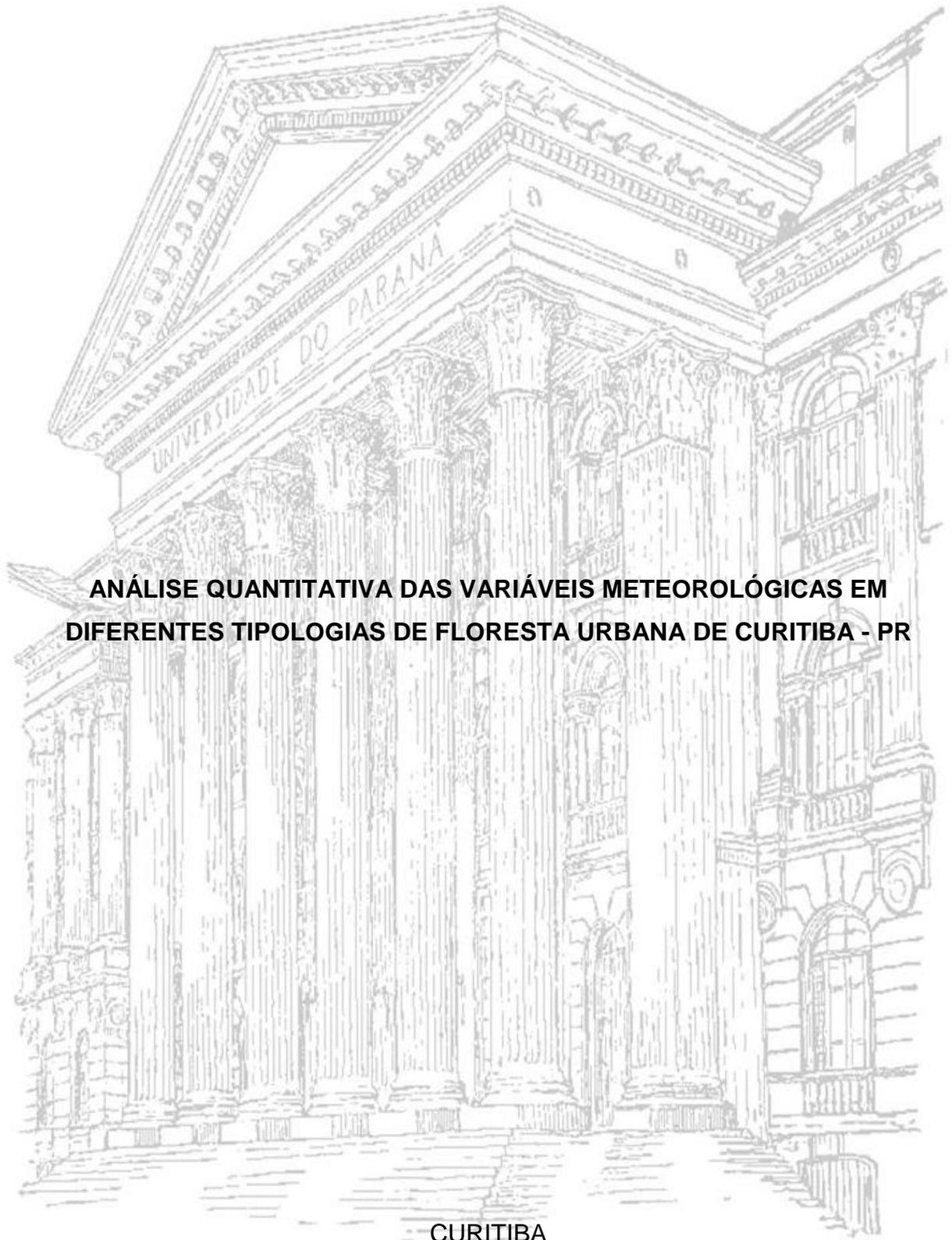


UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

ANGELINE MARTINI



**ANÁLISE QUANTITATIVA DAS VARIÁVEIS METEOROLÓGICAS EM
DIFERENTES TIPOLOGIAS DE FLORESTA URBANA DE CURITIBA - PR**

CURITIBA

2016

ANGELINE MARTINI

**ANÁLISE QUANTITATIVA DAS VARIÁVEIS METEOROLÓGICAS EM
DIFERENTES TIPOLOGIAS DE FLORESTA URBANA DE CURITIBA - PR**

Tese apresentada como requisito parcial à obtenção do grau de Doutor em Engenharia Florestal, no Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Setor de Ciências Agrárias, da Universidade Federal do Paraná.

Orientadora: Prof^a. Daniela Biondi
Co-orientadores: Prof. Demóstenes F. da Silva Filho
Prof. Antonio Carlos Batista

CURITIBA

2016

Ficha catalográfica elaborada pela
Biblioteca de Ciências Florestais e da Madeira - UFPR

Martini, Angeline

Análise quantitativa das variáveis meteorológicas em diferentes tipologias de floresta urbana de Curitiba – PR / Angeline Martini. – Curitiba, 2016.
130 f. : il.

Orientador: Prof.^a Dr.^a Daniela Biondi Batista

Coorientador: Prof. Dr. Demóstenes Ferreira da Silva Filho

Prof. Dr. Antonio Carlos Batista

Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal. Defesa: Curitiba, 05/09/2016.
Área de concentração: Conservação da Natureza.

1. Florestas urbanas – Curitiba (PR). 2. Vegetação e clima – Curitiba (PR) 3. Microclimatologia florestal. 4. Arborização das cidades. 5. Teses. I. Batista, Daniela Biondi. II. Silva Filho, Demóstenes Ferreira da. III. Batista, Antonio Carlos IV. Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Agrárias. V. Título.

CDD – 634.9

CDU – 634.0.27(816.2)



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
Setor CIÊNCIAS AGRÁRIAS
Programa de Pós Graduação em ENGENHARIA FLORESTAL
Código CAPES: 40001016015P0

TERMO DE APROVAÇÃO

Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em ENGENHARIA FLORESTAL da Universidade Federal do Paraná foram convocados para realizar a arguição da Tese de Doutorado de **ANGELINE MARTINI**, intitulada: "**ANÁLISE QUANTITATIVA DAS VARIÁVEIS METEOROLÓGICAS EM DIFERENTES TIPOLOGIAS DE FLORESTA URBANA DE CURITIBA - PR**", após terem inquirido a aluna e realizado a avaliação do trabalho, são de parecer pela sua APROVAÇÃO.

Curitiba, 05 de Setembro de 2016.

DANIELA BIONDI BATISTA
Presidente da Banca Examinadora (UFPR)

ALEXANDRE FRANÇA TETTO
Avaliador Interno (UFPR)

EVERALDO MARQUES DE LIMA NETO

LUCIANA LEAL

DEMOSTENES FERREIRA DA SILVA FILHO
Coorientador - Avaliador Externo (USP/ESALQ)



AGRADECIMENTOS

À professora Daniela, pelos dez anos de orientação, confiança, aprendizado, conselhos e amizade, por ser um exemplo de vida e força e por dar origem a uma geração de profissionais preparados e unidos em prol do desenvolvimento da área.

Ao professor Batista, pela co-orientação, paciência e ensinamentos. E principalmente, por todo o tempo e empenho dedicado, junto com a professora Daniela, à minha formação profissional e pessoal.

Ao Prof. Demóstenes e demais membros da banca examinadora pelas contribuições ao trabalho.

Ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal da Universidade Federal do Paraná, em especial aos secretários Reinaldo e David.

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 pela disponibilização dos dados meteorológicos.

Ao Marcelo Boza, da Guarda Municipal de Curitiba, por auxiliar nos esclarecimentos frente ao esquadrão antibombas, após a explosão de um miniabrigo por engano e, por ter assegurado que nenhum outro incidente ocorresse.

Aos amigos e colegas que passaram pelo Laboratório de Paisagismo ao longo desses dez anos, não só pela ajuda neste trabalho, mas também pelo prazer da convivência, aprendizagem, festas e risadas. Sem esquecer do Seu João, que foi quem falou bem de mim para a professora Daniela e permitiu o início de tudo isso.

A Luciana, Professor Alexandre, Everaldo, Rogério e Mayssa, por todo o apoio, sugestões, cobranças e incentivos.

Aos demais amigos e colegas que de alguma forma contribuíram para o desenvolvimento desta pesquisa, em especial à Desi pela essencial ajuda em campo.

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.

Ao Caio, pelo aprendizado diário, paciência e amor, por trilhar junto comigo novos caminhos, entendendo e apoiando minhas escolhas.

Muito obrigada!

RESUMO

A floresta urbana proporciona inúmeros benefícios para a população, dentre os quais, a melhoria climática é um dos mais importantes, contribuindo para a qualidade de vida nos centros urbanos. Por esse motivo, nos últimos anos, muitos estudos passaram a ser desenvolvidos nesta área, uma vez que a vegetação é um dos principais elementos para atenuar diversos problemas ambientais e sociais. O objetivo desta pesquisa foi analisar quantitativamente a influência da cobertura arbórea no clima da cidade de Curitiba - PR, com ênfase nas diferentes tipologias de floresta urbana. Para isso, a análise climática foi realizada em escala local e microclimática, nas estações do verão e inverno. Na escala local, os valores de temperatura e umidade relativa do ar, coletados em pesquisas anteriores, foram correlacionados com a quantidade de cobertura arbórea e vegetal (m^2), obtidas a partir de técnicas de sensoriamento remoto em imagens de alta resolução espacial do Satélite GeoEye-1. Na escala microclimática, foram selecionadas três áreas distintas para cada tipologia de floresta urbana (Remanescente Florestal, Área Verde Antiga, Área Verde Moderna, Arborização de Ruas e Árvore Isolada), totalizando 15 áreas. Com o método de pontos fixos foi analisado o microclima das diferentes tipologias de floresta urbana e por meio do método de transectos móveis (percurso com 500 m de caminhamento) foi possível analisar a influência dessas tipologias no microclima do entorno imediato. Os resultados indicaram que aproximadamente 65% do valor da temperatura urbana é explicado pela quantidade de cobertura arbórea, sendo ainda mais expressivo na análise da cobertura vegetal (71%). Tendo como base a equação de regressão estabelecida para esses coeficientes, pode-se afirmar que para diminuir 1 °C seria necessário acrescentar 3.381.384,32 m^2 de cobertura arbórea na cidade. Com relação às tipologias de floresta urbana, a temperatura média do ar no Remanescente Florestal foi estatisticamente menor do que nas demais áreas, enquanto a umidade relativa foi maior. A tipologia Árvore Isolada foi a que apresentou maiores temperaturas e menores valores de umidade relativa. De modo geral, o raio de influência que a floresta urbana exerce no seu entorno foi de 200 m, sendo que a tipologia Remanescente Florestal alcançou 250 m. Em média, a intensidade de influência da floresta urbana a 50 m de distância foi 0,66 °C, a 100 m foi 0,45 °C, a 150 m foi 0,34°C e a 200 m foi 0,30 °C, mas cada tipologia sofreu variações. Todos os resultados microclimáticos foram mais acentuados no verão. O número de indivíduos e a densidade arbórea das áreas foram as características que exerceram maior influência no microclima. Conclui-se que a floresta urbana proporciona microclimas mais agradáveis, o que enfatiza sua importância para a cidade. Além disso, as diferentes tipologias de floresta urbana apresentam microclimas distintos, proporcionando diferentes raios e intensidades de influência no seu entorno imediato.

Palavras-chave: Melhoria climática. Temperatura. Umidade relativa. Microclima urbano. Raio de influência. Praça. Arborização de ruas.

ABSTRACT

Urban forest provides several benefits for population, among which the climate improvement is one of the most important, contributing to improve the quality of life in urban centers. For this reason, in recent years, many studies have been developed in this area, as the vegetation is one of the main elements for mitigate various environmental and social issues. The main goal of this research was analyze quantitatively the influence of the arboreal coverage in the climate of Curitiba - PR city, with emphasis on different typologies of urban forest. For this purpose, it was performed a climate analysis on a local and a microclimate scale, in summer and winter seasons. In the local scale, the values of temperature and relative air humidity, collected in preview researches, were correlated to arboreal and vegetal coverage (m^2), obtained from remoting sensing techniques in high spatial resolution images of GeoEye-1 satellite. In the microclimate scale, there were selected three different areas for each urban forest type (Remaining Forest, Old Green Area, Modern Green Area, Street Trees and Isolated Tree), totalizing 15 areas. Using the method of fixed point, it was analyzed the microclimate of the different urban forest types and through mobile transect method (pathway with 500 m) it was possible to analyze the influence of these typologies in the immediate surrounding microclimate. The results indicated that approximately 65% of the urban temperature value is explained by the quantity of arboreal coverage, being even more expressive in the analysis of vegetal coverage (71%). Based on the regression equation established for these coefficients, it is possible to state that, to decrease 1 °C, it would be necessary to add 3,381,384.32 m^2 of arboreal coverage in the city. In relation to the urban forest typologies, the average air temperature in the Remaining Forest was statistically lower than in the other areas, while the relative air humidity was greater. The typology Isolated Tree was the one that presented greater temperatures and lower relative air humidity values. In general, the influence radius that the urban forest had on its surroundings was 200 m, while the Remaining Forest typology reaches 250 m. In average, the influence intensity of urban forest at 50 m of distance was 0.66 °C, at 100 m it was 0.45 °C, at 150 m it was 0.34 °C and at 200 m it was 0.30 °C, but each typology has variations. All microclimate results were more pronounced in summer. The number of individuals and the arboreal density of the areas were the characteristics that had greatest influence on microclimate. It is possible to conclude that urban forest provides more pleasant microclimates, which emphasizes the importance of the urban forest to the city. Furthermore, the different urban forest typologies present distinct microclimates, promoting different radius and intensities of influence on its immediate surroundings.

Keywords: Climate improvement. Temperature. Relative air humidity. Urban microclimate. Influence radius. Square. Street tree.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - CLASSIFICAÇÃO DA FLORESTA URBANA E SUAS DEFINIÇÕES	26
FIGURA 2 - LOCALIZAÇÃO GEOGRÁFICA DA CIDADE DE CURITIBA	32
FIGURA 3 - LOCALIZAÇÃO DOS PONTOS DE MONITORAMENTO PARA ANÁLISE DO CLIMA LOCAL NA CIDADE DE CURITIBA	36
FIGURA 4 - LOCAIS DE MONITORAMENTO PARA ANÁLISE DO MICROCLIMA NA CIDADE DE CURITIBA	42
FIGURA 5 - EQUIPAMENTOS UTILIZADOS: MINIESTAÇÃO KESTREL® 4200 POCKET (À ESQUERDA) E REGISTRADORES MODELO HOBO® DATA LOGGER RH & TEMP (À DIREITA)	51
FIGURA 6 - ÁREAS SELECIONADAS PARA ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DA FLORESTA URBANA NO MICROCLIMA	53
FIGURA 7 - PROCEDIMENTOS DA INSTALAÇÃO DOS MINIABRIGOS PARA MONITORAMENTO MICROCLIMÁTICO NAS ÁREAS SELECIONADAS	55
FIGURA 8 - DETALHAMENTO DO SENTIDO DAS RUAS SELECIONADAS PARA CAMINHAMENTO DO TRANSECTO MÓVEL EM CADA ÁREA	57
FIGURA 9 - CAMINHAMENTO REALIZADO PELO PESQUISADOR PARA COLETA DE DADOS METEOROLÓGICOS POR MEIO DE TRANSECTOS MÓVEIS	59
FIGURA 10 - CLASSIFICAÇÃO DA COBERTURA DO SOLO NO ENTORNO DOS 44 PONTOS DE MONITORAMENTO DAS VARIÁVEIS METEOROLÓGICAS	61
FIGURA 11 - DIAGRAMA DE DISPERSÃO ENTRE A QUANTIDADE DE VEGETAÇÃO E OS VALORES DE TEMPERATURA.	64
FIGURA 12 - DIAGRAMA DE DISPERSÃO ENTRE A QUANTIDADE DE VEGETAÇÃO E OS VALORES DE TEMPERATURA, PARA A COBERTURA ARBÓREA E VEGETAL POR PERÍODO	66
FIGURA 13 - DIAGRAMA DE DISPERSÃO ENTRE A QUANTIDADE DE VEGETAÇÃO E OS VALORES DE UMIDADE RELATIVA	67

FIGURA 14 - VALORES EXTREMOS DE TEMPERATURA E UMIDADE RELATIVA DO AR NO VERÃO E INVERNO	81
FIGURA 15 - COMPORTAMENTO PERIÓDICO DAS VARIÁVEIS METEOROLÓGICAS EM CADA TIPOLOGIA DE FLORESTA URBANA	83
FIGURA 16 - COMPORTAMENTO PERIÓDICO DA TEMPERATURA DO AR EM CADA TIPOLOGIA DE FLORESTA URBANA NO VERÃO E INVERNO.....	84
FIGURA 17 - COMPORTAMENTO PERIÓDICO DA UMIDADE RELATIVA DO AR EM CADA TIPOLOGIA DE FLORESTA URBANA NO VERÃO E INVERNO	85
FIGURA 18 - MICROCLIMA NO INTERIOR DAS TIPOLOGIAS DE FLORESTA URBANA E NO TRANSECTO MÓVEL PERCORRIDO PARA ANÁLISE DO RAIOS DE INFLUÊNCIA.....	94
FIGURA 19 - TEMPERATURA DO AR NO INTERIOR DAS TIPOLOGIAS DE FLORESTA URBANA E NO TRANSECTO MÓVEL PERCORRIDO PARA ANÁLISE DO RAIOS DE INFLUÊNCIA NO VERÃO E INVERNO.....	98
FIGURA 20 - UMIDADE RELATIVA DO AR NO INTERIOR DAS TIPOLOGIAS DE FLORESTA URBANA E NO TRANSECTO MÓVEL PERCORRIDO PARA ANÁLISE DO RAIOS DE INFLUÊNCIA NO VERÃO E INVERNO	99
FIGURA 21 - INTENSIDADE DE INFLUÊNCIA DAS DIFERENTES TIPOLOGIAS DE FLORESTA URBANA NO ENTORNO IMEDIATO.....	100
FIGURA 22 - INTENSIDADE DE INFLUÊNCIA DAS DIFERENTES TIPOLOGIAS DE FLORESTA URBANA NO ENTORNO IMEDIATO NO VERÃO E INVERNO	102

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 -	EXTRAPOLAÇÃO DOS VALORES DE RELAÇÃO ENTRE COBERTURA ARBÓREA E TEMPERATURA.....	68
TABELA 2 -	EXTRAPOLAÇÃO DOS VALORES DE RELAÇÃO ENTRE COBERTURA VEGETAL E TEMPERATURA.....	69
TABELA 3 -	CARACTERIZAÇÃO FÍSICA DE CADA ÁREA DE ESTUDO COM FOTO OLHO-DE-PEIXE	71
TABELA 4 -	VALORES MÉDIOS DE TEMPERATURA E UMIDADE RELATIVA DO AR EM CADA ÁREA SELECIONADA E ANÁLISE ESTATÍSTICA DAS MÉDIAS (SNK 95%)	75
TABELA 5 -	VALORES MÉDIOS DE TEMPERATURA E UMIDADE RELATIVA DO AR EM CADA ÁREA SELECIONADA E ANÁLISE ESTATÍSTICA DAS MÉDIAS (SNK 95%) NO VERÃO E INVERNO	77
TABELA 6 -	MÉDIA DOS VALORES EXTREMOS DE TEMPERATURA E UMIDADE RELATIVA DO AR E AMPLITUDE NO VERÃO E INVERNO.....	78
TABELA 7 -	DIFERENÇA MICROCLIMÁTICA PROPORCIONADA POR CADA TIPOLOGIA DE FLORESTA URBANA NO VERÃO E INVERNO E POR PERÍODO	87
TABELA 8 -	ANÁLISE DE CORRELAÇÃO SIMPLES APLICADA PARA CADA ELEMENTO DE COMPOSIÇÃO E VARIÁVEL METEOROLÓGICA	89
TABELA 9 -	MICROCLIMA NO INTERIOR DAS TIPOLOGIAS DE FLORESTA URBANA E NO TRANSECTO MÓVEL PERCORRIDO COM ANÁLISE ESTATÍSTICA (TESTE T)	91
TABELA 10 -	MICROCLIMA NO INTERIOR DAS TIPOLOGIAS DE FLORESTA URBANA E NO TRANSECTO MÓVEL PERCORRIDO, COM ANÁLISE ESTATÍSTICA (TESTE T) NO VERÃO E INVERNO	92
TABELA 11 -	ANÁLISE DE CORRELAÇÃO SIMPLES APLICADA PARA CADA ELEMENTO DE COMPOSIÇÃO E OS VALORES DO EFEITO DE ARREFECIMENTO	103

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
1.1 OBJETIVOS	14
1.1.1 Objetivo geral	14
1.1.2 Objetivos específicos.....	14
2 REVISÃO DE LITERATURA	15
2.1 O DESENVOLVIMENTO URBANO E O RESGATE DA NATUREZA	15
2.1.1 Processos de urbanização	15
2.1.2 O contato do homem com a natureza	16
2.1.3 Qualidade de vida nas cidades	17
2.2 AS MUDANÇAS CLIMÁTICAS E O CLIMA NAS CIDADES	18
2.2.1 Os impactos das mudanças climáticas nas cidades	18
2.2.2 O clima urbano	19
2.2.3 As escalas de estudo do clima	21
2.3 A VEGETAÇÃO NAS CIDADES	24
2.3.1 Conceitos e terminologias	24
2.3.2 Tipologias de floresta urbana	25
2.3.3 Os benefícios da vegetação para o clima urbano	27
2.3.4 Fatores responsáveis pela melhoria microclimática	29
2.3.5 Pesquisas sobre a influência da vegetação no clima urbano	30
3 MATERIAL E MÉTODOS	32
3.1 ÁREA DE ESTUDO	32
3.1.1 Caracterização climática	33
3.1.2 Caracterização da floresta urbana	34
3.2 METODOLOGIA E PROCEDIMENTOS PARA ANÁLISE DO CLIMA LOCAL	35
3.2.1 Locais de monitoramento	35
3.2.2 Coleta de dados	37

