

YU, C.; HIEN, W. N. Thermal benefits of city parks. **Energy and Buildings**, Lausanne, v. 38, p. 105 - 120, 2006.

APÊNDICES

APÊNDICE 1 -	QUESTIONÁRIO APLICADO AOS TRANSEUNTES.....	126
APÊNDICE 2 -	AMPLITUDE DE VARIAÇÃO DA TEMPERATURA POR ESTAÇÃO DO ANO E AMOSTRA.....	127
APÊNDICE 3 -	CARACTERIZAÇÃO METEOROLÓGICA DOS DIAS DE COLETA DE DADOS SEGUNDO AS FONTES OFICIAIS (SIMEPAR E INMET).....	128

APÊNDICE 1 - QUESTIONÁRIO APLICADO AOS TRANSEUNTES

	<p>UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ SETOR DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS FLORESTAIS LABORATÓRIO DE PAISAGISMO</p>
---	---

Local: _____ Data: ___/___/___ Horário: _____

1. Sexo: () Feminino () Masculino 2. Idade: _____ 3. Altura: _____ 4. Peso: _____

5. No momento, o que você está sentindo? 6. Como você preferia estar se sentindo?

- | | |
|-------------------------|--------------------------|
| () Muito calor | () Muito mais quente |
| () Calor | () Mais quente |
| () Pouco calor | () Um pouco mais quente |
| () Nem frio, nem calor | () Nem um nem outro |
| () Pouco frio | () Pouco mais frio |
| () Frio | () Mais frio |
| () Muito frio | () Muito mais frio |

7. Em relação ao ambiente, você está se sentindo:

- () Confortável () Desconfortável

8. Como se classifica?

- () Friorento () Calorento () Normal

9. Qual atividade estava fazendo antes da entrevista?

- () sentado () parado () andando () exercício mais forte Outro: _____

10. Quanto tempo está aqui? _____

11. Que vestimentas esta usando?

- | | | |
|--------------------------|-------------------------------|--------------------------------|
| () Sapato/tênis | () Blusa Moleton | () Vestido Joelho manga curta |
| () Sandália/chinelo | () Shorts | () Vestido longo manga curta |
| () Bota | () Colete Fino (tecido) | () Vestido longo manga longa |
| () Meia | () Colete grosso (couro) | () Saia curta tecido fino |
| () Meia até o joelho | () Suéter | () Saia curta tecido grosso |
| () Meia Calça | () Jaqueta | () Saia longa tecido fino |
| () Regata | () Casaco fino | () Saia longa tecido grosso |
| () Camiseta manga curta | () Casaco grosso | () Touca/chapéu/boné |
| () Camiseta manga longa | () Calça de tecido fino | () Luva |
| () Camisa manga curta | () Calça jeans | () Cachecol |
| () Camisa manga longa | () Vestido curto sem manga | () Lenço |
| () Blusa gola alta | () Vestido curto manga curta | () Sobretudo |

Outros:

12. Você acha que uma rua arborizada proporciona um ambiente mais agradável/confortável termicamente?

- () sim () não

Por que? _____

**APÊNDICE 2 - AMPLITUDE DE VARIAÇÃO DA TEMPERATURA (EM °C) POR
ESTAÇÃO DO ANO E AMOSTRA**

Estação do ano	Alto da Rua XV		Hugo Lange		Bacacheri	
	Sem	Com	Sem	Com	Sem	Com
Inverno	8,8	7,5	12,2	9,3	16,0	11,3
Primavera	6,8	4,7	9,4	13,6	6,1	4,5
Verão	7,9	7,4	10,1	10,0	9,1	9,4
Outono	10,2	5,1	9,2	5,6	5,2	3,7
Média	8,4	6,2	10,2	9,6	9,1	7,3

APÊNDICE 3 - CARACTERIZAÇÃO METEOROLÓGICA DOS DIAS DE COLETA DE DADOS SEGUNDO AS FONTES OFICIAIS (SIMEPAR E INMET).

Dia	T máx. (°C)	T mín. (°C)	T med. (°C)	UR (%)	Prec. (mm)	Vv (m/s)	Dir.V	Neb. (%)
Inverno								
03/08	11,3	3,6	6,6 b	72,2 b	0	5,1 c	Sudoeste	80
04/08	13,0	3,5	7,5 b	57,2 a	0	4,0 b	Sudoeste	0
05/08	18,0	1,6	9,3 a	76,0 b	0	1,7 a	Nordeste	50
Primavera								
31/10	17,4	10,2	13,4 b	77,8 b	0	2,9 b	Sudeste	80
03/11	17,3	10,2	13,0 b	77,9 b	0,4	2,7 ab	Nordeste	80
04/11	22,4	9,0	15,1 a	72,2 a	0	2,5 a	Nordeste	0
Verão								
30/01	27,9	15,8	21,0 b	70,3 a	0	2,0 b	Nordeste	30
31/01	27,1	15,1	20,8 b	72,4 a	0	1,7 a	Nordeste	30
02/02	30,8	18,2	23,6 a	72,4 a	0	2,2 c	Nordeste	20
Outono								
03/05	18,4	9,5	14,3 c	86,7 b	0	1,9 a	Sudeste	90
07/05	18,4	11,9	15,6 b	89,1 b	0	2,1 a	Nordeste	70
11/05	22,6	12,6	16,7 a	81,3 a	0	1,9 a	Nordeste	90

Fonte: Instituto SIMEPAR e INMET

ANEXO

ISOLAMENTO TÉRMICO DE ITENS DO VESTUÁRIO

Garment	clo	Garment	clo
Underwear		Jackets	
Panties	0,03	Light, summer jacket	0,25
Underpants with long legs	0,10	Jacket	0,35
Singlet	0,04	Smock	0,30
T-shirt	0,09	High-insulative, fibre-pelt	
Shirt with long sleeves	0,12	Boiler suit	0,90
Panties and bra	0,03	Trousers	0,35
Shirts/Blouses		Jacket	0,40
Short sleeves	0,15	Vest	0,20
Light-weight, long sleeves	0,20	Outdoor clothing	
Normal, long sleeves	0,25	Coat	0,60
Flannel shirt, long sleeves	0,30	Down jacket	0,55
Light-weight blouse, long sleeves	0,15	Parka	0,70
Trousers		Fibre-pelt overalls	0,55
Shorts	0,06	Sundries	
Light-weight	0,20	Socks	0,02
Normal	0,25	Thick, ankle socks	0,05
Flannel	0,28	Thick, long socks	0,10
Dresses/Skirts		Nylon stockings	0,03
Light skirts (summer)	0,15	Shoes (thin soled)	0,02
Heavy skirt (winter)	0,25	Shoes (thick soled)	0,04
Light dress, short sleeves	0,20	Boots	0,10
Winter dress, long sleeves	0,40	Gloves	0,05
Boiler suit	0,55		
Sweaters			
Sleeveless vest	0,12		
Thin sweater	0,20		
Sweater	0,28		
Thick sweater	0,35		

FONTE: ISO (1994)