3.2.3	Processamento e análise dos dados.....	38
3.3	METODOLOGIA E PROCEDIMENTOS PARA ANÁLISE DO MICROCLIMA.....	40
3.3.1	Locais de monitoramento	40
3.3.1.1	Remanescente Florestal.....	42
3.3.1.2	Área Verde Antiga	44
3.3.1.3	Área Verde Moderna	46
3.3.1.4	Arborização de Ruas.....	47
3.3.1.5	Árvore Isolada	48
3.3.2	Caracterização das áreas selecionadas.....	48
3.3.3	Equipamentos meteorológicos utilizados	51
3.3.4	Análise do microclima da floresta urbana.....	52
3.3.5	Análise da influência das tipologias de floresta urbana no entorno imediato ...	56
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	61
4.1	ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DA FLORESTA URBANA NO CLIMA LOCAL	61
4.1.1	Caracterização do entorno dos pontos de monitoramento	61
4.1.2	Relação entre a quantidade de vegetação e os dados meteorológicos	63
4.1.3	Estimativas realizadas a partir do ajuste de equação	68
4.2.	CARACTERIZAÇÃO DOS LOCAIS DE MONITORAMENTO MICROCLIMÁTICOS	71
4.3	O MICROCLIMA DA FLORESTA URBANA	74
4.3.1	Panorama geral das variáveis meteorológicas.....	74
4.3.2	Valores extremos das variáveis meteorológicas	78
4.3.3	Comportamento periódico das variáveis meteorológicas	82
4.3.4	Diferenças microclimáticas entre as tipologias.....	86
4.3.5	Influência das características físicas	89
4.4	INFLUÊNCIA DAS DIFERENTES TIPOLOGIAS DE FLORESTA URBANA NO MICROCLIMA	90
4.4.1	Microclimas no interior da área de monitoramento e na rua adjacente	90

4.4.2 Raio de influência no entorno imediato	94
4.4.3 Intensidade de influência no entorno imediato	100
4.4.4 Influência das características físicas das áreas selecionadas.....	103
5 CONCLUSÃO	105
REFERÊNCIAS.....	107
APÊNDICE 1 - EXEMPLIFICAÇÃO DO CÁLCULO ADOTADO PARA DETERMINAÇÃO DA EXTRAPOLAÇÃO REFERENTE A DIMINUIÇÃO DA TEMPERATURA, LEVANDO-SE EM CONTA A EQUAÇÃO GERADA PELO DIAGRAMA DE DISPERSÃO	123
APÊNDICE 2 - FOTOS OBTIDAS COM A LENTE OLHO-DE-PEIXE APÓS O PROCESSO DE MONOCROMAGEM EM CADA ÁREA	124
APÊNDICE 3 - VALORES MÉDIOS DE TEMPERATURA E UMIDADE RELATIVA DO AR EM CADA DIA DE COLETA NA ESTAÇÃO DO VERÃO E INVERNO E COMPARAÇÃO COM OS DADOS OFICIAIS	125
APÊNDICE 4 - VALORES MÉDIOS DE TEMPERATURA DO AR EM CADA ÁREA SELECIONADA NA ESTAÇÃO DO VERÃO	126
APÊNDICE 5 - VALORES MÉDIOS DE TEMPERATURA DO AR EM CADA ÁREA SELECIONADA NA ESTAÇÃO DO INVERNO.....	127
APÊNDICE 6 - VALORES MÉDIOS DE UMIDADE RELATIVA DO AR EM CADA ÁREA SELECIONADA NA ESTAÇÃO DO VERÃO	128
APÊNDICE 7 - VALORES MÉDIOS DE UMIDADE RELATIVA DO AR EM CADA ÁREA SELECIONADA NA ESTAÇÃO DO INVERNO	129
APÊNDICE 8 - SENTIDO DO VENTO VERIFICADO NO DIA DA REALIZAÇÃO DO TRANSECTO MÓVEL EM CADA ÁREA SELECIONADA NO VERÃO E INVERNO	130

1 INTRODUÇÃO

A busca por qualidade de vida nos centros urbanos tem se tornado uma das maiores preocupações da sociedade moderna, sendo alvo de discussões tanto na esfera social como na administrativa. A população não se contenta mais em ter apenas os serviços básicos para sobrevivência, como água, luz, alimento, vestuário, moradia, ensino, trabalho e saúde, precisa de mais. Quer um trabalho que a satisfaça, uma remuneração condizente ao seu padrão de vida almejado, uma alimentação saudável, hábitos que favoreçam sua saúde física e mental e um ambiente favorável, capaz de suprir todas essas necessidades.

As cidades, ambiente onde a maioria da população mundial vive, passaram por inúmeras transformações e hoje apresentam características singulares, inclusive nos aspectos do clima, que no panorama das mudanças climáticas ficam ainda mais acentuados. O clima próprio gerado pelos centros urbanos caracteriza-se por temperaturas mais altas durante o dia, baixa umidade do ar, alteração no fluxo dos ventos e aumento considerável da precipitação. Estes fatores contribuem com o surgimento das tempestades severas, inversão térmica e ilhas de calor.

O clima urbano provoca efeitos que são sentidos cada vez mais pela população, pois gera um desconforto térmico que afeta diretamente a vida dos habitantes (LIMA, 2011). No entanto, a maioria das cidades ainda não são projetadas para minimizar esse efeito, o que é possível de ser realizado principalmente com a criação de áreas verdes (BROWN et al., 2015).

As áreas verdes na cidade, com a presença de cobertura arbórea, atualmente recebem a denominação de floresta urbana, conceito proveniente de arborização urbana, que abrange o conjunto de áreas verdes e arborização de ruas. Estes espaços possibilitam a criação de microclimas urbanos diferenciados, por meio do sombreamento, da redução da velocidade dos ventos, da proteção solar às áreas edificadas e da redução das temperaturas durante o dia (pela evapotranspiração e retenção de umidade do solo e do ar) (BASSO; CORREA, 2014). Tal vegetação pode favorecer a habitabilidade das cidades, melhorando a paisagem, qualidade ambiental, saúde das pessoas e a própria qualidade de vida (JIM; LO; BYRNE, 2015).

A floresta urbana pode, portanto, ser usada como uma medida para esfriar porções de áreas urbanas, reduzindo a intensidade e magnitude dos impactos negativos das ilhas de calor (CHANG; LI, 2014), mas para isso, são necessárias

informações específicas e rigorosas a respeito do enfoque climatológico (CHANG; LI; CHAN, 2007). É preciso reforçar a necessidade de investigação nesta área, pois ainda não há plena consciência dos benefícios que as árvores podem trazer, embora um elevado número de investigações sobre o assunto já terem sido realizadas nas últimas décadas (DRAPER; RICHARDS, 2009). São poucos os estudos que quantificam criteriosamente esta influência e menos ainda os que indicam formas adequadas de planejar e implantar a floresta urbana de modo a proporcionar microclimas mais confortáveis termicamente.

Nas últimas décadas, sustentadas pela teoria científica e evidências empíricas, cidades de todo o mundo têm promovido florestas urbanas como uma forma de manter seus cidadãos saudáveis, bem como melhorar as condições ambientais e econômicas (JIANG et al., 2015). Isto porque a simples presença de vegetação nas cidades já tem sido considerada um sinônimo de qualidade de vida (ALVAREZ, 2004).

Curitiba, desde seus primórdios apresenta um planejamento urbano preocupado com as questões ambientais, sociais, culturais e econômicas (ROSSI; KRÜGER, 2005). Ganhou fama internacional pelas inovações urbanísticas e cuidados com as questões ambientais, sendo sem dúvida uma das cidades brasileiras com maior quantidade e diversidade de áreas verdes. Embora esteja associada à imagem de uma cidade modelo, principalmente na área ambiental, aspectos relacionados à influência da floresta urbana no clima ainda não foram abordados e nem considerados no planejamento urbano.

As pesquisas realizadas sobre o clima urbano de Curitiba mostram genericamente a influência da vegetação sobre o clima local. No entanto, não há informações sobre como a sua distribuição e características afetam o microclima (LEAL, 2012).

Neste contexto, desenvolver pesquisas para entender as questões referentes à influência da floresta urbana no clima das cidades é fundamental, pois estas informações podem ser empregadas como base no planejamento e readequação das cidades frente aos problemas ambientais, visando proporcionar maior qualidade de vida para a população.

Deste modo, a presente pesquisa considerou a hipótese de que o benefício climático proporcionado pela floresta urbana pode ser quantificado em diferentes

escalas do clima. Além disso, considera-se que as diferentes tipologias de floresta urbana distinguem-se quanto à influência na melhoria microclimática.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo geral

Analisar quantitativamente a influência da cobertura arbórea no clima da cidade de Curitiba, com ênfase nas diferentes tipologias de floresta urbana.

1.1.2 Objetivos específicos

Os objetivos específicos foram:

- a) Determinar a relação entre a quantidade de cobertura arbórea e a variação termo-higrométrica na escala do clima local;
- b) Caracterizar o microclima das diferentes tipologias de floresta urbana no verão e inverno;
- c) Analisar a influência das diferentes tipologias de floresta urbana no microclima, nas estações de verão e inverno, bem como diferenciando o período do dia e noite;
- d) Determinar o raio e a intensidade de influência que as diferentes tipologias de floresta urbana exercem nos seus arredores e qual tipologia proporciona maior benefício;
- e) Verificar se o tamanho e a composição das áreas têm relação direta com o raio e a intensidade de influência.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 O DESENVOLVIMENTO URBANO E O RESGATE DA NATUREZA

2.1.1 Processos de urbanização

A humanidade ultrapassou a marca dos sete bilhões de habitantes, quantidade que impressiona e proporciona uma série de questionamentos sobre a capacidade de suporte do planeta diante do aumento da densidade populacional e consequente busca por recursos (GRISE, 2015).

Mundialmente há mais pessoas vivendo nas áreas urbanas do que em áreas rurais. Mais de 50% da população do planeta reside em cidades (ONU, 2015). No Brasil esse número sobe para 84% (IBGE, 2016). Estima-se que até 2030 a população urbana irá alcançar 4,9 bilhões de pessoas, o que significa dizer que em nível global, todo o crescimento futuro da população ocorrerá nas cidades (MARTINE, 2007). Para 2050, a estimativa é de que 66% da população mundial esteja residindo em áreas urbanas (ONU, 2015).

As cidades são espaços territoriais complexos e dinâmicos que compreendem vários processos relacionados à urbanização (JESUS et al., 2015). Como organismos complexos que são, sofrem mudanças estruturais constantes (BOBROWSKI, 2011a). Por esse motivo, a expansão dos centros urbanos, induzidos pela oferta e demanda de serviços e oportunidades de trabalho, deve estar associada a um planejamento adequado e eficiente, que contemple diretrizes de ordenamento capazes de direcionar a cidade para crescer de forma sustentável (BOBROWSKI, 2014).

À medida que as cidades crescem e tornam-se superpopulosas, os problemas relacionados à falta de planejamento, estrutura e gestão se multiplicam, buscando suprir a demanda por espaço e recursos (GRISE, 2015). No entanto, isto se agrava à medida que as populações urbanas dependem de diversos insumos externos ao espaço urbano (água, energia, local para dejetos, produção de alimentos e toda a gama de bens para o setor industrial e comercial), transferindo os impactos para os espaços territoriais muito mais amplos do que o próprio limite urbano (BUENO, 2010).

A relação de equilíbrio entre a natureza e a urbanização nas cidades, no que se refere aos fatores ecológicos, climáticos, sustentáveis e de bem-estar, é um aspecto universal do planejamento urbano moderno (RASKOVIC; DECKER, 2015). O

crescimento desordenado de grande parte das cidades brasileiras e as ocupações irregulares do solo têm dificultado o planejamento adequado que viabiliza uma conexão da área construída com a vegetada (BARBOSA et al., 2015).

2.1.2 O contato do homem com a natureza

A relação equilibrada entre a natureza e a urbanização é amplamente aceita e inevitavelmente induz ao desejo da sociedade por árvores em ambientes urbanos (RASKOVIC; DECKER, 2015). Durante as últimas décadas, os cientistas mostraram que a exposição à natureza urbana tem relação com a maior capacidade do ser humano em lidar com problemas difíceis da vida (KUO, 2001). Há indícios crescentes de que a exposição à natureza aumenta os recursos necessários para gerenciar as demandas e pressões da vida moderna, responsáveis por alguns dos problemas de saúde mais ameaçadores da atualidade (JIANG et al., 2014).

Os ambientes naturais são capazes de promover o bem-estar psicológico, reduzindo o estresse físico, induzindo as emoções positivas e facilitando a renovação dos recursos cognitivos (HARTIG, 2004), além de promover a reflexão e oferecer uma sensação de tranquilidade e paz (KAPLAN, 1985).

Segundo Abkar et al. (2010), passear em áreas verdes com frequência, facilita a redução e alívio do estresse e melhora o bem-estar psicológico dos usuários, contribuindo para a melhoria do bem-estar e do bom-humor. Perekouskei (2013), ao concluir sua pesquisa afirmou que além de oferecer ar puro, limpo e saudável, a harmonia das cores da natureza faz bem à saúde. As pessoas sentem-se melhor em contato com as áreas verdes, pois estas áreas promovem melhores condições respiratórias, alto astral e fazem as pessoas se sentirem livres.

Os estudos de Grahn e Stigsdotter (2002) também revelaram que quanto mais tempo as pessoas passam em áreas verdes urbanas, há menos chances de serem afetadas pelo estresse. Por isso, Jiang et al. (2014) afirmam que criar ambientes mais ecológicos parece ser uma forma eficaz de ajudar na redução do estresse da população, podendo ajudar a reduzir muitas doenças que a acompanham, como doença cardiovascular, acidente vascular cerebral, depressão e asma.

As reações benéficas desencadeadas pela exposição aos ambientes e elementos naturais são características adaptativas do passado, ou seja, tiveram origem na longa história evolutiva da espécie humana, sempre em contato com os

ambientes naturais (JOY; BERG, 2011). Deste modo, a presença do ecossistema natural, dentro dos limites das cidades, contribui para a saúde pública e aumenta a qualidade de vida dos cidadãos urbanos (ODUM, 2004).

2.1.3 Qualidade de vida nas cidades

Qualidade de vida urbana pode ser entendida como a capacidade do meio urbano em atender às necessidades da população (PASSERINO, 2004), ou ainda, 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).

Segundo Herculano (1998), qualidade de vida é a soma das condições ambientais, econômicas, científico-culturais e políticas construídas coletivamente e postas à disposição dos indivíduos para que possam realizar suas potencialidades, incluindo: acessibilidade à produção, consumo, meios para produzir cultura, ciência e arte. A qualidade de vida prevê a existência de mecanismos de comunicação, informação, participação e influência nos destinos coletivos, através da gestão territorial, para assegurar água e ar limpos, higiene ambiental, equipamentos coletivos urbanos, alimentos saudáveis e a disponibilidade de espaços naturais, bem como da conservação de ecossistemas naturais.

Portanto, a qualidade de vida deve ser pensada como a capacidade que as pessoas têm de satisfazer adequadamente suas necessidades humanas fundamentais (BARBOSA, 1996). As cidades deveriam conseguir suprir todas essas necessidades básicas do homem, sejam elas culturais, sociais, econômicas ou ambientais (MARTINI, 2013). Mas, segundo a mesma autora, o que se vê hoje são infinidades de problemas ocasionados pelo planejamento mal sucedido ou a falta do mesmo.

O objetivo central do planejamento urbano deveria ser o de promover 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 e informal supera o planejado e formal (MONTEIRO, 2004). Assim, o desenvolvimento dos espaços urbanos sem o planejamento adequado atribui características insalubres à urbe, principalmente devido às ações antrópicas e seus efeitos (MARTINS et al., 2011).

Contudo, ainda se sobressai a estes fatos a necessidade do homem, através de suas ações, de garantir a qualidade de vida adequada para ele e para outras formas de vida (SILVA, 2007).

2.2 AS MUDANÇAS CLIMÁTICAS E O CLIMA NAS CIDADES

2.2.1 Os impactos das mudanças climáticas nas cidades

Nas últimas décadas, as mudanças climáticas têm causado impactos sobre os sistemas naturais e humanos em todos os continentes e oceanos (IPCC, 2014). Pode-se definir mudanças climáticas como as alterações estatisticamente importantes, tanto no estado médio do clima quanto em suas variações, que permitem observações por um tempo mais extenso (em geral, décadas ou mais). Podem ser provocadas por processos internos naturais, força radioativa externa, mudanças antrópicas persistentes na composição da atmosfera ou pelo uso do solo (DOW; DOWNING, 2007).

O aumento da temperatura global reconhecido durante as últimas décadas não é apenas uma ideia simples ou abstrata, uma vez que as temperaturas mais elevadas contribuem para ondas mais intensas de calor, secas e tempestades, elevação do nível do mar e inundações destrutivas, afetando a segurança alimentar e a habitabilidade de regiões litorâneas, além da composição de espécies nos ecossistemas locais (HEINL et al., 2015).

Segundo a previsão do último relatório do Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima, a mudança do clima ao longo do século 21 poderá reduzir significativamente os recursos hídricos renováveis, superficiais e subterrâneos; prejudicar os sistemas costeiros e áreas baixas com os impactos adversos - submersão, inundações e erosão costeiras; afetar todos os aspectos da segurança alimentar, incluindo o acesso à alimentação e estabilidade dos preços; exacerbar os problemas de saúde que já existem – com maior probabilidade de lesões, doenças e mortes devido às ondas de calor mais intensas; dentre outros (IPCC, 2014).

Espera-se, portanto, que esse aumento nas temperaturas, ondas de calor intensas, precipitações extremas, inundações e deslizamentos de terra intensifiquem os desafios já existentes das doenças transmissíveis, além da insegurança alimentar e da pobreza (ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE (OMS), 2015).

Por mais que a possibilidade de prever os impactos das mudanças climáticas em escala global ainda seja incerta, pois há diversas teorias - algumas inclusive que apontam resfriamento do planeta ou a passagem por um curso natural de variação climática - os efeitos locais da urbanização no clima já têm sido amplamente documentados (GRIMMOND, 2007).

As áreas urbanas concentram muitos dos riscos globais das mudanças climáticas, como estresse por calor, precipitações extremas, inundações costeiras e no interior, deslizamentos de terra, poluição do ar, seca e escassez de água (IPCC, 2014). Ainda, segundo os relatórios do IPCC, os riscos são maiores para aqueles que não possuem infraestruturas e serviços essenciais ou que vivem em moradias de baixa qualidade e em áreas expostas.

Muitos habitantes das cidades em todo o mundo sofrem de problemas de saúde e desconforto causados por sobreaquecimento das zonas urbanas, e há evidências convincentes de que esses problemas serão intensificados pela mudança climática global (BROWN et al., 2015).

Sem dúvidas, os problemas relacionados ao calor são uma questão importante em muitas áreas urbanas do mundo, principalmente porque deve reduzir a demanda de energia para aquecimento e aumentar a demanda de energia para refrigeração nos setores residenciais e comerciais (IPCC, 2014). Por isso, para garantir a sobrevivência da vida na Terra é preciso que as cidades trabalhem unidas na proteção do ambiente, pois essa tarefa de responsabilidade planetária, só pode ser atingida em conjunto, através de um trabalho de cooperação (NASCIMENTO; OLIVEIRA, 2011).

2.2.2 O clima urbano

O clima das cidades começou a despertar interesse dos pesquisadores a partir de meados do século XIX quando as cidades industrializadas, em especial na Inglaterra e França, passaram a apresentar ambientes fortemente degradados (LIMA et al., 2012). Apesar disso, os estudos sobre clima urbano ainda precisam ser estimulados, não apenas pela necessidade de adquirir informações sobre os inúmeros efeitos da urbanização, mas também para auxiliar nas decisões de planejamento ambiental e readequação das áreas urbanas (HUANG et al., 2008a).

O clima urbano pode ser definido como “o clima de um local específico que

sofre influência antrópica contínua, devido à dinâmica do processo de urbanização” (MARTINI, 2015, p. 126). É um importante fator responsável pela variação das paisagens e pela diversidade biológica na Terra, sendo que nas cidades, influi no desenvolvimento de tipologias e variações arquitetônicas, assim como em diferentes hábitos e costumes da população (BASSO; CORREA, 2014). Deste modo, “o clima pode ser visto como um dos mais importantes recursos naturais, que, se bem compreendido e adequadamente gerido, poderá contribuir para o desenvolvimento sustentável” (ALCOFORADO, 2006, p. 169).

A cidade é geradora de um clima próprio, resultado da interferência de todos os fatores atuantes sobre a camada de limite urbano, os quais agem para alterar o clima em escala local (AMORIM, 2010), fazendo com que o clima urbano seja particular a cada ambiente urbanizado (LIMA, 2011).

Segundo Martini (2015), o clima nas áreas urbanas difere das áreas rurais principalmente devido à variação da topografia e das atividades humanas. Isto porque, o ambiente urbano passou a ser composto por outros elementos e a sofrer influência de outros fatores, tais como: aumento populacional e da circulação de veículos, fornecimento rápido e artificial de energia, ausência de vegetação e áreas permeáveis, canalização de rios e córregos e utilização de materiais com refletância e capacidade térmica mais elevada. O que corrobora com o surgimento de vários problemas ambientais, como: tempestades severas, inversão térmica e ilhas de calor. Sendo esta última um problema ambiental exclusivo dos centros urbanos.

O termo ilha de calor urbano, *Urban Heat Island (UHI)*, se refere a uma anomalia térmica na qual a temperatura da superfície urbana se caracteriza por ser superior a da vizinhança periférica/rural (LOMBARDO, 1985; HAMADA; OHTA, 2010; CONTI, 2011; CHANG; LI, 2014). É um fenômeno climático associado com a urbanização (KONG et al., 2014), resultado da substituição de superfícies naturais por impermeáveis, não-evaporativas, tais como concreto e asfalto (HEINL et al., 2015). Pode-se dizer também, que é provocada pelo desequilíbrio entre os elementos construídos, naturais e a própria população (NASCIMENTO; OLIVEIRA, 2011).

Todo processo de urbanização provoca alterações na atmosfera urbana, gerando “ilhas de calor” e “ilhas de frescor”, variando conforme a configuração do uso do espaço e resultando na diferenciação dos microclimas urbanos (PINHEIRO, 2016). Os ambientes urbanos capazes de gerar um resfriamento localizado dão origem às

ilhas de frescor urbano, que se contrapõe ao efeito de ilhas de calor urbano, amplamente divulgado (SHASHUA-BAR; PEARLMUTTER; ERELL, 2009).

Segundo Conti (2011), no processo de urbanização, a remoção da vegetação e sua substituição por áreas construídas elevam os índices de albedo e, conseqüentemente, a superfície do solo passa a reter menor quantidade de energia, aumentando a refletância. Quanto mais elevado for o volume de energia armazenado, maior é o equilíbrio térmico. Porém, nas cidades verifica-se uma desorganização nesse mecanismo climático. A radiação que incide sobre as paredes e tetos dos edifícios se acumula na forma de energia durante o dia e, à noite é liberada para a atmosfera, alimentando as ilhas de calor.

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.

A possibilidade de controlar o clima urbano é foco de interesse dos planejadores envolvidos em desenhar espaços que priorizem a otimização ambiental e a valorização humana, de modo a assegurar maior conforto ambiental e emocional a seus usuários (BASSO; CORREA, 2014). Muitas estratégias para mitigar o efeito da ilha de calor urbana já têm sido sugeridas na literatura, tais como: modificação da geometria urbana; uso de superfícies de cor clara; políticas e medidas para aumentar eficiência energética; gerenciamento do tráfego de veículos e melhorias no sistema de transporte; utilização de superfícies permeáveis; e uso de superfícies vegetadas (CHANG; LI; CHANG, 2007).

2.2.3 As escalas de estudo do clima

A conceituação das diferentes escalas meteorológicas permite a diferenciação dos processos atmosféricos, possibilitando a delimitação do objeto de estudo por parte do pesquisador (MINELLA, 2009). 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).

Segundo Oke (1984), o clima nas áreas urbanas pode ser analisado em três abrangências espaciais:

- 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 microescala. 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.

Para cada classe existem variações na camada de ar presentes no perfil vertical, o que acarretará a diferenciação dos métodos de observação climática, especialmente em relação ao posicionamento dos instrumentos (DACANAL, 2011).

Existem duas camadas de ar nesse perfil vertical, a Camada Urbana ao Nível das Coberturas (*Urban Canopy Layer – UCL*), também chamada de Camada do Dossel Urbano, compreende o ar contido entre o solo e o nível médio das coberturas das edificações (OKE, 1978), representa a interação entre a atmosfera e os elementos da composição urbana (SCHIMITZ, 2014); a outra camada situa-se diretamente acima da primeira, pode ser denominada de Camada Limite Urbana (*Urban Boundary Layer – UBL*) (OKE, 1978), representa a interação da atmosfera com o conjunto da cidade, apresentando um conjunto de microclimas produzidos pelo entorno imediato (SCHIMITZ, 2014).

Com base nessas descrições, pode-se caracterizar três níveis para diferenciar as escalas climáticas (TONIETTO; MANDELLI, 2003; ALMEIDA JR, 2005; MENDONÇA; DANNI-OLIVEIRA, 2007; MASCARÓ; MASCARÓ, 2009):

- a) macroclima - também chamado de clima original ou clima regional (TONIETTO; MANDELLI, 2003). 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); a temporalidade das variações mais representativas gira em torno de algumas semanas a vários decênios (MENDONÇA; DANNI-OLIVEIRA, 2007);

- b) mesoclima - também conhecido como clima local, 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 uma floresta ou de uma vertente. A superfície abrangida por um mesoclima pode ser muito variável, podendo fazer referência às 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); a temporalidade das variações mais representativas gira em torno de várias horas a alguns dias (MENDONÇA; DANNI-OLIVEIRA, 2007);
- c) microclima - corresponde as condições climáticas de uma superfície pequena e o termo genérico bioclima é utilizado para essa escala (TONIETTO; MANDELLI, 2003). Pode variar de alguns metros a 10 km (ANDRADE, 2010). A temporalidade das variações mais representativas gira em torno de minutos até um dia (MENDONÇA; DANNI-OLIVEIRA, 2007).

Estudos sobre a vegetação e sua influência no clima urbano apoiam-se diretamente na escala microclimática. Segundo 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. Embora Barbosa (2005) afirme que uma das funções mais significativas desempenhadas pela vegetação é seu uso como fator de modificação do clima, tanto em escala meso quanto microclimática.

O microclima urbano influencia e é influenciado pelas ações humanas sobre o meio (BASSO; CORREA, 2014). 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). Mas não é apenas nessa escala que as alterações climáticas podem ser sentidas. Ações antrópicas, tais como a urbanização, produzem alterações nas condições térmicas da atmosfera, na umidade do ar e na velocidade

dos ventos, nas escalas microclimática e mesoclimática (CHILETTO, 2005).

Segundo Gheno (2013), as modificações impostas pela cidade ocorrem, principalmente, nas escalas micro e local, através de transformações em sua superfície, em geral, aumentando a temperatura e modificando os fluxos de vento e a umidade relativa do ar. O microclima é realçado quando fatores climáticos locais acentuam ou atenuam os fatores de origem externa, interferindo de forma decisiva nas escalas superiores do clima (MASCARÓ; MASCARÓ, 2009). Portanto, é possível afirmar que a 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).

2.3 A VEGETAÇÃO NAS CIDADES

2.3.1 Conceitos e terminologias

A vegetação é um componente central da estrutura da paisagem urbana, tanto por motivos ecológicos, como do ponto de vista sociopsicológico, podendo influenciar significativamente na melhoria do bem-estar e da qualidade de vida do homem (GRISE, 2015).

O primeiro termo definido para se referir ao conjunto de vegetação existente em uma cidade foi *urban forestry*, proposto por Jorgensen em 1970. O autor definiu *urban forestry* como o ramo especializado da silvicultura, cujo objetivo é o cultivo e manejo de árvores, devido às suas contribuições potenciais para o bem-estar fisiológico, sociológico e econômico da sociedade urbana (LINDENMAIER, 2013).

No português, o termo é entendido como floresta urbana. Porém, existem inúmeros termos na literatura nacional utilizados para se referir à vegetação existente nas cidades, em alguns casos, com enfoque principal para o elemento arbóreo, tais como: cobertura vegetal, cobertura arbórea, floresta urbana, arborização urbana, áreas verdes, espaços verdes, espaços abertos, verde urbano (MAGALHÃES, 2006; LINDENMAIER, 2013). Entretanto, nem todos são bem aceitos.

O termo arborização sempre foi utilizado para se referir a ação do plantio de árvores e manutenção desta ação, que pode ser realizada individualmente ou em pequenos grupos, apresentando significativa conotação com a atividade propriamente dita (MAGALHÃES, 2006). Segundo Lindenmaier (2013), foi no processo de

urbanização de algumas cidades brasileiras, no período colonial, que se inseriu o termo arborização, através dos projetos paisagísticos.

Para Biondi (2015), é possível conceituar ou definir floresta urbana sob um ponto de vista moderno ou contemporâneo, que praticamente passa ser uma substituição do termo arborização urbana por floresta urbana. Isto porque, arborização urbana é uma terminologia que reduz muito o seu significado e função no meio urbano. Pode-se afirmar que a diferença básica entre a arborização urbana e a floresta urbana está na mudança de visão do elemento árvore, de individual para coletivo (GONÇALVES, 2000).

Florestas urbanas, portanto, são ecossistemas caracterizados pela presença de árvores e outras formas de vegetação associadas às pessoas e ao seu desenvolvimento (DWYER et al. 2000). Neste conceito, compreende as árvores plantadas em calçadas, parques, praças, jardins, quintais, estacionamentos, cemitérios e bosques urbanos, mesmo que estejam localizadas em áreas suburbanas e periurbanas (ARAÚJO; ARAÚJO, 2011). Estas áreas podem apresentar também diferentes formas de vida, tais como: árvores, arbustos, trepadeiras, herbáceas, plantas de forração, plantas aquáticas e outras (BIONDI, 2015).

Recentemente com o emprego de novas tecnologias como o sensoriamento remoto e o geoprocessamento, o termo cobertura vegetal passou a ser utilizado, e traduz uma nova forma de perceber a vegetação dentro do espaço urbano (LINDENMAIER, 2013). Desta forma, o termo cobertura vegetal ou cobertura arbórea (apenas árvores) são empregados para se referir à vegetação de uma cidade quando analisados espacialmente por técnicas de sensoriamento remoto.

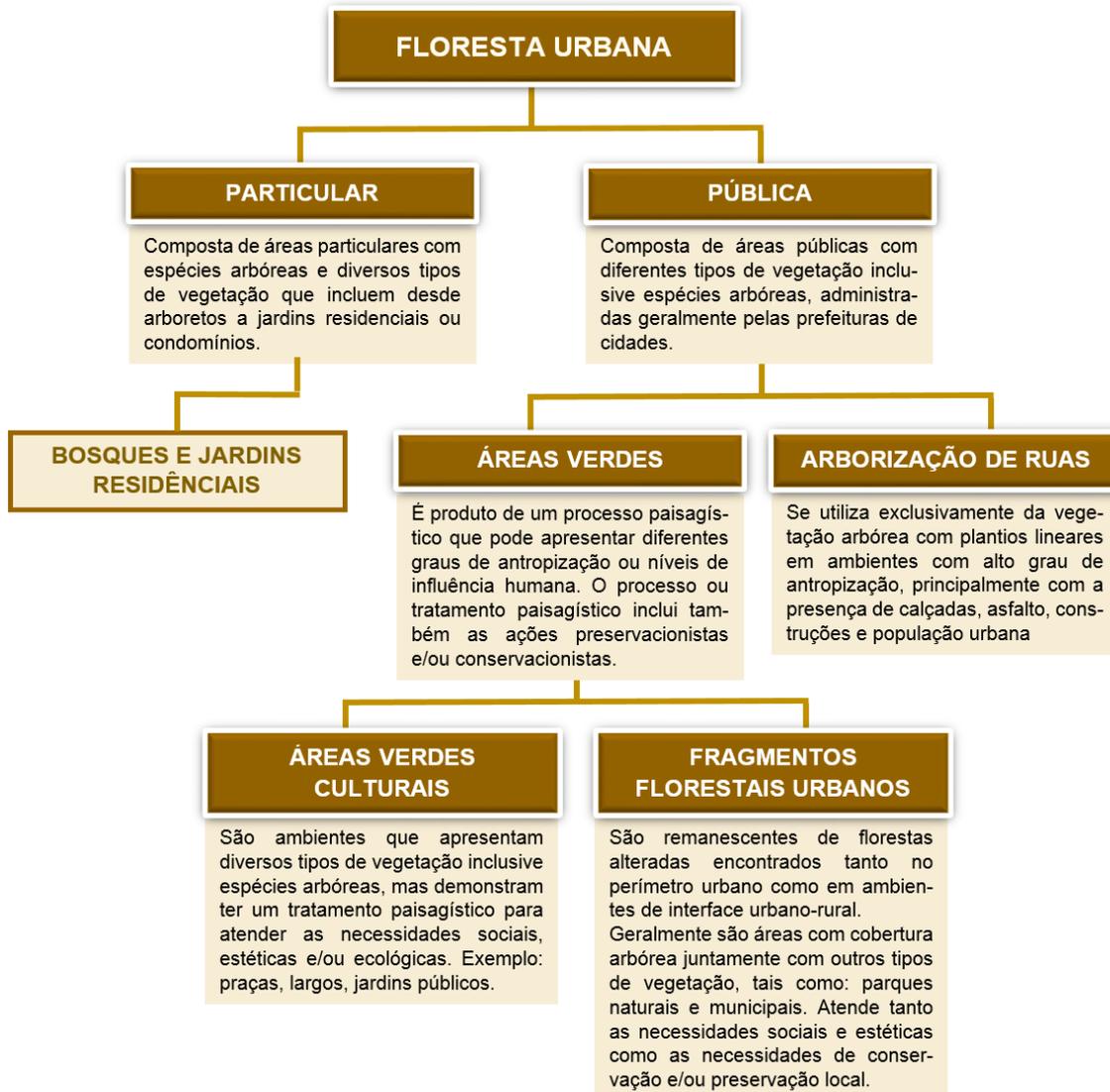
2.3.2 Tipologias de floresta urbana

Tipologia é a ciência que estuda os tipos, diferença intuitiva e relativas a conceitos de formas de modelo, sendo muito usada na área de estudos sistemáticos, para definir diferentes categorias (MOREIRA, 2015).

Conforme Miller (1997), como já definido anteriormente, a floresta urbana é o conjunto de toda a vegetação arbórea e suas associações dentro e ao redor das cidades, desde pequenos núcleos urbanos até grandes regiões metropolitanas. Incluem-se nesse conceito as áreas públicas e privadas, remanescentes de

ecossistemas naturais ou plantados, bem como árvores de ruas, praças, parques e unidades de conservação (FIGURA 1).

FIGURA 1 - CLASSIFICAÇÃO DA FLORESTA URBANA E SUAS DEFINIÇÕES



FONTE: Adaptado de Biondi (2015).

Segundo Biondi (2015), a floresta urbana pode ser dividida em particular e pública. Na categoria particular, encontram-se os bosques e jardins residenciais e na pública, as áreas verdes e arborização de ruas.

As tipologias de floresta urbana podem ser divididas em três grupos principais (SILVA, 2012; LINDENMAIER, 2013; MARTINI et al., 2015):

- a) remanescente florestal - são remanescentes de florestas alteradas existentes tanto no perímetro urbano como em ambientes de interface urbano-rural (BIONDI, 2015). Segundo a mesma autora, são áreas de

cobertura arbórea em conjunto com outros tipos de vegetação. Esta tipologia de área verde atende tanto as necessidades sociais e estéticas como as necessidades de conservação e/ou preservação local.

- b) área verde com paisagismo - são ambientes que apresentam diversos tipos de vegetação inclusive espécies arbóreas, mas demonstram ter um tratamento paisagístico para atender as necessidades sociais, estéticas e/ou ecológicas (BIONDI, 2015). São exemplos de área verde com paisagismo introduzido as praças, largos, jardinetes, jardins públicos e até mesmo parques e bosques.
- c) arborização de ruas - toda vegetação de porte arbóreo que acompanha as vias públicas, estando em calçadas laterais ou em canteiros centrais (SILVA, 2009). Como já citado por Biondi (2015), se utiliza exclusivamente da vegetação arbórea com plantios lineares em ambientes com alto grau de antropização, principalmente com a presença de calçadas, asfalto, construções e população urbana.

Nota-se, portanto, que nas cidades existem diversos tipos de áreas verdes, referidas aqui como floresta urbana, as quais desenvolvem diversas funções de acordo com a sua finalidade e grau de conservação (ARAÚJO et al., 2015). É de grande importância que a função ambiental e social das áreas verdes esteja diretamente associada às suas tipologias (VIEZZER et al., 2012).

2.3.3 Os benefícios da vegetação para o clima urbano

A falta de vegetação é um dos principais responsáveis pelas alterações do clima nos grandes centros urbanos, pois as propriedades de regulação e melhoria do clima que elas oferecem é uma característica fundamental para garantir um clima urbano ideal (ABREU, 2008). Por esse motivo, as árvores, as praças vegetadas, os parques e bosques, são citados como os melhores reguladores climáticos existentes (LEAL, 2012), além de exercerem um papel importante para a qualidade de vida em ambientes urbanos (BIONDI; ALTHAUS, 2005), pois sua capacidade única de controlar muitos dos efeitos adversos do meio urbano contribuem para uma significativa melhoria da qualidade de vida (VOLPE-FILIK; SILVA; LIMA, 2007).

As áreas verdes urbanas proporcionam microclimas mais frios e criam ilhas de frescor urbanas localizadas (KONG et al., 2014), que são importantes para a saúde

humana e sustentabilidade das cidades (CHEN et al., 2014). Além de serem uma estratégia de adaptação para lidar com as mudanças climáticas futuras, atuando na mitigação dos efeitos das ilhas de calor urbana (KONG et al., 2014).

A mudança climática global passou a colocar novos desafios e uma razão extra para otimizar o planejamento e gestão das áreas verdes urbanas (JIM; LO; BYRNE, 2015), que representam um dos componentes chave da “infraestrutura verde” (ZIVOJINOVIC; WOLFSLEHNER, 2015). Dentre as várias opções para fornecer refrigeração às cidades, a melhor já documentada é a criação de parques urbanos e espaços verdes, que têm o potencial de fornecer ambientes termicamente confortáveis e reduzir a vulnerabilidade ao estresse térmico (BROWN et al., 2015).

Além da criação de espaços verdes, a inserção de mais árvores urbanas nas cidades ajuda a mitigar o efeito das ilhas de calor (THUNDIYIL, 2003). Assim, medidas como a arborização de vias públicas, praças, vazios urbanos, encostas e fundos de vale podem contribuir significativamente para melhoria do clima urbano (GOMES; AMORIM, 2003). Contudo, no planejamento da arborização urbana, é preciso considerar as concentrações dos serviços urbanos, que geram microclimas característicos das ilhas de calor, pois nestes locais há maior necessidade da concentração de vegetação (LEAL, 2012).

A minimização dos efeitos das ilhas de calor urbanas é um importante serviço ecossistêmico desempenhado pelas árvores urbanas (SUNG, 2013). 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).

Várias cidades ao redor do mundo estão buscando aumentar a área verde ou cobertura de vegetação como uma forma de gerir o calor urbano, melhorando simultaneamente a beleza, a biodiversidade e o valor recreativo (ADAMNS; SMITH, 2014). Segundo Jiang et al. (2015), essa ascensão da vegetação urbana ocorrida nas cidades nesta última década é uma forma de melhorar a paisagem, a habitabilidade das cidades, as condições ambientais e econômicas, a qualidade de vida e a saúde dos cidadãos.

Apesar de serem pequenos maciços verdes espalhados na malha urbana, exercem um papel importantíssimo na amenização climática das cidades e no seu comportamento ecológico, regional e global (NASCIMENTO; OLIVEIRA, 2011). No

entanto, esse benefício não pode ser considerado somente ecológico, mas também social e econômico, devido a promoção do conforto térmico à população e diminuição do consumo de energia para a climatização de ambientes (MARTINI, 2015).

2.3.4 Fatores responsáveis pela melhoria microclimática

A vegetação possibilita a criação de microclimas urbanos diferenciados por meio do sombreamento, da redução da velocidade dos ventos, da proteção solar ao ambiente urbano edificado, da redução das temperaturas urbanas, da evapotranspiração e da retenção de umidade do solo e do ar (BASSO; CORREA, 2014).

As árvores podem reduzir as temperaturas porque interceptam a radiação solar e sombreiam construções e outras superfícies (ADAMNS; SMITH, 2014). Suas folhas possuem baixo índice de reflexão, absorvem a radiação solar incidente e bloqueiam boa parte da radiação solar direta (BASSO; CORREA, 2014). Dessa forma, dependendo da densidade da sua folhagem, extensão e espessura da copa, podem interceptar grandes quantidades de radiação solar (BARBIRATO, TORRES; SOUZA, 2011). Conseqüentemente, a vegetação modifica a temperatura da superfície que atinge também a temperatura do ar, devido às alterações na geometria e propriedades radiativas da cobertura do solo (SHASHUA-BAR et al., 2010).

Além disso, as árvores transformam uma pequena parte da radiação solar absorvida pela fotossíntese em calor latente (evapotranspiração), evitando que seja convertida em energia térmica (FRYD; PAULEIT; BUHLER, 2011; CHEN et al., 2014). Não se deve esquecer também que as áreas vegetadas não se tornam tão quentes durante o dia como superfícies construídas devido à transpiração das plantas (CHEN et al., 2014).

Pode-se afirmar, portanto, que o benefício microclimático proporcionado pela vegetação se deve a dois fatores principais: sombreamento e evapotranspiração (OKE, 1989; VELASCO, 2007; GARTLAND, 2010). Conforme Gartland (2010), as árvores produzem sombras para edifícios, pavimentos e pessoas, que os protegem do calor do sol, mantendo essas superfícies mais frescas e reduzindo o calor transferido por elas para o ar acima. Já a evapotranspiração utiliza a energia solar para evaporar a água, o que evita que essa energia seja usada para produzir calor e aquecer a cidade, mantendo as temperaturas do ar mais baixas durante o dia.

2.3.5 Pesquisas sobre a influência da vegetação no clima urbano

O papel da vegetação urbana na adaptação às alterações climáticas tem sido foco de uma série de estudos publicados, como: Kendal e McDonnell (2014) e Pötzelsberger et al. (2015). Pesquisas têm sido dedicadas à avaliação da vegetação urbana, especialmente no contexto de sustentabilidade, aceleração da urbanização e qualidade de vida (RASKOVIC; DECKER, 2015). As várias funções que as árvores desempenham nas cidades, seu valor, custos, benefícios e a própria influência diversificada que exerce em áreas urbanas têm sido amplamente discutidas (DONOVAN; BUTRY, 2010).

Leal (2012), ao analisar o clima local da cidade de Curitiba, verificou que nas regiões com maior quantidade de áreas permeáveis, concentração de remanescentes florestais ou presença de áreas verdes públicas ocorreram menores temperaturas e aumento da umidade relativa do ar, atuando como “ilhas de frescor urbano”.

Kurbán et al. (2002), na cidade de San Juan (Argentina), 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 (Alemanha), 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; MATZARAKIS, 2003).

Em Dresden (Alemanha), a temperatura do ar em rua arborizada foi de 0,9 a 2,6°C menor do que em ambiente sem vegetação e a umidade relativa foi maior, variando de 0,6 a 6,4 unidades (GILLNER et al., 2015). Em Curitiba, a temperatura do ar na rua arborizada foi em média 1,7 °C menor do que na rua sem arborização e a umidade relativa, maior em 6,9 unidades (MARTINI, 2013).

Em um parque de Nagoya (Japão), Hamada e Ohta (2010) encontraram diferenças de temperatura de 1,9 °C no verão e – 0,3 °C no inverno. Em Manchester (Inglaterra), na estação do verão, foi constatado que embora a sombra de uma árvore só reduza as temperaturas do ar em 1 ou 2 °C, em dias quentes e ensolarados as temperaturas percebidas são significativamente mais baixas na sombra (ARMSON; STRINGER; ENNOS, 2012). Na cidade de Curitiba, Martini et al. (2011) verificaram que a temperatura de um fragmento florestal urbano foi 5 °C mais amena, enquanto que a umidade relativa foi maior em 27,6 unidades.

Mascaró e Mascaró (2009) observaram 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 a 3,8 °C entre a área sombreada pelas árvores e a área exposta à radiação direta.

Diversos estudos foram realizados na cidade de Curitiba com o uso transectos móveis, sendo que em todos foram encontradas menores temperaturas no interior da área verde estudada e maiores valores de umidade relativa. No interior do Bosque João Paulo II, a temperatura foi na média 0,9 °C menor e a umidade relativa foi 16 unidades maior (LEAL et al., 2011). No Bosque Capão da Imbuia, a temperatura foi 3,6 °C menor e a umidade relativa foi 14 unidades maior (BIONDI et al., 2011). No Bosque Gutierrez, a temperatura foi 4,4 °C menor e a umidade relativa foi 17,8 unidades maior (SILVA et al., 2014). No fragmento florestal existente no Parque Barigüi, a temperatura foi 4,3 °C mais baixa (alcançando até 6,1 °C) e a umidade foi maior em 4,2 unidades (MARTINI et al., 2015). Na Praça Alfredo Andersen a temperatura média foi 1,4 °C menor e a umidade relativa 5 unidades maior (VIEZZER et al., 2015).

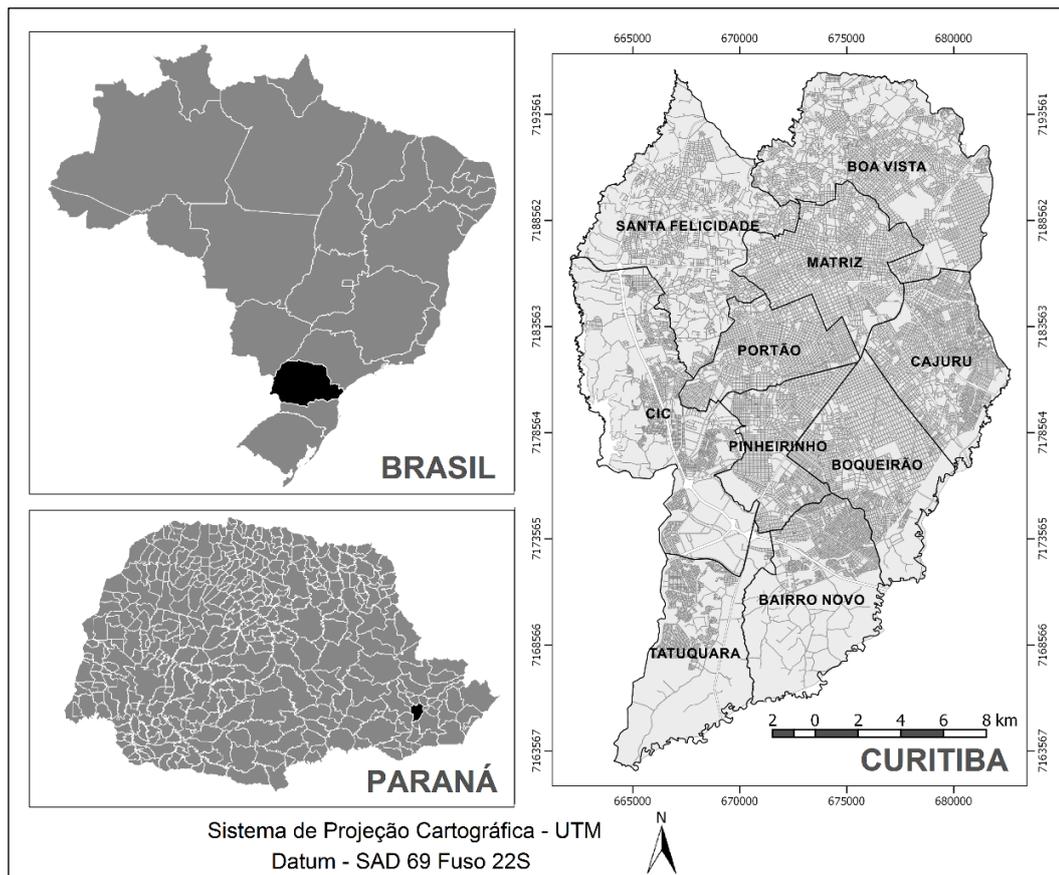
Entre outras funções, a vegetação tem sido apontada como elemento fundamental para minimizar os efeitos da alteração do clima provocado pelas ações humanas, promovendo resfriamento do ar, aumento da umidade relativa do ar e mudanças na ventilação (DIMOUDI; NIKOLOPOULOU, 2003). Não restam dúvidas de que as árvores podem ser consideradas climatizadores naturais do ar (MARTINI, 2015).

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 2). O marco zero da cidade está localizado 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 2 - LOCALIZAÇÃO GEOGRÁFICA DA CIDADE DE CURITIBA



FONTE: O autor (2016).

A cidade apresenta área total de 435,036 km² e segundo estimativas do IBGE para o ano de 2015, a população estimada é de 1.879.355 habitantes, sendo em sua totalidade urbana e com densidade demográfica de 4.027,04 hab/km² (IBGE, 2016).

A topografia é ondulada com colinas suavemente arredondadas, dando-lhe 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, 2016).

As características do uso do solo da cidade de Curitiba resultaram de um processo permanente e institucionalizado de planejamento urbano, iniciado em 1943, com o Plano Agache, posteriormente com Plano Serete (1964) e suas adaptações, com a legislação do Zoneamento de Uso e Ocupação do Solo de 2000 e com o novo Plano Diretor de Curitiba de 2004 (LEAL, 2012).

O Zoneamento de Uso e Ocupação do Solo (Lei nº 9800/2000), criado com o objetivo de orientar e ordenar o crescimento da cidade estabeleceu as seguintes zonas e setores de uso na cidade: Zona Central (ZC); Zonas Residenciais (ZR); Zonas de Serviços (ZS); Zonas de Transição (ZT); Zonas Industriais (ZI); Zonas de Uso Misto (ZUM); Zonas Especiais (ZE); Zona de Contenção (Z-COM); Áreas de Proteção Ambiental (APA); Setores Especiais (SE). Assim, os critérios de uso e ocupação do solo nos lotes das diversas zonas e setores especiais devem ser atendidos conforme descrição na lei.

No aspecto administrativo, a cidade é composta por 75 bairros agrupados em nove regionais: Bairro Novo, Boa Vista, Boqueirão, Cajuru, CIC, Matriz, Pinheirinho, Portão e Santa Felicidade (IPPUC, 2016).

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 e ocasional precipitação de neve (IPPUC, 2016). Conforme 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 0,8% do território nacional (ABNT, 2005).

Curitiba apresenta temperatura média anual de 17,8 °C, com variação média de 14,0 °C no mês mais frio, até 21,7 °C no mês mais quente. O mês de fevereiro é o que apresenta as temperaturas mais altas e julho as menores. As precipitações

médias anuais atingem 1.633,61 mm, variando de 85,7 mm no mês mais seco a 224,7 mm no mês mais úmido, com 170 dias de chuva ao ano. A umidade relativa média é de 80% e a velocidade do vento 2,22 m/s, alcançando dias com 6,4 m/s, sendo o sentido predominante do vento leste-nordeste (ENE) (MARTINI, 2015).

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 é “a capital mais fria do Brasil” (MENDONÇA; DANNI-OLIVEIRA, 2007; SCHMITZ; MENDONÇA, 2011). Além disso, apresenta em média 35 dias de céu limpo durante todo o ano (MARTINI, 2015).

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 nível do mar - o verão é ameno e o inverno moderado com alguns dias mais rigorosos (IPPUC, 2011).

Segundo Mendonça (2001), a atmosfera de Curitiba registra comumente a ocorrência de variados tipos de clima em um 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 floresta urbana

A cidade de Curitiba está inserida entre as regiões fitogeográficas de Estepe Gramíneo-Lenhosa (campo) e Floresta Ombrófila Mista (floresta com araucária) que compõem o Bioma Mata Atlântica (MAACK, 2012).

A cobertura de vegetação de todo o município foi estimada em 189.826.140,18 m² ou 43,68% de sua área total, dos quais, 34,70% foram classificados como floresta urbana particular e 8,98% como floresta urbana pública (GRISE, 2015). A mesma autora encontrou ainda um elevado índice de floresta urbana em Curitiba, equivalente a 108,35 m²/hab.

Na cidade de Curitiba existem 1.082 áreas verdes, das quais 17 são bosques, 21 eixos de animação, 2 jardins ambientais, 468 jardinetes, 56 largos, 30 núcleos ambientais, 22 parques, 454 praças e 12 RPPNMs (IPPUC, 2016). Além disso, estima-se a existência de 300 mil árvores em vias públicas (LEAL, 2012). Segundo Grise

(2015) a arborização de ruas corresponde a 11,4% de toda a cobertura arbórea da cidade.

De modo geral, a arborização de ruas foi implantada pela administração municipal, sendo a maioria corresponde a árvores exóticas, espécies que foram selecionadas para plantio ao longo do tempo, devido às características silviculturais já conhecidas e as experiências de arborização de outras cidades (SECRETARIA MUNICIPAL DE MEIO AMBIENTE (SMMA, 2008).

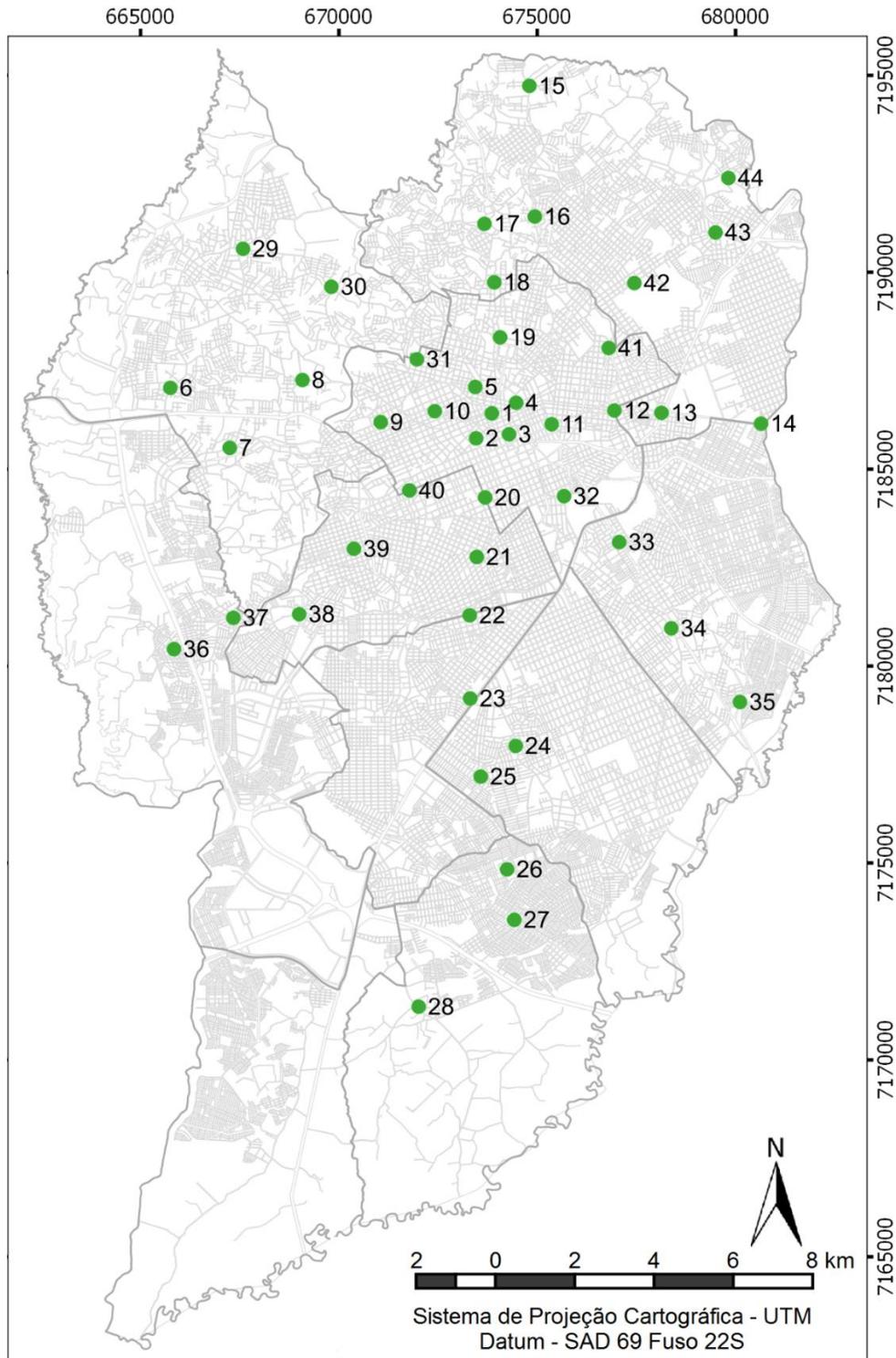
Segundo Bobrowski (2011b), atualmente as espécies arbóreas mais encontradas na arborização pública de Curitiba são: *Lagerstroemia indica* L. (extremosa); *Ligustrum lucidum* W.T. Aiton (alfeneiro); *Handroanthus chrysotrichus* (Mart. ex A.DC.) Mattos (ipê-miúdo); *Tipuana tipu* (Benth.) Kuntze (tipuana); *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 METODOLOGIA E PROCEDIMENTOS PARA ANÁLISE DO CLIMA LOCAL

3.2.1 Locais de monitoramento

A influência da floresta urbana no clima da cidade de Curitiba foi analisada na escala local a partir da pesquisa realizada por Leal (2012). Nesta pesquisa foram instalados 44 pontos de monitoramento temporários para coletar dados em locais fixos na área intraurbana, a partir de quatro transectos cruzando um ponto central, a Praça Tiradentes (FIGURA 3). Com maior adensamento de pontos na área central da cidade, a distância estabelecida entre os pontos de monitoramento foi de 1,5 km (transectos norte-sul e leste-oeste) a 2 km (transectos sudoeste-nordeste e noroeste-sudeste).

FIGURA 3 – LOCALIZAÇÃO DOS PONTOS DE MONITORAMENTO PARA ANÁLISE DO CLIMA LOCAL NA CIDADE DE CURITIBA



FONTE: O autor (2016).

A instalação dos miniabrigos meteorológicos foi realizada a uma altura média de 4 m do solo, nas hastes dos sinaleiros e placas de sinalização, devido aos critérios de padronização, fácil acesso e segurança durante os períodos de coleta de dados (LEAL, 2012).

3.2.2 Coleta de dados

Para analisar a influência da floresta urbana no clima local foram utilizados registradores modelo Hobo® Data Logger RH & Temp. O registrador modelo Hobo® Data Logger RH & Temp, da marca Onset, mede as variáveis temperatura e umidade relativa do ar. Registrando temperaturas de 20 a 70 °C e umidade relativa de 25 a 95%, com capacidade de armazenar 7944 dados, em intervalos de 0,5 segundos a 9 horas. Este equipamento possui precisão de ± 5 unidades para umidade relativa do ar e $\pm 0,7$ unidades para temperatura.

Para minimizar a influência da radiação sobre o sensor deste registrador Hobo®, bem como facilitar a instalação em campo, foram utilizados miniabrigos ajustados ao tamanho do sensor. Segundo WMO (2008), estes abrigos são largamente usados em substituição ao abrigo meteorológico padrão para a coleta de dados no meio urbano. A escolha do miniabrigo se deu com base em estudos realizados por Leal et al. (2011), no qual os autores compararam três modelos confeccionados com o abrigo meteorológico padrão da estação convencional do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), localizado no Centro Politécnico da Universidade Federal do Paraná.

A autora realizou campanhas de monitoramento nas quatro estações do ano, com duração de 22 dias e coleta contínua de dados em intervalos de 15 minutos, totalizando 2112 leituras de cada variável por período. Os períodos de coleta foram: 07 a 28 de fevereiro de 2011 (verão); 09 a 30 de maio de 2011 (outono); 04 a 25 de agosto de 2011 (inverno); e 03 a 24 de novembro de 2011 (primavera).

A autora descreve em sua metodologia que para facilitar a instalação dos registradores Hobo® em campo (equipamento utilizado), os miniabrigos foram montados na data anterior, colocando-se a fita abraçadeira de nylon, pendurando os registradores já programados e fechando-os. A instalação e posterior retirada dos miniabrigos meteorológicos foram realizadas por duas pessoas contratadas, habilitadas para a colocação dos equipamentos em altura. O tempo médio para a instalação ou retirada dos 44 miniabrigos meteorológicos foi de nove horas. Os miniabrigos foram fixados com fita abraçadeira de nylon, na haste dos sinaleiros e placas de sinalização (4 m de altura), voltados para o lado contrário da pista de rolamento para diminuir a influência do trânsito de veículos (LEAL, 2012).

3.2.3 Processamento e análise dos dados

Para a análise da influência da floresta urbana no clima local foram utilizados os valores médios de temperatura (°C) e umidade relativa do ar (%), obtidos nas estações do verão e inverno. Com estes dados foi calculada uma média para cada um dos 44 pontos de análise e também foi determinada a média para cada um desses pontos nos diferentes períodos do dia: manhã (6h00 – 11h45); tarde (12h00 – 17h45); noite (18h00 – 23h45); e madrugada (00h00 – 05h45).

Os dados meteorológicos de temperatura e umidade relativa foram correlacionados com a quantidade de cobertura arbórea e de cobertura vegetal existente no entorno destes pontos. A determinação dessa quantidade de vegetação foi realizada a partir de técnicas de sensoriamento remoto, onde foram utilizadas imagens digitais de alta resolução espacial, do satélite GeoEye-1. As imagens, com resolução espacial de 0,5 m, apresentam bandas do visível e infravermelho próximo, já interpoladas pelo método da Convolução Cúbica, georreferenciadas e datadas de janeiro de 2009.

A imagem inicialmente foi processada no *software* Quantum GIS 2.8.6. Este processamento consistiu na alocação dos pontos de coleta dos dados meteorológicos e criação de *buffers* com dimensões de 500 m ao redor desses pontos. Leal (2012), também considerou o raio de 500 m para caracterizar a área no entorno do sensor meteorológico. Segundo Oke (2006), o círculo de influência sobre um sensor de temperatura ou de umidade deve ser planejado para alcançar cerca de 0,5 km de raio. O autor destacou ainda, que essa influência depende também da densidade de construção e não apresenta um raio simétrico, sendo maior no sentido do vento.

A determinação da área de cobertura do solo no entorno desses pontos foi estabelecida no *software* MultiSpec. Devido ao tamanho da imagem GeoEye, foi necessário processar as informações separadamente para cada regional.

A imagem, separada por regional, foi classificada no *software* MultiSpec, composta nas cores fundamentais “RGB” correspondendo às bandas 4, 3, 2 respectivamente. Para a classificação automática supervisionada, utilizou-se o algoritmo ECHO (*Extraction and Classification of Homogeneous Objects*). As classes estabelecidas de cobertura do solo da área estudada foram: cobertura arbórea, gramado, asfalto, construção e fundo. A validação da exatidão do mapeamento temático foi realizada por meio da estatística Kappa para as classes de cobertura do

solo, que a partir da construção de uma matriz de erro torna possível utilizar técnicas de análise multivariada para determinar a concordância entre a verdade terrestre e o mapa temático.

A área de cobertura arbórea e de cobertura vegetal (cobertura arbórea mais gramado) existente no entorno de cada ponto de coleta foi determinada em metros quadrados e os valores foram comparados com os dados meteorológicos por meio da análise de correlação simples e do diagrama de dispersão, ambos processados no *software* Excel 2013.

A partir da equação polinomial gerada com o diagrama de dispersão, foi calculado o valor de y (temperatura ou umidade relativa) para cada x compreendido entre o conjunto de dados utilizados para elaboração do diagrama, em intervalos de 1 m², iniciando-se com sessenta mil e finalizando com trezentos e cinquenta (para a cobertura vegetal o intervalo foi de 130.000 a 500.000, respeitando o intervalo amostrado). O conjunto de dados variou entre cobertura arbórea e cobertura vegetal devido a faixa de valores compreendida na elaboração da equação, diferente para cada situação.

Como o interesse não era saber o valor da temperatura (y), mas sim a diferença de um ponto para outro, foi realizada a subtração do valor obtido pelo valor anterior, isso para os 29.000 dados calculados de cobertura arbórea e 370000 dados de cobertura vegetal. Deste conjunto de dados que representa o valor da diferença foi determinada uma média. Assim, pode-se inferir que esta média representa o valor da diminuição de temperatura para uma área equivalente a 1 m². No entanto, esse valor de referência foi determinado com base em uma área de 34.557.519,19 m² (área da circunferência $\{\pi \times R^2\} \times 44$ pontos) e a análise do clima local busca indicar informações para toda a cidade. Desta forma foi aplicado um fator de correção aos dados finais apresentados.

O fator de correção foi elaborado com base na divisão da área total da cidade (435.036.000,00 m²) pela área total amostrada (30.630.528,37 m²), o que resultou no valor 14,2026933. Devido à exclusão de *outlier*, para aperfeiçoar a equação proposta, a área descrita foi menor, pois se refere a 39 pontos. Deste modo, pode-se inferir que a área total da cidade é aproximadamente 14,20 vezes maior do que a área amostrada. Portanto, todos os valores encontrados foram ajustados a estas proporções. Com o valor de referência determinado foi possível realizar diversas extrapolações (APÊNDICE 1).

3.3 METODOLOGIA E PROCEDIMENTOS PARA ANÁLISE DO MICROCLIMA

3.3.1 Locais de monitoramento

De acordo com os objetivos do trabalho, buscou-se encontrar em Curitiba as tipologias de floresta urbana mais frequentes nas cidades brasileiras, que são: remanescente florestal, área verde com paisagismo e arborização de ruas. Para isto, além do conhecimento pré-existente sobre a cidade e expedições à campo, utilizou-se como ferramenta de apoio o Google Earth.

Ao longo do processo de seleção das tipologias de floresta urbana, constatou-se a necessidade de dividir as três tipologias pré-estabelecidas em cinco. Isto porque, na cidade de Curitiba, as áreas verdes com paisagismo e a própria arborização de ruas apresentam arranjos diferenciados entre si. Com relação às áreas verdes, é possível classificar as áreas antigas e as recentes, principalmente com relação à porcentagem de pavimentação e porte das árvores, segundo Viezzer (2014). Para a arborização de ruas, verificou-se que parte das ruas possui arborização contínua e planejada e outra parte, completamente descaracterizada, com diversidade de espécies em uma mesma via e longos espaços vazios, provavelmente reflexo de antigos plantios realizados pela população.

A partir dessas observações, as tipologias de floresta urbana adotadas nesta pesquisa foram:

- a) Remanescente Florestal - área de cobertura arbórea formada por remanescente de Floresta Ombrófila Mista (floresta com araucária), localizada em parques, bosques e RPPNMs;
- b) Área Verde Antiga - área de cobertura arbórea composta por agrupamentos de árvores implantadas com paisagismo eclético (MACEDO, 1999), caracterizada pelo predomínio de árvores de grande porte e grande quantidade de caminhos e pavimentação, podendo ser parques e praças da cidade;
- c) Área Verde Moderna - área de cobertura arbórea composta por agrupamentos de árvores implantadas com paisagismo moderno (MACEDO, 1999), caracterizada principalmente pelo predomínio de gramado sob as árvores, podendo ser parques, praças, jardinetes,

núcleos ambientais, largos, jardim ambiental e eixos de animação da cidade;

- d) Arborização de Ruas - área de cobertura arbórea contínua composta por agrupamentos de árvores em plantio linear, acompanhando o sistema viário;
- e) Árvore Isolada - área de cobertura arbórea composta por um único indivíduo arbóreo, plantado no sistema viário de forma espaçada, não seguindo um padrão da cidade.

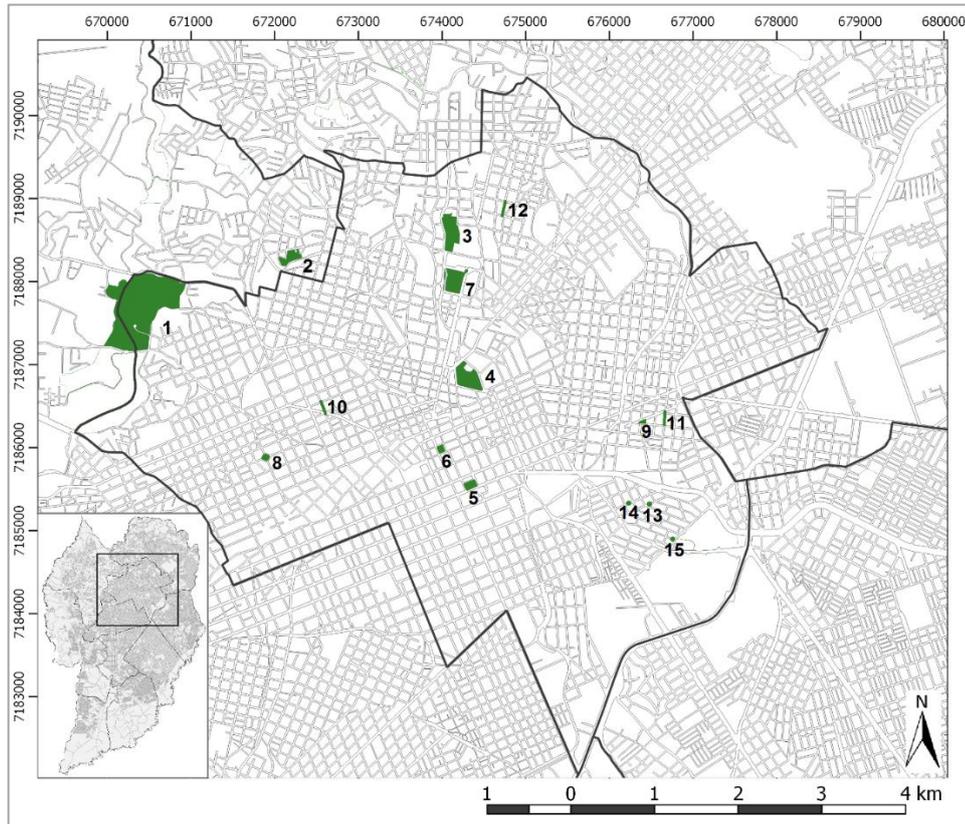
A procura pelas tipologias de floresta urbana se restringiu à porção central da cidade, denominada administrativamente como regional Matriz, em vista de melhor caracterizar o ambiente urbano consolidado. Contudo, devido a não existência de áreas com remanescente florestal nesta porção, foi necessário selecionar duas áreas que fazem limite direto com a regional Matriz, mas que pertencem oficialmente à Regional Santa Felicidade (Parque Barigüi e Bosque Gutierrez).

A Regional Matriz, localizada na porção central de Curitiba, foi por onde a ocupação urbana evoluiu para outras áreas (SOUZA, 2015). Nela, encontra-se o bairro Centro, que reúne os registros mais antigos da história do desenvolvimento e instalação da cidade, além de ser consolidado (IPPUC, 2016). Também fazem parte desta regional os seguintes bairros: Ahú, Alto da Glória, Alto da XV, Batel, Bigorriho, Bom Retiro, Cabral, Centro Cívico, Cristo Rei, Hugo Lange, Jardim Botânico, Jardim Social, Juvevê, Mercês, Prado Velho, Rebouças e São Francisco.

Segundo o IPPUC (2016), a Regional Matriz possui uma extensão territorial 3.593,19 hectares, correspondente a 8,27% da área total de Curitiba. Apresenta 205.722 habitantes (11,7% do total do município), com densidade populacional de 57,25 hab/ha, sendo o bairro Centro o que tem a maior densidade, 113,56 hab/ha. É composta por 11 zonas e cinco setores de uso e ocupação do solo, apresentando alto grau de urbanização (VIEZZER, 2014). Possui dois parques, dois bosques, oitenta e oito praças e noventa e dois jardinetes (IPPUC, 2016).

Tendo em vista uma melhor representatividade das tipologias de floresta urbanas, levando-se em conta o tamanho e composição arbórea dos locais, foram selecionadas três áreas para cada tipologia de floresta urbana, totalizando assim 15 locais de monitoramento (FIGURA 4).

FIGURA 4 – LOCAIS DE MONITORAMENTO PARA ANÁLISE DO MICROCLIMA NA CIDADE DE CURITIBA



FONTE: O autor (2016).

NOTA: 1 - Parque Barigüi; 2 - Bosque Gutierrez; 3 - Bosque João Paulo II; 4 - Passeio Público; 5 - Praça Eufráasio Correia; 6 - Praça Carlos Gomes; 7 - Praça Nossa Senhora de Salette; 8 - Praça Alfredo Andersen; 9 - Jardimete Henrique Knopholz; 10 - Rua Brigadeiro Franco; 11 - Rua Ângelo Lopes; 12 - Rua Guaratuba; 13 - *Lagerstroemia indica*; 14 - *Lafoensia pacari*; 15 - *Handroanthus chrysotrichus*.

3.3.1.1 Remanescente Florestal

Para esta tipologia de floresta urbana foram selecionadas as seguintes áreas:

- a) Parque Natural Municipal Barigüi - criado em 1972 na intersecção dos bairros Santo Inácio, Bigorriho, Mercês e Cascatinha, apresenta 1.400.000 m² de extensão (HARDT, 2007). É um dos maiores e mais representativos remanescentes florestais urbanos da cidade e um dos parques mais visitados e frequentados pela população (HARDT, 2007; KOZERA; DITTRICH; SILVA, 2006). De toda sua extensão, 70 ha são ocupados por florestas (ABE; BARDDAL; BERNARDI, 2000), nos mais variados estágios de sucessão. Segundo Hardt (2007), a área selecionada para a realização desta pesquisa é formada pela Floresta Ombrófila Mista em fase avançada de sucessão secundária, composta predominantemente por associações florestais secundárias caracterizadas por três

estratos arbóreos, ainda que não bem definidos, sendo o primeiro (dossel) constituído por árvores de maior porte, de espécies remanescentes de fases sucessionais anteriores ou por tardias que eventualmente encontraram ambiente favorável à sua instalação. Kozera, Dittrich e Silva (2006) fizeram um inventário da composição florística desta área e encontraram 390 espécies de angiospermas, pteridófitas e gimnospermas (*Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze e *Podocarpus lambertii* Klotzsch ex Endl). Do total de espécies registradas, aproximadamente 36% apresentaram forma de vida arbórea, 33% herbácea, 17% arbustiva, 13% trepadeira e menos de um por cento hemiparasita. As arbóreas foram representadas principalmente por espécies de Myrtaceae, Lauraceae, Aquifoliaceae e Flacourtiaceae. No interior e entorno da floresta, principalmente próximo aos caminhos de circulação de pessoas, foram identificadas espécies exóticas: *Centella asiatica* (L.) Urb., *Tetrapanax papyrifera* K. Koch, *Impatiens walleriana* Hook.f., *Hovenia dulcis* Thunb., *Eryobotrya japonica* Lindl., *Lantana camara* L., *Setaria poiretiana* (Schult.) Kunth, *Physalis pubescens* L., *Crocasmia crocosmiflora* (Nicholson) N. E. Br. e *Lonicera japonica* Thunb. O local escolhido para a instalação do equipamento situa-se no interior do remanescente, na porção central, na coordenada 25° 25' 4,048" S e 49° 18' 18,168" W.

- b) Bosque Gutierrez - criado em 1986 no bairro Vista Alegre, apresenta 35.586 m² de extensão (CURITIBA, 2016). Sua maior atratividade é a fonte de água mineral que nasce dentro de sua área (BUCCHERI FILHO, 2010). Apresenta espécies representativas da vegetação original nos estratos arbóreos, superior e inferior (BORGGO, 2002). Segundo a Sociedade de Pesquisa em Vida Selvagem (SPVS, 2009), o bosque corresponde a um remanescente de Floresta Ombrófila Mista secundária, inserida sobre um terreno de relevo acidentado. O dossel não é contínuo, pois há presença de dois estratos arbóreos (superior e inferior). O estrato herbáceo-arbustivo é variável, mais fechado em alguns trechos e mais aberto em outros, com baixa riqueza de espécies, sendo que em alguns locais, é ocupado por espécies ornamentais como íris (*Neomarica candida*) e espécies rasteiras de Commelinaceae (*Tradescantia* sp. e *Commelina* sp.). No entanto, verifica-se a presença da regeneração natural. Segundo

Müller, Oliveira e Motta (2009), a flora deste bosque é caracterizada por aroeira, corticeira, guaramirim, branquilho, cedro, pitangueira, açoita-cavalo, araçá, pitanga, guaçatunga, gabirola e pinheiro-do-paraná. O local escolhido para a instalação do equipamento situa-se no interior do remanescente, na porção central, na coordenada 25° 24' 45,310" S e 49° 17' 17,581" W.

- c) Bosque João Paulo II - também conhecido como Bosque do Papa, foi criado em 1980 no bairro Centro Cívico e apresenta 48.000 m² de extensão (CURITIBA, 2016). Foi criado em homenagem à passagem do Papa pela cidade e à colônia polonesa (MÜLLER; OLIVEIRA; MOTTA, 2009). Segundo a SPVS (2009), o remanescente de Floresta Ombrófila Mista presente no parque foi bastante alterado. É constituído pelo dossel, onde se destacam copas de araucária, pelos estratos arbóreos superior, inferior e pelo estrato herbáceo-arbustivo. De acordo com o inventário florístico realizado por Roseira (1990), podem ser encontradas mais de 67 espécies, pertencentes a 29 famílias, sendo as mais representativas: Myrtaceae, Solanaceae e Flacourtiaceae. Dentre as árvores de maior porte, destacam-se araucária, cedro, pitangueira, carvalho, cerejeira, ipê e tarumã (MÜLLER; OLIVEIRA; MOTTA, 2009). Contudo, a presença de espécies exóticas e exóticas invasoras é bastante intensa na área, em todos os estratos, representadas principalmente pelas espécies: uva-do-japão (*Hovenia dulcis*), alfeneiro (*Ligustrum lucidum*), pau-incenso (*Pittosporum undulatum*), nêspera (*Eryobotria japonica*), beijinho (*Impatiens walleriana*) e lírio-do-brejo (*Hedychium coronarium*) (SPVS, 2009). O local escolhido para a instalação do equipamento situa-se no interior do remanescente, na porção central, na coordenada 25° 24' 33,988" S e 49° 16' 10,031" W.

3.3.1.2 Área Verde Antiga

As áreas selecionadas para esta tipologia de floresta urbana foram:

- a) Passeio Público - criado em 1886 no bairro Centro é o mais antigo parque municipal da cidade e apresenta 69.285 m² de extensão (CURITIBA, 2016). Sua estrutura física atual assemelha-se às praças ou jardinetes, por

possuir uma composição florística derivada de plantio planejado, mas também apresenta em seu aspecto visual uma fitofisionomia semelhante à de uma reserva nativa devido a sua vegetação adensada e distribuição irregular das árvores dispostas inclusive em diferentes estratos (ROTTA, SILVA; VICENTINI, 2004). Estes mesmos autores realizaram um censo da arborização do parque e constataram a presença de 1.865 indivíduos arbóreos, pertencentes a 50 famílias e 130 espécies. Desta diversidade, 68% dos indivíduos são de espécies nativas e 32% de exóticas. Com exemplares de árvores grandes, que ultrapassam 90 anos de idade, destacando-se as espécies: *Platanus acerifolia* (plátanos), *Tipuana tipu* (tipuana), *Jacaranda mimosifolia* (jacarandá-minoso), *Ligustrum lucidum* (alfeneiro), *Casuarina equisetifolia* (casuarina) e *Eucalyptus sp.* (eucalipto). Em estudo mais recente, Biondi e Muller (2013) fizeram o levantamento somente das árvores introduzidas no tratamento paisagístico e encontraram 1.011 indivíduos de 74 espécies. Do total de indivíduos, verificaram que 41,6% são de espécies nativas de Curitiba, 34,2% nativas do Brasil, 19,5% exóticas e 4,6% são exóticas invasoras. O local escolhido para a instalação do equipamento situa-se no interior da área verde, na coordenada 25° 25' 32,815" S e 49° 15' 58,446" W.

- b) Praça Eufrásio Correia - criada em 1885 no bairro Centro, em frente a estação ferroviária, foi inicialmente denominada de Largo da Estação, passando a ser conhecida como Praça Eufrásio Correia em 1888 (BAHLS, 2006). Com uma área de 11.500 m², está localizada entre a Av. Sete de Setembro, R. Barão do Rio Branco e R. Lourenço Pinto (IPPUC, 2016). Segundo estudo realizado por Bouças (2014), existem na praça 126 indivíduos arbóreos pertencentes a 13 famílias e 20 espécies. Do total de indivíduos, 81% são de espécies nativas e 19% exóticas. As espécies mais frequentes são: *Tipuana tipu* (tipuana), *Ceiba speciosa* (paineira) e *Cedrela fissilis* (cedro-rosa). O local escolhido para a instalação do equipamento situa-se no interior da área verde, na coordenada 25° 26' 13,038" S e 49° 15' 59,213" W.
- c) Praça Carlos Gomes - criada em 1890 no bairro Centro, apresenta 7.313 m² de extensão (VIEZZER, 2014). Inicialmente denominada como Largo da Proclamação (BAHLS, 2006), localiza-se entre a Av. Mal. Floriano

Peixoto, R. Monsenhor Celso e R. Pedro Ivo (IPPUC, 2016). Segundo estudo realizado por Viezzer (2014), existem na praça 168 indivíduos arbóreos, pertencentes a 15 famílias e 23 espécies. Do total de indivíduos, 88% são de espécies nativas e 12% exóticas. As espécies mais frequentes são: *Syagrus romanzoffiana* (jerivá) e *Euterpe edulis* (palmito). O local escolhido para a instalação do equipamento situa-se no interior da área verde, na coordenada 25° 26' 0,132" S e 49° 16' 14,128" W.

3.3.1.3 Área Verde Moderna

Para compor esta tipologia de floresta urbana foram selecionadas as seguintes áreas:

- a) Praça Nossa Senhora de Salette - foi criada em 1972 no bairro Centro Cívico (VIEZZER, 2014). Apresenta 52.000 m² e localiza-se entre a Av. Cândido de Abreu e R. Prof. Benedito Nicolau dos Santos (IPPUC, 2016). Existem na praça 78 indivíduos arbóreos, pertencentes a 9 famílias e 14 espécies. A espécie mais frequente é *Anadenanthera colubrina* (monjoleiro). O local escolhido para a instalação do equipamento situa-se no interior da área verde, na coordenada 25° 24' 58,147" S e 49° 16' 7,489" W.
- b) Praça Alfredo Andersen - criada em 1969 no bairro Bigorrião, apresenta 4.365 m² de extensão (VIEZZER, 2014). Localiza-se entre a R. Augusto Stellfeld, R. Cap. Souza Franco e Al. Princesa Izabel (IPPUC, 2016). Segundo Viezzer et al. (2015), existem nesta praça 24 indivíduos arbóreos, todos de grande porte, pertencentes a 4 famílias e 5 espécies. As espécies existentes são: *Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan (monjoleiro), *Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub. (canafístula), *Ceiba speciosa* (A. St.-Hill.) Ravenna (paineira), *Jacaranda mimosaeifolia* D. Don (jacarandá-mimoso) e *Cedrela fissilis* Vell. (cedro-rosa). O local escolhido para a instalação do equipamento situa-se no interior da área verde, na coordenada 25° 26' 4,070" S e 49° 17' 28,244" W.
- c) Jardinete Henrique Knopholz - localizado no bairro Cristo Rei, entre as ruas Fernandes de Barros, Reinaldino S. de Quadros e Av. Sete de Setembro, apresenta 1.107 m² de extensão (IPPUC, 2016). Segundo Martini et al.

(2015), existem neste jardinete 24 indivíduos arbóreos, em sua maioria de grande porte: *Anadenanthera colubrina* (monjoleiro); *Ceiba speciosa* (paineira); e *Tipuana tipu* (tipuana). O local escolhido para a instalação do equipamento situa-se no interior da área verde, na coordenada 25° 25' 48,173" S e 49° 14' 48,606" W.

3.3.1.4 Arborização de Ruas

As áreas selecionadas para esta tipologia de floresta urbana foram:

- a) Rua Ângelo Lopes - localizada no bairro Cristo Rei, apresenta 2,7 km de extensão no sentido norte-sul, é arborizada principalmente por *Handroanthus albus* (Cham.) Mattos (ipê-amarelo-graúdo) de médio porte, com 36 indivíduos por quadra, em ambos os lados da rua. Em ambos os lados da rua, a calçada apresenta passeio de 1,30 m e duas faixas de gramado, uma próxima ao meio fio (0,50 m) e outra próxima ao muro das residências (3,0 m). A pista de rolamento mede 7 m de largura. O local escolhido para a instalação do equipamento situa-se em frente à casa de número 578, na coordenada 25° 25' 48,014" S e 49° 14' 37,630" W.
- b) Rua Brigadeiro Franco - localiza-se entre os bairros Mercês, Água Verde, Centro e Parolin, apresenta 5,5 km de extensão no sentido su-sudeste/nor-noroeste. O local escolhido para a instalação do equipamento situa-se em frente à casa de número 779, na coordenada 25° 25' 43,586" S e 49° 17' 4,146" W. Próximo a este local, a rua é arborizada de um lado por *Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan (monjoleiro) e do outro lado por *Erythrina falcata* Benth. (corticeira) todas de grande porte, com 9 indivíduos por quadra, em ambos os lados da rua. Em ambos os lados da rua, a calçada apresenta 5 m de largura e as árvores estão em canteiros retangulares de 6,2 m² recobertos com grama. A pista de rolamento mede 9 m de largura.
- c) Rua Guaratuba - localizada no bairro Ahú, apresenta 0,93 km de extensão no sentido norte-sul, é arborizada por *Tipuana tipu* (Benth.) Kuntze (tipuana), de grande porte, com 23 indivíduos por quadra, em ambos os lados da rua. Em ambos os lados da rua, a calçada apresenta passeio de 2 m e duas faixas de gramado, uma próxima ao meio fio (2 m) e outra

próxima ao muro das residências (2,2 m). A pista de rolamento mede 7 m de largura. O local escolhido para a instalação do equipamento situa-se em frente à casa de número 96, na coordenada 25° 24' 25,196" S e 49° 15' 47,707" W.

3.3.1.5 Árvore Isolada

Para esta tipologia foram selecionadas as seguintes árvores:

- a) *Lagerstroemia indica* L. (extremosa) - localizada no bairro Jardim Botânico, Rua Sant'Ana, em frente ao número 395, na coordenada 25° 26' 20,483" S e 49° 14' 43,840" W. A árvore plantada em canteiro isolado de 0,80 m x 0,80 m, apresenta 6 m de altura, 20 cm de DAP (Diâmetro a Altura do Peito) e aproximadamente 10,2 m² de área de copa. É uma espécie de pequeno porte de copa globosa e caducifólia. Seu desenvolvimento não é afetado diretamente por nenhum equipamento urbano, tais como: rede de distribuição de energia, ponto de ônibus, lixeira, etc.
- b) *Lafoensia pacari* A.St.-Hil. (dedaleiro) - localizada no bairro Jardim Botânico, Rua Brasília Itiberê, em frente ao número 295, na coordenada 25° 26' 20,450" S e 49° 14' 52,494" W. A árvore plantada em canteiro isolado de 0,80 m x 0,80 m, apresenta 7 m de altura, 25 cm de DAP e aproximadamente 21,6 m² de área de copa. É uma espécie de médio porte de copa globosa e semi-caducifólia. Seu desenvolvimento não é afetado diretamente por nenhum equipamento urbano.
- c) *Handroanthus chrysotrichus* (Mart. ex A.DC.) Mattos (ipê-amarelo-miúdo) - localizado no bairro Jardim Botânico, Rua Cel. João da Silva Sampaio, em frente ao número 648, na coordenada 25° 26' 33,976" S e 49° 14' 34,454" W. A árvore plantada em canteiro isolado de 0,60 m x 0,60 m, apresenta 6,5 m de altura, 12 cm de DAP e aproximadamente 14 m² de área de copa. É uma espécie de médio porte de copa elíptica e caducifólia. Seu desenvolvimento não é afetado diretamente por nenhum equipamento urbano.

3.3.2 Caracterização das áreas selecionadas

A caracterização do entorno dos pontos de monitoramento das áreas

selecionadas foi realizada a partir de processamento de imagens e coleta em campo.

O processamento de imagens consistiu no uso de imagens do satélite GeoEye-1, cedidas por Grise (2015), para a determinação da cobertura arbórea sobre os pontos de coleta de dados meteorológicos. Estas foram processadas no *software* Quantum GIS 2.8.6. Este processamento consistiu na alocação manual de polígonos, correspondentes a toda área contínua de vegetação arbórea existente no entorno dos pontos de coleta de dados meteorológicos. A determinação numérica da área foi obtida na tabela de atributos do programa. O comprimento da área foi medido a partir de uma linha horizontal traçada de ponta a ponta.

A coleta de informações em campo se deu em diferentes momentos. A determinação da altitude e do iluminamento foram realizadas concomitantemente às coletas de dados meteorológicos por meio de transectos móveis. Isto porque a altitude foi uma das variáveis fornecidas pela miniestação Kestrel® 4200 Pocket Air Flow Tracker, determinada com base na média dos registros a cada minuto nas estações do verão e inverno. Já o iluminamento no interior de cada tipologia foi obtido com o Luxímetro digital - MLM-1011, posicionado no solo e com seu registro anotado pelo menos dez vezes ao longo do período de monitoramento.

Para caracterização do entorno dos locais de medição um grupo de pesquisadores foi nas áreas selecionadas para realizar determinadas medições e coletas de informações. Para isso, estabeleceu-se uma parcela circular de 250 m² no entorno do local onde o equipamento meteorológico foi posicionado. O tamanho da parcela foi determinado de acordo com a recomendação bibliográfica (MIRANDA; FERNANDES; SANQUETTA, 2007; BONETES, 2003; NEVES; PEIXOTO, 2008), bem como na possibilidade de executar a atividade nas menores áreas selecionadas para esse estudo.

As variáveis coletadas em campo nesta etapa foram: tipo de vegetação (nativa ou introduzida – podendo ser exótica ou nativa), número total de indivíduos com DAP > 5 cm, altura média das árvores e do dossel (estimada visualmente), espaçamento médio entre as árvores (medido com trena), quantidade de área impermeável (medido com trena) e forma de recobrimento do solo.

Além disso, nesta etapa foi realizado também o registro fotográfico das áreas, incluindo a tomada de fotos com a lente olho-de-peixe. As imagens foram obtidas com a câmera digital Canon EOS Rebel T2i com lente 0.42 x Fish Eye w/macro acoplada à objetiva Ef-s 18-55 mm F/3.5-5.6. A câmera foi acoplada a um tripé nivelado, mantido

a 1,50 m do solo, com a lente voltada para a abóboda celeste, 1 m distante da árvore onde o equipamento meteorológico foi instalado. Esta foto foi tirada para realizar o cálculo do fator de visão do céu e índice de área foliar.

Todas as variáveis coletadas foram apresentadas em uma tabela. A determinação da altitude foi realizada com base na média dos registros a cada minuto nas estações do verão e inverno. O valor de iluminamento característico do ambiente foi estabelecido com a média dos dez registros nas duas estações. Para as demais variáveis o valor absoluto coletado em campo foi o mesmo apresentado.

Para o cálculo do fator de visão do céu, as fotos tiradas com a lente olho-de-peixe foram processadas no *software* RayMan 1.2, desenvolvido por Andreas Matzarakis, disponível em Urban Climate (2016). Segundo Minella (2009), o programa é de grande utilidade para estudos climatológicos e de planejamento urbano, pois considera as complexas estruturas urbanas.

A imagem foi salva em formato bitmap e editada para remoção do céu, com o uso do Photoshop online. No programa RayMan, na barra de ferramentas *Input* selecionou-se *Sky View Factor (SVF)*. Com a ferramenta *Open Horizon Limitation* importou-se a imagem e em seguida foi selecionado a ferramenta *Monochrome*, que deixa as áreas de obstrução na cor preta, a função *Cut off* e *Close*. Automaticamente uma janela é aberta com o resultado (MINELLA, 2009; FERREIRA, 2015). O resultado do fator de visão do céu foi apresentado na tabela de caracterização das áreas selecionadas, junto com as imagens olho-de-peixe. Nos apêndices foram inseridas as imagens de cada área após o processo de monocromagem (APÊNDICE 2).

Segundo Ferreira (2015), o valor do SVF varia de 0 (zero) a 1, sendo o valor 1 correspondente à uma área sem qualquer obstáculo que se interponha entre o ponto escolhido e o céu. Para o presente estudo, a área com menor fator de visão do céu corresponde também à área com maior densidade de cobertura arbórea.

As fotos obtidas com a lente olho-de-peixe foram utilizadas também para a determinação do índice de área foliar, por meio do método indireto. No programa RayMan, ao realizar o procedimento já descrito para a determinação do SVF é possível determinar também a quantidade de obstáculos no horizonte, o que condiz com a quantidade de copa existente na fotografia. Para maior veracidade dos resultados, os demais obstáculos distintos às árvores foram removidos das fotos. Assim, o índice de área foliar (IAF), denominado por Watson (1947), como sendo a

razão entre a área foliar do dossel e a unidade de superfície projetada no solo (m^2/m^2), pode ser calculado.

Os elementos de composição mensurados para caracterizar as áreas foram correlacionados primeiramente com as médias de temperatura e umidade relativa, utilizadas para caracterizar o microclima (ponto fixo). Essa análise foi realizada no *software* Excel, através da função correlação simples para uma média total dos valores e separados para cada estação. Na sequência foi realizado esse mesmo procedimento, mas utilizando-se os dados de diferença, para analisar o efeito do arrefecimento promovido pela floresta urbana (transecto móvel). Todos os dados correlacionados foram classificados quanto a intensidade de acordo com Pestes (2015). Este autor define as classes de intensidade de correlação em: nula (0,00 – 0,03); fraca (0,03 – 0,35); média (0,35 – 0,65); forte (0,65 – 0,95); muito forte (0,95 – 0,99); perfeita (1,00).

3.3.3 Equipamentos meteorológicos utilizados

Para analisar a influência da floresta urbana no microclima urbano, foram utilizadas miniestações Kestrel® e registradores modelo Hobo® Data Logger RH & Temp (FIGURA 5). Todos estes equipamentos foram adquiridos pelo Laboratório de Paisagismo da Universidade Federal do Paraná no ano de 2011, para realização de pesquisas antecessoras a esta.

FIGURA 5 - EQUIPAMENTOS UTILIZADOS: MINIESTAÇÃO KESTREL® 4200 POCKET (À ESQUERDA) E REGISTRADORES MODELO HOBO® DATA LOGGER RH & TEMP (À DIREITA)



FONTE: O autor (2016).

A miniestação 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.

Conforme descrição do fabricante, o Kestrel apresenta precisão no valor da temperatura de ± 1 °C, abrangendo um intervalo de medição de -29 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 a 40 m/s.

O registrador modelo Hobo® Data Logger RH & Temp, da marca Onset, mede as variáveis temperatura e umidade relativa do ar, conforme descrito anteriormente. Estes equipamentos foram utilizados em miniabrigos meteorológicos, os mesmos de Leal (2012), confeccionados com uma seção de tubo de PVC, de 15 cm de comprimento e 10 cm de diâmetro, com aberturas nas laterais e revestidos externamente com papel alumínio, colocados na posição vertical e fechados com duas tampas do mesmo material. Na parte superior foi colada uma fita dupla face de espuma para poder fixar o registrador Hobo® internamente. No tubo foram feitos dois furos para permitir a colocação da fita abraçadeira de nylon para fixação dos miniabrigos.

Antes de cada período de coleta, as miniestações Kestrel e os registradores Hobo® passaram por processo de aferição. Neste processo, os equipamentos foram programados para coletar dados simultaneamente com estação meteorológica automática WatchDog®, em intervalo de 1 minuto, durante 24h, nas dependências internas do Laboratório de Paisagismo da UFPR.

3.3.4 Análise do microclima da floresta urbana

O microclima das diferentes tipologias de floresta urbana foi analisado com base nos dados meteorológicos coletados a partir do método de pontos fixos. Este método consiste na alocação de equipamentos meteorológicos em qualquer área de uma cidade, neste caso, nas diferentes tipologias de floresta urbana selecionadas (FIGURA 6).

FIGURA 6 - ÁREAS SELECIONADAS PARA ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DA FLORESTA URBANA NO MICROCLIMA



FONTE: O autor (2016).

NOTA: Remanescente Floresta!: 1- Parque Barigüi; 2 - Bosque Gutierrez; 3 - Bosque João Paulo II; Área Verde Antiga: 4 - Passeio Público; 5 - Praça Eufrásio Correia; 6 - Praça Carlos Gomes; Área Verde Moderna: 7- Praça Nossa Senhora de Salette; 8 - Praça Alfredo Andersen; 9 – Jardinete Henrique Knopholz; Arborização de Ruas: 10 - Rua Brigadeiro Franco; 11 - Rua Ângelo Lopes; 12 - Rua Guaratuba; Árvore Isolada: 13 - *Lagerstroemia indica*; 14 - *Lafoensia pacari*; 15 - *Handroanthus chrysotrichus*.

O monitoramento das variáveis meteorológicas foi realizado simultaneamente entre as quinze áreas selecionadas, nos dias 20 a 22 de fevereiro de 2014 (verão) e 28 a 30 de julho de 2014 (inverno). As datas foram definidas com base no histórico climático da cidade, em que se constatou que fevereiro é o mês mais quente e julho o

mês mais frio. A partir da definição do mês, buscou-se nas previsões do tempo o dia mais adequado, sem previsão de chuva e característico das estações.

A pesquisa foi realizada em períodos correspondentes as estações do ano verão e inverno, com o intuito de identificar o microclima proporcionado pelas tipologias de floresta urbana em situações extremas de calor e frio na cidade, uma vez que primavera e outono, apresentam características climáticas intermediárias entre estas estações. Alguns estudos desenvolvidos na cidade que abordaram as quatro estações do ano, tais como, Leal (2012), Martini (2013) e Soldera, Batista e Martini (2014), demonstraram que não há ganho de informações significativas capazes de justificar o gasto, trabalho e riscos de se realizar tal operação na primavera e outono. Uma vez que estas são estações de transição climática, apresentam ora as características do inverno, ora as do verão (SOUZA; BORSATO, 2011).

O equipamento utilizado neste método foi o registrador modelo Hobo® Data Logger RH & Temp, devidamente protegido pelo miniabrigo meteorológico. Estes equipamentos foram previamente numerados e programados no *software* BoxCar® Pro 4. Após a programação foram fixados nos miniabrigos, já prontos para serem levados a campo.

A instalação foi realizada na manhã do dia anterior à data de coleta, por dois pesquisadores, com o auxílio de uma escada extensível. O tempo médio para a instalação dos dezesseis miniabrigos meteorológicos foi de quatro horas. Os miniabrigos foram fixados com fita abraçadeira de nylon, a 4 m de altura, no tronco da árvore posicionada na porção central de cada tipologia de floresta urbana, nas coordenadas citadas anteriormente. A abertura da ventilação do miniabrigo foi direcionada para a posição nordeste (FIGURA 7).

Por questões de segurança e outras possíveis interferências humanas, a coleta das variáveis meteorológicas teve duração de 48 horas, com tomada contínua em intervalos de 1 minuto, iniciando-se às 12 h e totalizando 2882 leituras. Os dias foram caracterizados como de céu limpo e sem previsão de chuva.

Um panorama geral das variáveis meteorológicas (temperatura do ar e umidade relativa do ar) foi elaborado a partir dos dados coletados a cada minuto, juntando as informações do verão e do inverno. Com estas informações elaborou-se um delineamento estatístico em blocos ao acaso (três áreas de cada tipologia), no qual os tratamentos foram as diferentes tipologias de floresta urbana: Remanescente Florestal, Área Verde Antiga, Área Verde Moderna, Arborização de Ruas e Árvore

Isolada. A comparação das médias foi realizada pelo teste *Student Newman Keuls* (SNK) a 95% de significância. Tendo em vista as possíveis diferenças entre as estações, a mesma análise foi realizada também separadamente, para a estação do verão e inverno. Os resultados destas análises foram apresentados em tabelas.

FIGURA 7 - PROCEDIMENTOS DA INSTALAÇÃO DOS MINIABRIGOS PARA MONITORAMENTO MICROCLIMÁTICO NAS ÁREAS SELECIONADAS



FONTE: O autor (2016).

Os valores máximos e mínimos de temperatura e umidade relativa de todas as áreas selecionadas foram determinados para análise dos extremos meteorológicos, bem como para a amplitude de variação. Desta forma, para cada tipologia determinou-se uma média, originada das três áreas que compõe uma mesma tipologia, com a qual se gerou a amplitude de variação. Além disto, foi constatada a necessidade de apresentar os valores extremos propriamente dito, encontrados em cada tipologia. Por esse motivo, foram elaborados gráficos de máximas e mínimas por estação do ano. Sendo assim, para cada tipologia apresentou-se o maior valor de temperatura máxima obtido em uma das áreas selecionadas da tipologia em questão e o menor valor de temperatura mínima, o que também foi realizado para a umidade relativa.

Analisou-se o comportamento de cada variável ao longo do período de coleta, por meio de gráficos. Estes foram elaborados a cada hora, com as médias dos registros obtidos nos períodos correspondentes a estação do verão e inverno. Este

resultado foi apresentado com a elaboração de um gráfico geral, em que se uniu os valores de cada estação e também separadamente para cada estação.

Por fim, realizou-se uma análise das diferenças encontradas entre as tipologias de floresta urbana, para os valores médios, máximos e mínimos. Para isso, foi preciso utilizar os dados pareados a cada hora, onde os valores encontrados nas diferentes tipologias foram subtraídos dos valores registrados pela estação oficial do Sistema Meteorológico do Paraná (SIMEPAR). Embora os dados oficiais sejam coletados com outros equipamentos e em alturas diferentes, optou-se por essa comparação devido a disponibilidade dessas informações, visado a aplicação prática da pesquisa, uma vez que grande parte das cidades possuem suas estações oficiais. Além disso, segundo a WMO (2008), existe uma flexibilidade para coletar dados meteorológicos em áreas urbanas em alturas maiores daquelas coletadas na altura padrão, sem necessidade de correção de dados.

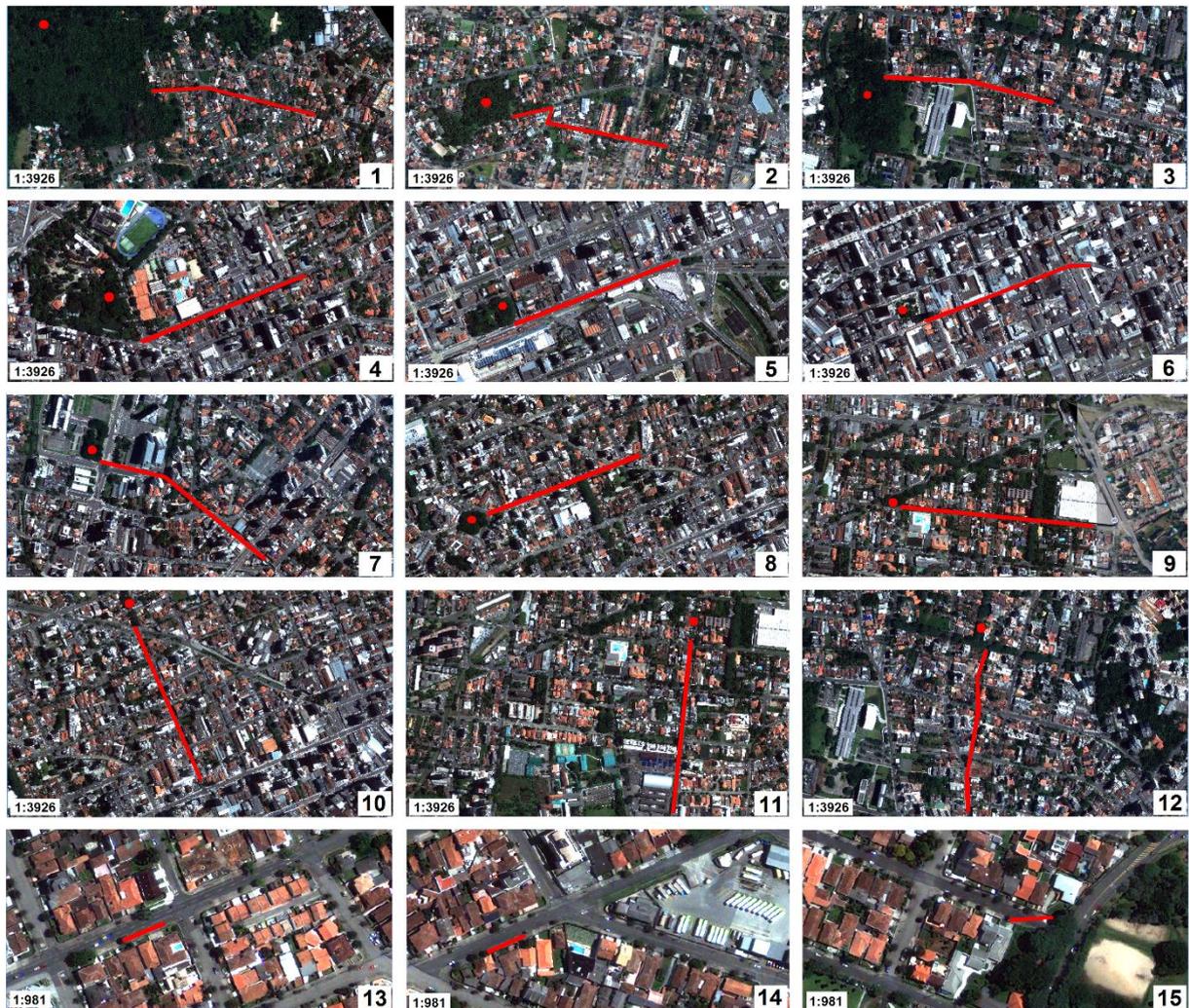
Desta forma, obteve-se a diferença microclimática proporcionada por cada uma das tipologias de floresta urbana em cada estação e também em cada período do dia. Os períodos foram divididos em: dia, compreendendo os horários entre 7 e 18h; e noite, entre 19 e 6h.

3.3.5 Análise da influência das tipologias de floresta urbana no entorno imediato

Análise da influência das tipologias no seu entorno imediato foi realizada com a coleta de dados por meio de transectos móveis, em cada uma das tipologias de floresta urbana selecionada.

Este método consiste na coleta de informações meteorológicas a partir de equipamentos em movimento contínuo. Para isso, em cada tipologia de floresta urbana foi selecionada uma rua adjacente, que permitisse a realização de um percurso de 500 m de caminhada. Buscou-se selecionar ruas com características semelhantes e no mesmo sentido geográfico (leste-oeste). Para a tipologia Arborização de Ruas, o sentido do caminhada foi o mesmo do sentido da rua arborizada (norte-sul), sendo que para as árvores isoladas, a distância percorrida foi de 50 m. Esta distância foi reduzida, devido a impossibilidade de garantir que outros elementos urbanos, além da árvore em questão, pudessem interferir nos dados meteorológicos (incluindo outras árvores) (FIGURA 8).

FIGURA 8 - DETALHAMENTO DO SENTIDO DAS RUAS SELECIONADAS PARA CAMINHAMENTO DO TRANSECTO MÓVEL EM CADA ÁREA



FONTE: O autor (2016).

NOTA: 1- Parque Barigüi, transecto na R. Alcides Munhoz; 2 - Bosque Gutierrez, transecto na R. Teffé; 3 - Bosque João Paulo II, transecto na R. Manoel Eufásio; 4 - Passeio Público, transecto na R. Conselheiro Araújo; 5 - Praça Eufásio Correia, transecto na Av. Sete de Setembro; 6 - Praça Carlos Gomes, transecto na R. Pedro Ivo; 7- Praça Nossa Senhora de Salette, transecto na R. Ernani Santiago de Oliveira e R. Ivo Leão; 8 - Praça Alfredo Andersen, transecto na Al. Augusto Stellfeld; 9 - Jardimete Henrique Knopholz, transecto na R. Reinaldino S. de Quadros; 10 - Rua Brigadeiro Franco, transecto na mesma rua; 11- Rua Ângelo Lopes, transecto na mesma rua; 12 - Rua Guaratuba, transecto na R. São Pio X e R. Alberto Folloni; 13 - *Lagerstroemia indica*, transecto na R. Brasília Itiberê; 14 - *Lafoensia pacari*, transecto na R. Sant'Ana; 15 - *Handroanthus chrysotrichus*, transecto na R. Cel João da Silva Sampaio.

O trajeto do transecto móvel foi definido considerando-se que deveria ser percorrido em curto espaço de tempo, minimizando os efeitos das diferentes intensidades de radiação produzidas pela variação da altura aparente do sol, evitando a necessidade de correção dos dados de acordo com o período de medição (LEAL et al., 2011). Além disso, foi definido 500 m para evitar a interferência de mais elementos urbanos, incluindo outras formas de floresta urbana.

A influência das tipologias de floresta urbana no seu entorno imediato foi analisada em dias diferentes em função da disponibilidade de equipamentos. Desta forma, em cada dia, foram coletados os dados meteorológicos de uma das áreas selecionadas. Este procedimento foi repetido nas estações do verão (fevereiro e março) e inverno (julho e agosto). Os dias de coletas variaram conforme as condições climáticas do dia, pois havia a necessidade de céu limpo durante o horário de coleta dos dados, entre 12 e 13h (corrigido para 13 e 14h no horário de verão). Neste sentido, cabe destacar que as horas próximas ao meio-dia são as ocasiões ideais para discriminar entre os vários tipos de cobertura em microescala (HUANG et al., 2008a).

Para a coleta de dados foram utilizadas duas miniestações da marca Kestrel®, modelo 4200, mantidas a uma altura aproximada de 1,50 m. Uma miniestação permaneceu sob cuidados de um pesquisador no centro da tipologia de floresta urbana e a outra foi utilizada no transecto móvel, percorrido a pé por outro pesquisador. Este percurso se iniciou na bordadura do fragmento e se estendeu pela rua ou avenida até alcançar a distância de 500 metros, sendo realizada quatro repetições.

Os dados meteorológicos foram coletados simultaneamente entre o equipamento localizado no interior da tipologia de floresta urbana e o equipamento utilizado no transecto móvel, uma vez que foram programados para coleta de informações a cada minuto. No percurso padronizou-se o mesmo ritmo de caminhada, sendo que a distância entre os pontos coletados foi de 50 m. Em cada ponto (a cada 50 m) foi feito uma pausa de 10 segundos antes da coleta dos dados meteorológicos, para estabilização dos dados. Estes procedimentos foram validados por Martini et al. (2014).

Todo o transecto móvel percorrido pelo pesquisador foi filmado, com o auxílio de uma câmera digital Sony Cyber-shot acoplada ao boné, para esclarecimento de possíveis dúvidas futuras provenientes do processamento de dados. O sentido do vento foi determinado no início de cada repetição, a partir da observação do movimento de uma fita acoplada às miniestações, tanto no equipamento que permaneceu estático no interior da área de estudo quanto no equipamento utilizado no transecto móvel (FIGURA 9).

FIGURA 9 - CAMINHAMENTO REALIZADO PELO PESQUISADOR PARA COLETA DE DADOS METEOROLÓGICOS POR MEIO DE TRANSECTOS MÓVEIS



FONTE: O autor (2016).

Ao final das coletas de dados meteorológicos, todos os percursos realizados nas ruas adjacentes às áreas selecionadas foram caracterizados quanto a presença de vegetação, bem como estrutura urbana relevante para a pesquisa, como largura da pista de rolamento e calçada.

Os dados coletados por meio do método de transectos móveis permitiram analisar três variáveis: temperatura do ar ($^{\circ}\text{C}$), umidade relativa do ar (%) e velocidade do vento (m/s). Com estes dados, foi possível analisar a influência das diferentes tipologias de floresta urbana no microclima do entorno imediato.

Os dados meteorológicos coletados a cada minuto no interior das tipologias de floresta urbana foram comparados estatisticamente com os valores obtidos nos respectivos trajetos percorridos, por meio do teste t a 99% de significância, para avaliar possíveis diferenças das condições meteorológicas. Esta análise foi realizada com a junção das informações do verão e inverno e também separadamente para cada estação.

Analisou-se também o raio de influência das diferentes tipologias de floresta urbana no entorno imediato. Para isso, em cada ponto de afastamento foi calculada a média das variáveis meteorológicas, obtidas a partir das quatro repetições realizadas. Desta forma, elaborou-se um gráfico com os valores médios de temperatura e umidade relativa obtidos ao longo do percurso para cada tipologia. Neste mesmo gráfico também foram apresentados os valores no interior das áreas selecionadas, condizentes com o horário de observação. Para a determinação do raio de influência foi estabelecido como limite o ponto que apresentou queda de temperatura (ou

aumento de umidade relativa) sem explicação aparente (sem influência de outros elementos, como árvores, prédios ou veículos). Assim, o ponto anterior a este acontecimento (queda de temperatura ou aumento da umidade relativa) foi considerado como o raio final de influência da área em questão. Os gráficos foram realizados unindo as estações do verão e inverno e também separadamente para cada estação.

Calculou-se também a intensidade de influência das diferentes tipologias de floresta urbana no entorno imediato, a partir da diferença dos dados meteorológicos encontrados no interior da tipologia e no transecto móvel, para cada distância de afastamento. A maior diferença em cada tipologia foi estabelecida a partir da média dos três maiores valores encontrados ao longo de todas as distâncias de afastamento. Deste valor subtraiu-se a diferença encontrada em cada distância, até alcançar o raio de influência. Os resultados foram apresentados em gráficos, unindo as estações do verão e inverno e também separadamente para cada estação.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DA FLORESTA URBANA NO CLIMA LOCAL

4.1.1 Caracterização do entorno dos pontos de monitoramento

A classificação da imagem realizada permitiu quantificar a área de cada classe de cobertura do solo (FIGURA 10). Foi obtido um índice Kappa para cada regional classificada e este manteve-se sempre superior a 90% para as classes cobertura arbórea e gramado.

FIGURA 10 - CLASSIFICAÇÃO DA COBERTURA DO SOLO NO ENTORNO DOS 44 PONTOS DE MONITORAMENTO DAS VARIÁVEIS METEOROLÓGICAS

(continua)

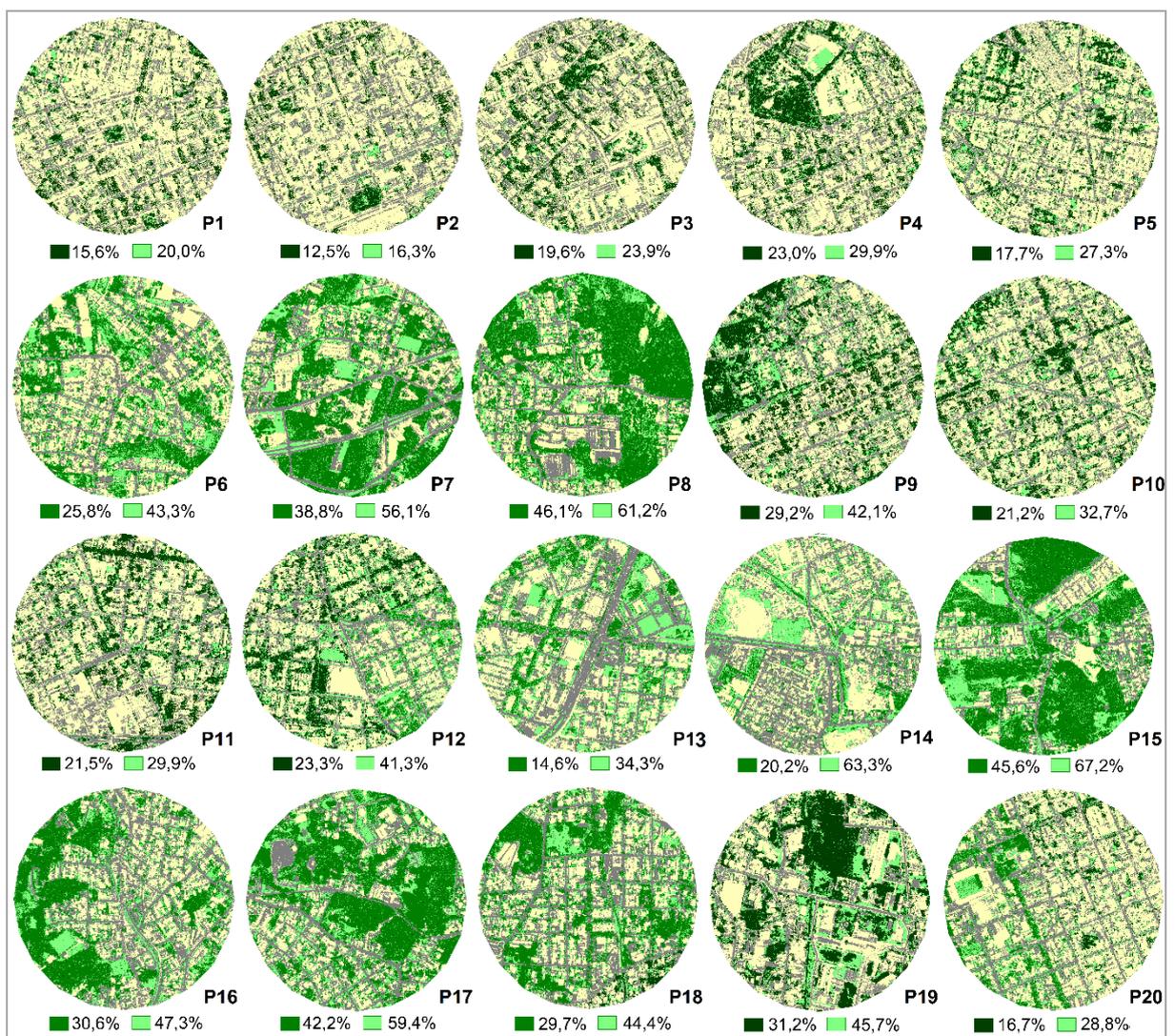
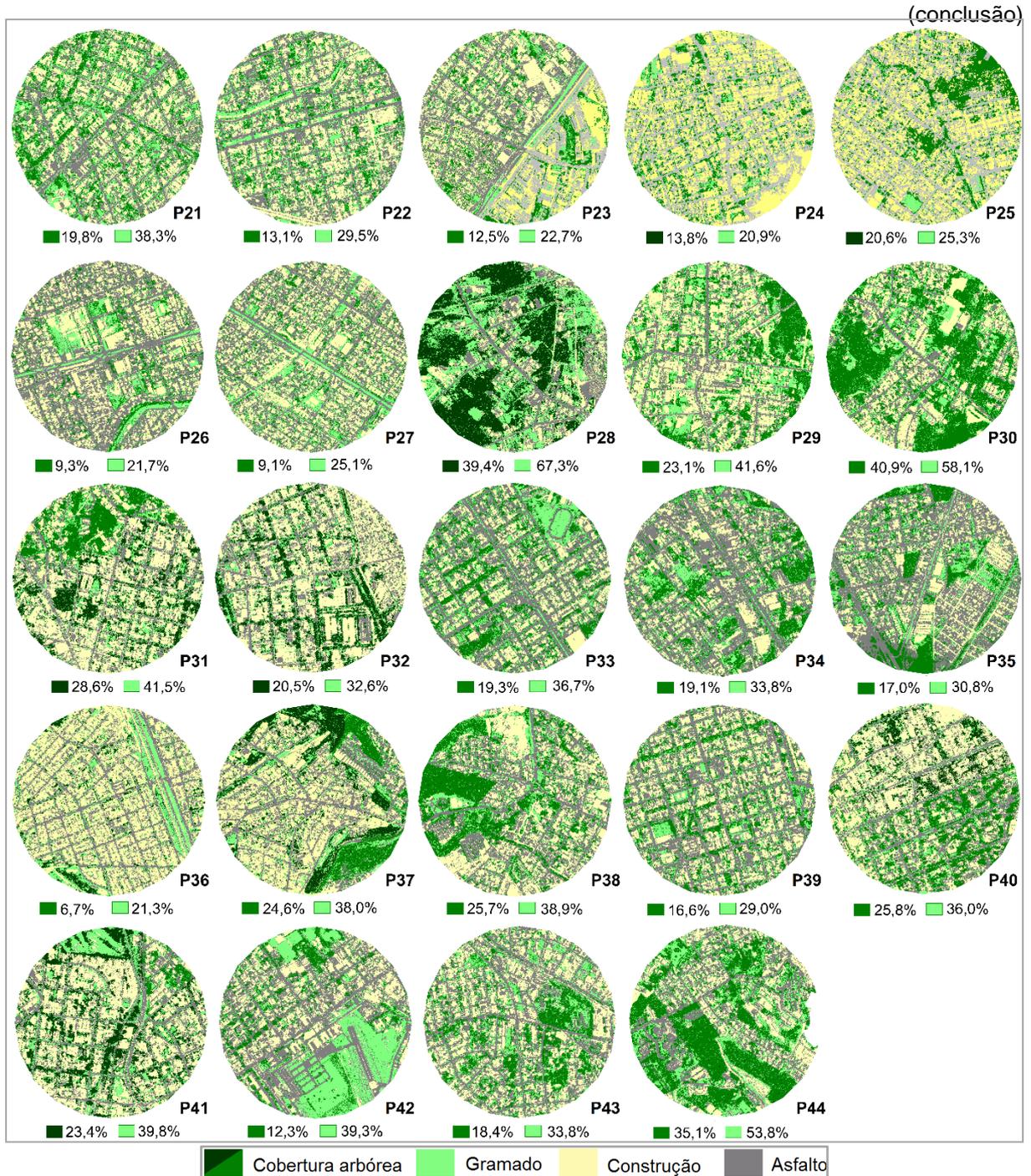


FIGURA 10 - CLASSIFICAÇÃO DA COBERTURA DO SOLO NO ENTORNO DOS 44 PONTOS DE MONITORAMENTO DAS VARIÁVEIS METEOROLÓGICAS



A partir da classificação realizada foi possível visualizar e quantificar a cobertura arbórea e a cobertura vegetal total existente em cada uma das áreas, correspondentes ao entorno dos pontos de monitoramento. Segundo Silva Filho (2004), as técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento são métodos eficientes e econômicos para se conseguir informações referentes à visualização e quantificação da arborização urbana e sua estrutura.

Com isso, a cobertura vegetal média encontrada entre os pontos foi de 37,6% e a cobertura arbórea foi de 14,3%. Pode-se observar que os pontos 8, 15, 17, 28 e 30 foram os que apresentaram maiores proporções de cobertura arbórea, todos com mais de 300.000 m² (40% da área). Estes pontos também apresentaram maior quantidade de cobertura vegetal. No entanto, os pontos 2, 14, 23, 26, 27, 36 e 42 foram os que apresentaram menores proporções de cobertura arbórea, todos inferiores a 100.000 m² (13% da área). Essa análise da cobertura do solo permitiu o conhecimento das interações antrópicas com o ambiente, possibilitando visualizar a distribuição espacial dessas ações (SANTOS; PETRONZIO, 2011).

A recomendação para as cidades é que nas áreas comerciais e demais locais onde se desenvolvem atividades principalmente durante o dia, os parques e outras áreas verdes apresentem menos de 50% de área pavimentada e pelo menos 30% de árvores e arbustos (CHANG; LI, 2014). Ainda, segundo os mesmos autores, em bairros residenciais que são utilizados principalmente durante a noite, os parques e outros espaços abertos devem ser projetados com ainda mais árvores.

4.1.2 Relação entre a quantidade de vegetação e os dados meteorológicos

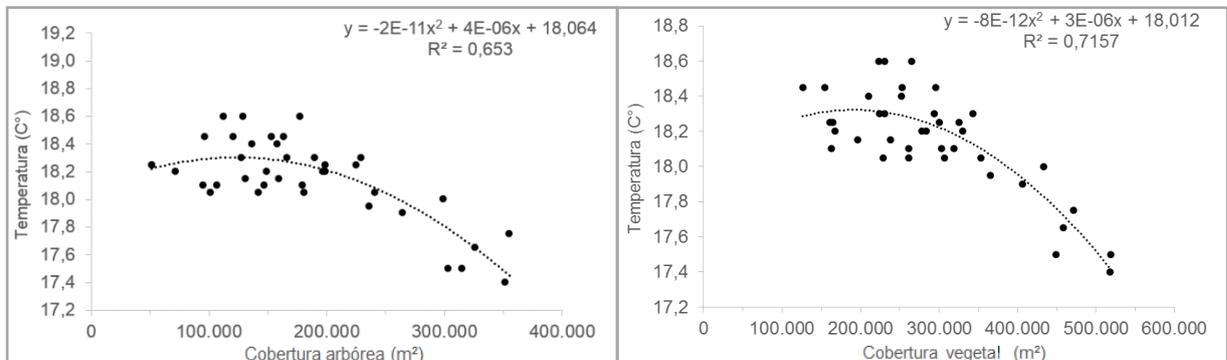
A relação entre a quantidade de vegetação e os dados meteorológicos foi determinada a partir da análise de correlação simples e do diagrama de dispersão, abrangendo inicialmente todos os pontos. Contudo, nesse processamento, verificou-se a presença de *outliers* e desta forma optou-se por excluí-los (P3, P23, P27, P29 e P31). Segundo Oliveira (2008) é comum em situações práticas, que um ou mais dados sejam excessivamente discrepantes do seu conjunto e quando este valor destaca-se tanto dos demais pode ser excluído de maneira intuitiva.

A análise de correlação simples aplicada entre os valores de cobertura arbórea e temperatura média resultou em um coeficiente de -0,71, o que representa uma forte correlação entre as variáveis. Para a quantidade de cobertura vegetal (cobertura arbórea + gramado), o coeficiente foi de -0,77.

A elaboração do diagrama de dispersão permitiu observar essa mesma tendência, tanto para a cobertura arbórea como para a cobertura vegetal (FIGURA 11). A linha de tendência polinomial inversa foi a que melhor representou a correlação entre as variáveis. Hamada e Ohta (2010) também encontraram tendência inversa,

denominada de negativa, entre a cobertura arbórea e a temperatura do ar em análise realizada no Heiwa Park em Nagoya (Japão).

FIGURA 11 - DIAGRAMA DE DISPERSÃO ENTRE A QUANTIDADE DE VEGETAÇÃO E OS VALORES DE TEMPERATURA.



FONTE: O autor (2016).

NOTA: gráfico à esquerda apenas para a cobertura arbórea e à direita para cobertura vegetal.

Observa-se que a equação proveniente desta linha de tendência resultou em um coeficiente de determinação de 0,65 para a cobertura arbórea e 0,71 para a cobertura vegetal. Fan, Myint e Zheng (2015), ao analisar a influência dos arranjos espaciais de vegetação na atenuação da temperatura de superfície, encontraram maiores coeficientes de determinação na análise individual do gramado do que no conjunto de árvores, indicando que essa variável exerce acentuada influência neste tipo de análise espacial.

Pode-se inferir, portanto, que aproximadamente 65% da variação da temperatura urbana é explicada pela quantidade de cobertura arbórea e 71% pela cobertura vegetal. Estes resultados enfatizam e quantificam o que já foi exposto por Kurban et al. (2002). Os autores afirmaram que a arborização urbana exerce um papel substancial no balanço do clima urbano, uma vez que é o indicador mais influente na mudança da temperatura e da umidade relativa.

A densidade de construções e a distribuição das florestas urbanas influenciam diretamente no comportamento térmico-higrométrico local (LEAL, 2012). Portanto, pode-se afirmar que o aumento da quantidade de cobertura vegetal e arbórea proporciona temperaturas mais amenas. Sendo que o conjunto de cobertura arbórea e gramado, aqui denominado de cobertura vegetal, exerce maior influência sobre os valores de temperatura do que apenas a cobertura arbórea.

O mesmo processo de análise foi realizado separadamente para os períodos do dia: manhã (6h00 - 11h45), tarde (12h00 - 17h45), noite (18h00 - 23h45) e

madrugada (00h00 – 05h45). A correlação simples entre os valores de cobertura arbórea e temperatura média de cada período resultou em um coeficiente de -0,66; -0,50; -0,67; e -0,58 respectivamente para cada período. Observou-se, portanto, correlação média entre as variáveis no período da tarde e madrugada e forte correlação durante a manhã e noite. Para a quantidade de cobertura vegetal foi obtido um coeficiente de -0,64; -0,52; -0,77 e -0,71 respectivamente, o que indicou média correlação entre as variáveis no período da manhã e tarde e forte correlação durante a noite e madrugada.

A elaboração do diagrama de dispersão para cada período permitiu observar a mesma tendência, tanto para a cobertura arbórea quanto vegetal (FIGURA 12).

As equações provenientes das linhas de tendência resultaram em coeficientes de determinação entre 0,37 e 0,57 para cobertura arbórea e, 0,46 e 0,65 para a cobertura vegetal. A correlação, exceto no período da manhã, foi mais significativa para a cobertura vegetal do que para a cobertura arbórea.

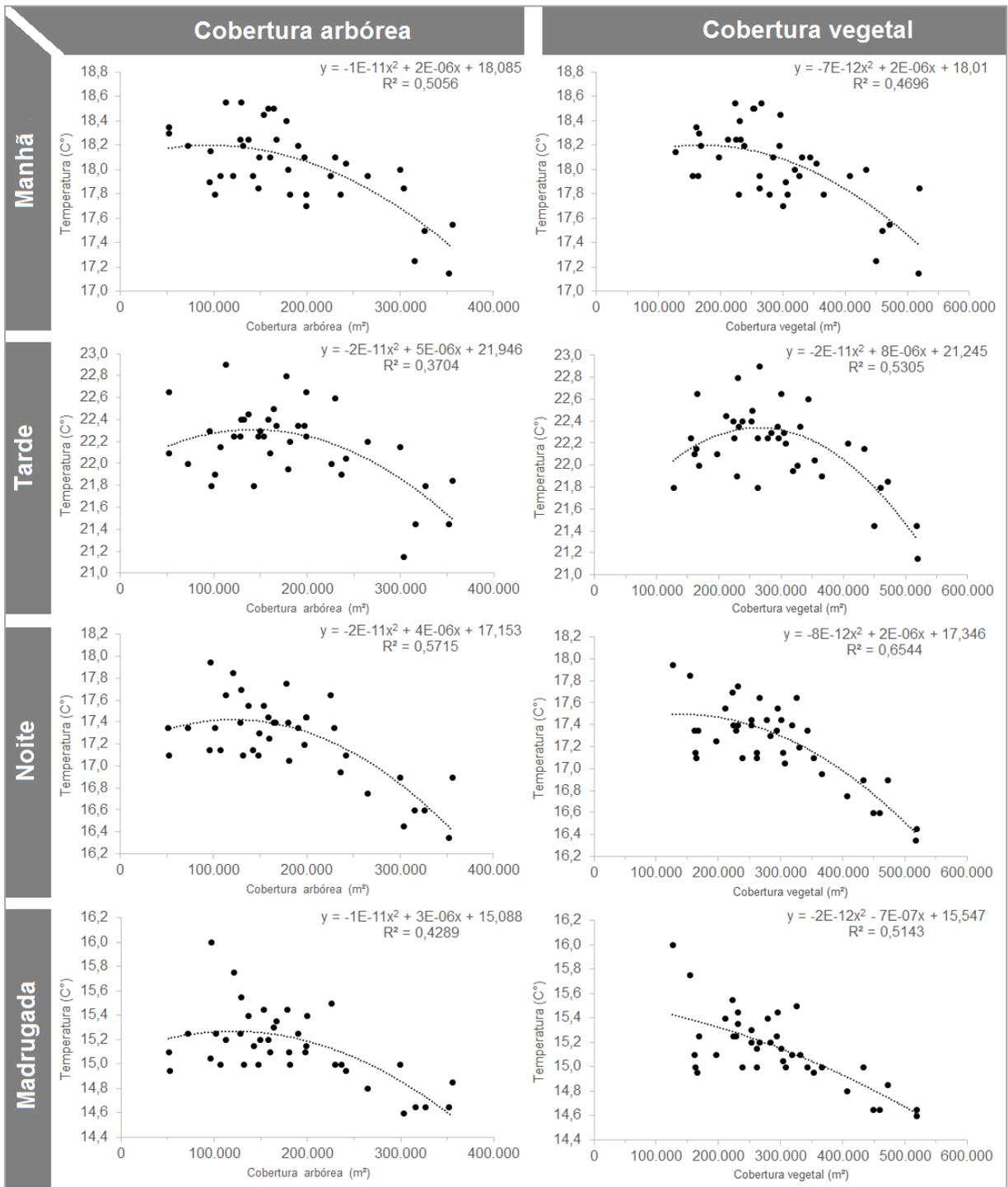
Os maiores valores encontrados para cobertura vegetal devem-se principalmente à maior quantidade de área comparada, pois ao valor de cobertura arbórea somou-se a área de gramado, uma cobertura do solo que também exerce benefícios microclimáticos. Segundo Hamada e Mikami (1994), nas áreas cobertas por grama a temperatura durante o dia é maior do que nas áreas arborizadas devido à radiação direta, mas a noite essa diferença diminui devido o resfriamento da superfície de grama. Portanto, para os autores essas áreas podem ser tão eficazes como as arborizadas.

No período da manhã, a correlação entre as variáveis foi maior na cobertura arbórea do que na cobertura vegetal. Isto pode ter relação com o aquecimento acelerado da área de gramado e com o efeito noturno provocado pela arborização que pode perdurar até o início da manhã. Segundo Rocha, Souza e Castilho (2011), em alguns casos, podem ser constatadas temperaturas noturnas mais elevadas em áreas arborizadas do que em áreas mais abertas, devido à atuação das árvores como barreira contra as correntes de ar.

Foi possível observar a variação da correlação entre os períodos, sendo que o período da noite foi o que apresentou maior correlação entre as variáveis tanto para cobertura arbórea quanto para a cobertura vegetal. Hamada e Ohta (2010), ao correlacionar a cobertura vegetal e a temperatura do ar no Heiwa Park (Naoya – Japão), também verificaram que durante o dia os pontos foram mais espalhados em

torno da linha de regressão do que durante a noite, o que indica menor coeficiente de determinação entre as variáveis. Segundo os autores isso ocorre porque a temperatura é influenciada pela radiação direta.

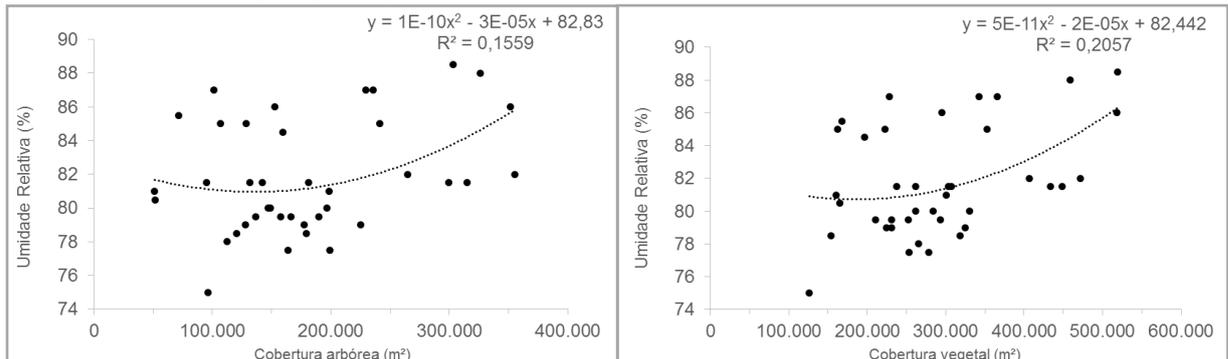
FIGURA 12 - DIAGRAMA DE DISPERSÃO ENTRE A QUANTIDADE DE VEGETAÇÃO E OS VALORES DE TEMPERATURA, PARA A COBERTURA ARBÓREA E VEGETAL POR PERÍODO



FONTE: O autor (2016).

Com relação à umidade relativa do ar, a análise de correlação simples resultou em um coeficiente de 0,33 para a cobertura arbórea, o que representa uma fraca correlação entre as variáveis. Para a quantidade de cobertura vegetal o coeficiente foi maior, 0,42, representando uma correlação média entre as variáveis. Essa mesma tendência foi observada no diagrama de dispersão (FIGURA 13).

FIGURA 13 - DIAGRAMA DE DISPERSÃO ENTRE A QUANTIDADE DE VEGETAÇÃO E OS VALORES DE UMIDADE RELATIVA



FONTE: O autor (2016).

NOTA: Gráfico à esquerda apenas para a cobertura arbórea e à direita para a cobertura vegetal.

A linha de tendência polinomial direta foi a que melhor representou a correlação entre as variáveis. A equação proveniente desta linha resultou em um coeficiente de determinação de 0,15 para a cobertura arbórea e 0,20 para a cobertura vegetal. O que permite inferir que 15% do valor da umidade relativa é explicado pela quantidade de cobertura arbórea e 20% pela cobertura vegetal. Esperava-se, no entanto, que essa correlação fosse maior, pois a umidade relativa do ar é fortemente influenciada pela temperatura do ar, aumentando quando a temperatura diminui e vice-versa (VAREJÃO-SILVA, 2000; AYOADE, 2011).

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. Portanto, 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).

Deste modo, não é possível afirmar que conforme aumenta a quantidade de cobertura arbórea e de cobertura vegetal, maiores são os valores de umidade relativa. Devido à fraca correlação da variável umidade relativa com a quantidade de cobertura

arbórea e vegetal, a análise separada para cada período do dia foi descartada, bem como as estimativas de diminuição/aumento realizadas a seguir.

4.1.3 Estimativas realizadas a partir do ajuste de equação

As equações geradas pelo diagrama de dispersão foram utilizadas como modelos preditivos para obtenção dos valores de diminuição da temperatura. O resultado obtido com a equação gerada pelo diagrama de dispersão entre temperatura e cobertura arbórea ($y = -2E-11x^2 + 4E-06x + 18,064$; $R^2 = 0,65$) indicou que a cada 1 m^2 de cobertura arbórea a temperatura diminui $0,000000296 \text{ }^\circ\text{C}$ ($2,96 \times 10^{-7} \text{ }^\circ\text{C}$). Por inferência pode-se afirmar que para diminuir a temperatura em $0,1 \text{ }^\circ\text{C}$ é preciso acrescentar $338.138,43 \text{ m}^2$ de cobertura arbórea. A partir desses valores de referência foram geradas extrapolações (TABELA 1).

TABELA 1 - EXTRAPOLAÇÃO DOS VALORES DA RELAÇÃO ENTRE COBERTURA ARBÓREA E TEMPERATURA

Cobertura arbórea / temperatura		Temperatura / cobertura arbórea	
Área (m ²)	Temp. (°C)	Temp. (°C)	Área (m ²)
1	$2,96 \times 10^{-7}$	0,1	338.138,43
5	$1,48 \times 10^{-6}$	0,2	676.276,86
10	$2,96 \times 10^{-6}$	0,3	1.014.415,30
50	$1,48 \times 10^{-5}$	0,4	1.352.553,73
100	$2,96 \times 10^{-5}$	0,5	1.690.692,16
500	0,0001	0,6	2.028.830,59
1.000	0,0003	0,7	2.366.969,02
5.000	0,0015	0,8	2.705.107,45
10.000	0,0030	0,9	3.043.245,89
50.000	0,0148	1,0	3.381.384,32
100.000	0,0296	1,5	5.072.076,48
500.000	0,1479	2,0	6.762.768,64

FONTE: O autor (2016).

NOTA: na esquerda a relação entre cobertura arbórea / temperatura e na direita o inverso.

A tabela apresenta os valores de relação entre cobertura arbórea e temperatura. É possível observar, por exemplo, que uma área de aproximadamente 500.000 m^2 poderia diminuir em média $0,15 \text{ }^\circ\text{C}$ da temperatura urbana, da mesma forma, se for retirado 500.000 m^2 de cobertura arbórea da cidade a temperatura aumentaria em média $0,15 \text{ }^\circ\text{C}$. Enfatizando a variável temperatura, pode-se afirmar

que para diminuir 1 °C seria necessário acrescentar 3.381.384,32 m² de cobertura arbórea na cidade, caso se retire esse valor a temperatura da cidade aumentaria 1 °C.

Vale ressaltar que essas extrapolações podem ser utilizadas apenas como referência ao ambiente urbano, em condições de interação entre ruas, asfalto, concreto, construções e demais estruturas que interagem com a presença de árvores, contando também com a presença humana. A ideia principal dessa extrapolação é auxiliar no planejamento e gestão das cidades, diante da realidade já existente.

A equação gerada pelo diagrama de dispersão que se utilizou dos valores de cobertura vegetal resultou em uma equação com melhor coeficiente de determinação. Além disso, visto a dinâmica das cidades, sabe-se que a criação de áreas mistas com gramado e floresta é mais fácil de ser implantada do que apenas floresta. Deste modo, foram realizadas extrapolações também para essa equação.

O resultado obtido com a equação gerada pelo diagrama de dispersão entre temperatura e cobertura vegetal ($y = -8E-12x^2 + 3E-06x + 18,012$; $R^2 = 0,71$) indicou que a cada 1 m² de cobertura vegetal a temperatura diminui 0,000000144 °C ($1,44 \times 10^{-7}$ °C). Por inferência pode-se afirmar que para diminuir a temperatura em 0,1 °C é preciso acrescentar 696.174,96 m² de cobertura vegetal. A partir desses valores de referência foram geradas extrapolações (TABELA 2).

TABELA 2 - EXTRAPOLAÇÃO DOS VALORES DE RELAÇÃO ENTRE COBERTURA VEGETAL E TEMPERATURA

Cobertura vegetal / temperatura		Temperatura / cobertura vegetal	
Área (m ²)	Temp. (°C)	Temp. (°C)	Área (m ²)
1	$1,44 \times 10^{-7}$	0,1	696.174,96
5	$7,18 \times 10^{-7}$	0,2	1.392.349,93
10	$1,44 \times 10^{-6}$	0,3	2.088.524,89
50	$7,18 \times 10^{-6}$	0,4	2.784.699,86
100	$1,44 \times 10^{-5}$	0,5	3.480.874,82
500	$7,18 \times 10^{-5}$	0,6	4.177.049,79
1.000	0,0001	0,7	4.873.224,75
5.000	0,0007	0,8	5.569.399,72
10.000	0,0014	0,9	6.265.574,68
50.000	0,0072	1,0	6.961.749,64
100.000	0,0144	1,5	10.442.624,47
500.000	0,0718	2,0	13.923.499,29

FONTE: O autor (2016).

NOTA: na esquerda a relação entre cobertura vegetal/ temperatura e na direita o inverso.

Observa-se que uma área de aproximadamente 500.000 m² coberta por vegetação poderia diminuir em média 0,07 °C da temperatura urbana, da mesma forma, se for retirado 500.000 m² de cobertura vegetal da cidade a temperatura aumentaria em média 0,07 °C. Enfatizando a variável temperatura, pode-se afirmar que para diminuir 1 °C seria necessário acrescentar 6.961.749,64 m² de cobertura de vegetação na cidade, caso se retire esse valor, a temperatura da cidade aumentaria 1°C.

É possível notar que os valores da relação entre cobertura arbórea e temperatura foram maiores do que os de cobertura vegetal. Embora o gramado traga inúmeros benefícios a uma cidade, este não é maior do que o fornecido por uma área coberta por árvores. Assim, uma área recoberta apenas por árvores promove maior diminuição da temperatura do que um local com a mesma extensão que apresenta locais com árvores e outros com gramado.

A relação apresentada corrobora com a pesquisa de Fan, Myint e Zheng (2015), na qual os autores destacaram os efeitos positivos dos gramados na mitigação dos efeitos das ilhas de calor, mas também mostram que áreas arborizadas agem de forma mais eficaz na diminuição da temperatura de superfície do que as áreas com gramado. Shashua-Bar et al. (2009), Cao et al. (2010), Leal et al. (2014) e Martini e Biondi (2015) também constataram que áreas com floresta proporcionam benefício microclimático mais acentuado do que as áreas com gramado.

Portanto, foi possível constatar que a floresta urbana, como um todo, exerce grande benefício ao clima local da cidade de Curitiba, principalmente referente à diminuição da temperatura local. Mas não se pode esquecer que aproximadamente 68% do valor da temperatura urbana é explicado pela quantidade de cobertura arbórea ou vegetal. Existem mais 32% relacionados a outros elementos, que também, podem exercer forte relação com o valor de temperatura apresentado. Em estudo realizado por Ren et al. (2013) nos parques urbanos de Changchun (China), os autores verificaram que a área de cobertura vegetal dos parques foi o principal fator para descrever a temperatura de superfície.

Os outros elementos que podem exercer influência na temperatura local são: topografia urbana, a existência de construções, o fornecimento artificial de energia (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, 2010). Além

disso, os materiais constituintes da superfície urbana possuem uma capacidade térmica mais elevada e são melhores condutores de calor (ROMERO, 2001).

4.2. CARACTERIZAÇÃO DOS LOCAIS DE MONITORAMENTO MICROCLIMÁTICOS

As áreas onde foram realizadas as coletas de dados microclimáticos foram caracterizadas para melhor entender a influência que a floresta urbana exerce no microclima (TABELA 3). Para cada tipologia de floresta urbana, a tabela foi ordenada da maior para a menor área de cobertura arbórea. Desta forma a área 1 possui a maior quantidade de cobertura arbórea, a área 2 uma quantidade média, e a área 3 a menor quantidade de cobertura arbórea.

Das áreas que caracterizam o Remanescente Florestal, pode-se notar que o Parque Barigüi é o local onde existem árvores mais finas, com poucos indivíduos acima de 5 cm de DAP e expressiva densidade de sub-bosque. Em contrapartida, o Bosque do Papa foi a área que apresentou indivíduos com maiores valores de DAP e altura, com sub-bosque pouco expressivo.

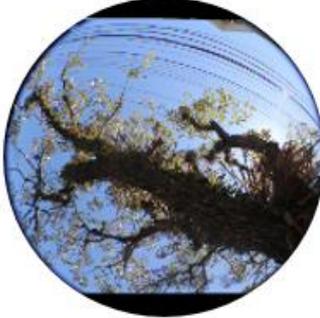
TABELA 3 - CARACTERIZAÇÃO FÍSICA DE CADA ÁREA DE ESTUDO COM FOTO OLHO-DE-PEIXE (continua)

Remanescente florestal		
Parque Barigüi	Bosque João Paulo II	Bosque Gutierrez
 <ul style="list-style-type: none"> • Cobertura arbórea: 308.700 m² • Fator de visão do céu: 0,112 • Altitude: 895 m • Iluminamento: 525 Lux • Tipo de vegetação: Floresta Ombrófila Mista • Número de indivíduos: 17 • Densidade de árvores: 680/ha • Altura média das árvores: 20 m • DAP médio das árvores: 23,2 cm • Altura do dossel: 14 m • Espaçamento entre árv.: 2 m • Permeabilidade: 100% • Recobrimento do solo: sub-bosque de 2 m. 	 <ul style="list-style-type: none"> • Cobertura arbórea: 54.929 m² • Fator de visão do céu: 0,094 • Altitude: 893 m • Iluminamento: 951 Lux • Tipo de vegetação: Floresta Ombrófila Mista • Número de indivíduos: 24 • Densidade de árvores: 960/ha • Altura média das árvores: 25 m • DAP média das árvores: 29,8 cm • Altura do dossel: 18 m • Espaçamento entre árv.: 3 m • Permeabilidade: 100% • Recobrimento do solo: sub-bosque de 1 m. 	 <ul style="list-style-type: none"> • Cobertura arbórea: 25.758 m² • Fator de visão do céu: 0,078 • Altitude: 916 m • Iluminamento: 358 Lux • Tipo de vegetação: Floresta Ombrófila Mista • Número de indivíduos: 34 • Densidade de árvores: 1360/ha • Altura média das árvores: 17 m • DAP médio das árvores: 20,4 cm • Altura do dossel: 12 m • Espaçamento entre árv.: 1,7 m • Permeabilidade: 89,2% • Recobrimento do solo: sub-bosque com dois estratos, 2 m e 1 m, herbácea e calçada de pedra.

TABELA 3 - CARACTERIZAÇÃO FÍSICA DE CADA ÁREA DE ESTUDO COM FOTO OLHO-DE-PEIXE (continuação)

Área verde antiga		
Passeio Público	Praça Eufrásio Correia	Praça Carlos Gomes
 <ul style="list-style-type: none"> • Cobertura arbórea: 10.745,83 m² • Fator de visão do céu: 0,135 • Altitude: 899 m • Iluminamento: 3.115 Lux • Tipo de vegetação: introduzida (paineira, pitanga, goiaba, magnólia) • Número de indivíduos: 10 • Densidade de árvores: 400/ha • Altura média das árvores: 18 m • DAP média das árvores: 24,2 cm • Altura do dossel: 12 m • Espaçamento entre árvores: 5 m • Permeabilidade: 80,6% • Recobrimento do solo: grama, grama preta e pedra portuguesa. 	 <ul style="list-style-type: none"> • Cobertura arbórea: 5.066,67 m² • Fator de visão do céu: 0,096 • Altitude: 872 m • Iluminamento: 2.438 Lux • Tipo de vegetação: introduzida (tipuana, araucária, cedro-rosa, palmeira-leque) • Número de indivíduos: 7 • Densidade de árvores: 280/ha • Altura média das árvores: 20 m • DAP médio das árvores: 75,3 cm • Altura do dossel: 14 m • Espaçamento entre árvores: 7 m • Permeabilidade: 98% • Recobrimento do solo: grama, grama preta e caminhos de pedra brita fina (90 m²). 	 <ul style="list-style-type: none"> • Cobertura arbórea: 935,49 m² • Fator de visão do céu: 0,117 • Altitude: 870 m • Iluminamento: 3.792 Lux • Tipo de vegetação: introduzida (jerivá, primavera, xaxim) • Número de indivíduos: 15 • Densidade de árvores: 600/ha • Altura média das árvores: 9 m • DAP médio das árvores: 30 cm • Altura do dossel: 4,5 m • Espaçamento entre árvores: 4 m • Permeabilidade: 47,2% • Recobrimento do solo: grama, hera, pedra portuguesa.
Área verde moderna		
Praça N. Sra. de Salette	Praça Alfredo Andersen	Jard. Henrique Knopholz
 <ul style="list-style-type: none"> • Cobertura arbórea: 4.069,91 m² • Fator de visão do céu: 0,106 • Altitude: 876 m • Iluminamento: 3.405 Lux • Tipo de vegetação: introduzida (monjoleiro) • Número de indivíduos: 1 • Densidade de árvores: 40/ha • Altura média das árvores: 30 m • DAP médio das árvores: 125 cm • Altura do dossel: 8 m • Espaçamento entre árv.: 10 m • Permeabilidade: 100% • Recobrimento do solo: grama. 	 <ul style="list-style-type: none"> • Cobertura arbórea: 3.836,71 m² • Fator de visão do céu: 0,145 • Altitude: 908 m • Iluminamento: 2.519 Lux • Tipo de vegetação: introduzida (ficus) • Número de indivíduos: 1 • Densidade de árvores: 40/ha • Altura média das árvores: 18 m • DAP médio das árvores: 54 cm • Altura do dossel: 5 m • Espaçamento entre árv.: 10 m • Permeabilidade: 45% • Recobrimento do solo: grama e calçada com lajotas. 	 <ul style="list-style-type: none"> • Cobertura arbórea: 1.999,70 m² • Fator de visão do céu: 0,125 • Altitude: 883 m • Iluminamento: 3.462 Lux • Tipo de vegetação: introduzida (monjoleiro e dedaleiro) • Número de indivíduos: 5 • Densidade de árvores: 200/ha • Altura média das árvores: 18 m • DAP médio das árvores: 52 cm • Altura do dossel: 11 m • Espaçamento entre árv.: 7 m • Permeabilidade: 95% • Recobrimento do solo: grama e calçada com lajotas.

TABELA 3 - CARACTERIZAÇÃO FÍSICA DE CADA ÁREA DE ESTUDO COM FOTO OLHO-DE-PEIXE (conclusão)

Arborização de ruas		
Rua Brigadeiro Franco	Rua Ângelo Lopes	Rua Guaratuba
 <ul style="list-style-type: none"> • Cobertura arbórea: 1.616,61 m² • Fator de visão do céu: 0,258 • Altitude: 902 m • Iluminamento: 5.141 Lux • Tipo de vegetação: introduzida (canafístula e corticeira) • Número de indivíduos: 1 • Densidade de árvores: 40/ha • Altura média das árvores: 25 m • DAP médio das árvores: 90 cm • Altura do dossel: 18 m • Espaçamento entre árv.: 12 m • Permeabilidade: 10,6% • Recobrimento do solo: grama, asfalto, paver. 	 <ul style="list-style-type: none"> • Cobertura arbórea: 408,17 m² • Fator de visão do céu: 0,398 • Altitude: 905 m • Iluminamento: 4.745 Lux • Tipo de vegetação: introduzida (ipê-amarelo) • Número de indivíduos: 3 • Densidade de árvores: 120/ha • Altura média das árvores: 9 m • DAP médio das árvores: 35 cm • Altura do dossel: 5 m • Espaçamento entre árv.: 8 m • Permeabilidade: 14% • Recobrimento do solo: grama, asfalto e pedra lousa. 	 <ul style="list-style-type: none"> • Cobertura arbórea: 370,70 m² • Fator de visão do céu: 0,171 • Altitude: 918 m • Iluminamento: 7.364 Lux • Tipo de vegetação: introduzida (tipuana) • Número de indivíduos: 1 • Densidade de árvores: 40/ha • Altura média das árvores: 18 m • DAP médio das árvores: 142 cm • Altura do dossel: 10 m • Espaçamento entre árv.: 10 m • Permeabilidade: 16,8% • Recobrimento do solo: grama, asfalto, paver.
Árvore isolada		
<i>Lagerstroemia indica</i>	<i>Lafoensia pacari</i>	<i>Handroanthus chrysotrichus</i>
 <ul style="list-style-type: none"> • Cobertura arbórea: 24,88 m² • Fator de visão do céu: 0,469 • Altitude: 887 m • Iluminamento: 40.000 Lux • Tipo de vegetação: introduzida (extremosa) • Número de indivíduos: 1 • Densidade de árvores: 40/ha • Altura média das árvores: 7 m • DAP médio das árvores: 18 cm • Altura do dossel: 3,5 m • Espaçamento entre árv.: 15 m • Permeabilidade: 4,2% • Recobrimento do solo: grama, asfalto, pedra lousa. 	 <ul style="list-style-type: none"> • Cobertura arbórea: 21,35 m² • Fator de visão do céu: 0,281 • Altitude: 885 m • Iluminamento: 11.400 Lux • Tipo de vegetação: introduzida (dedaleiro) • Número de indivíduos: 1 • Densidade de árvores: 40/ha • Altura média das árvores: 7 m • DAP médio das árvores: 25 cm • Altura do dossel: 2 m • Espaçamento entre árv.: 12 m • Permeabilidade: 13,8% • Recobrimento do solo: grama, asfalto, pedra lousa. 	 <ul style="list-style-type: none"> • Cobertura arbórea: 19,13 m² • Fator de visão do céu: 0,296 • Altitude: 905 m • Iluminamento: 20.000 Lux • Tipo de vegetação: introduzida (ipê-amarelo-miúdo) • Número de indivíduos: 1 • Densidade de árvores: 40/ha • Altura média das árvores: 7 m • DAP médio das árvores: 18 cm • Altura do dossel: 3,5 m • Espaçamento entre árv.: 15 m • Permeabilidade: 9,8% • Recobrimento do solo: grama, asfalto, pedra lousa.

FONTE: O autor (2016).

Na Área Verde Antiga, embora a Praça Carlos Gomes tenha apresentado maior número de indivíduos, foi a área que apresentou árvores de menor porte e menor cobertura arbórea. Já a Praça Eufrásio Correia foi a área com indivíduos de maior porte, com DAP e altura maiores e menor número de indivíduos.

Na Área Verde Moderna, a Praça Nossa Senhora de Salette foi a área com indivíduos de porte maior, em altura e DAP e o Jardimete Henrique Knopholz foi a área com maior número de indivíduos de menor porte.

A Rua Ângelo Lopes caracteriza-se por maior número de indivíduos de menor porte das árvores, enquanto que Rua Brigadeiro Franco apresenta indivíduos mais altos e a Rua Guaratuba indivíduos com DAP maior. Embora tenham sido escolhidas espécies diferentes de *Árvore Isolada*, as características físicas dos exemplares foram muito semelhantes, além da homogeneidade do entorno.

A importância de se caracterizar detalhadamente as áreas de estudo se justifica pela carência de informações a este respeito, quando se trata principalmente do benefício microclimático. Segundo Chang e Li (2014), como o espaço urbano é muitas vezes limitado, pequenas áreas são mais facilmente adquiridas do que grandes espaços. Portanto, saber se a intensidade e a extensão do aumento do frescor estão relacionadas diretamente com o tamanho e outras características da área verde torna-se importante no processo de análise da implantação.

Fan, Myint e Zheng (2015) afirmam que os potenciais impactos do arranjo espacial da vegetação no ambiente térmico urbano ainda não foram bem caracterizados. Sabe-se, no entanto, que uma combinação de fatores, incluindo a forma, tamanho e nível de segmentação dos fragmentos de vegetação, influencia na temperatura, geralmente com menores valores associados aos fragmentos de vegetação grandes, contínuos e densos. Além disso, a vegetação pode introduzir condições diferenciadas de absorção da radiação solar em função do volume de copa, da superfície e densidade das folhas, cores e ciclo de foliação (KURBÁN et al., 2002).

4.3 O MICROCLIMA DA FLORESTA URBANA

4.3.1 Panorama geral das variáveis meteorológicas

O panorama geral das variáveis meteorológicas coletadas nas tipologias de floresta urbana pode ser observado quando comparadas com as mesmas variáveis

obtidas pela estação oficial do SIMEPAR (ver gráficos por estação do ano no APÊNDICE 3).

A partir dos dados meteorológicos coletados através do método de pontos fixos, foi possível determinar a média de temperatura e umidade relativa em cada tipologia de floresta urbana, bem como analisar a diferença entre elas (TABELA 4).

TABELA 4 - VALORES MÉDIOS DE TEMPERATURA E UMIDADE RELATIVA DO AR EM CADA ÁREA SELECIONADA E ANÁLISE ESTATÍSTICA DAS MÉDIAS (SNK 95%)

Tipologias de floresta urbana	Locais selecionados			Média
	1	2	3	
Temperatura média do ar (°C)				
Remanescente Florestal	17,15	16,96	16,73	16,95 a
Área Verde Antiga	17,82	17,99	17,96	17,93 b
Área Verde Moderna	17,63	17,57	17,69	17,63 b
Arborização de Ruas	18,42	17,63	18,02	18,03 b
Árvore Isolada	18,05	18,26	18,19	18,17 b
Média	17,82 a	17,68 a	17,72 a	
Umidade relativa do ar (%)				
Remanescente Florestal	84,73	86,13	89,52	86,79 a
Área Verde Antiga	78,17	77,40	76,50	77,36 b
Área Verde Moderna	78,79	80,47	79,19	79,48 b
Arborização de Ruas	76,46	80,60	80,46	79,17 b
Árvore Isolada	80,11	80,85	78,73	79,90 b
Média	79,65 a	81,09 a	80,88 a	

FONTE: O autor (2016).

NOTA: Remanescente Florestal: 1- Parque Barigüi; 2 - Bosque Gutierrez; 3 - Bosque João Paulo II; Área Verde Antiga: 1 - Passeio Público; 2 - Praça Eufrásio Correia; 3 - Praça Carlos Gomes; Área Verde Moderna: 1- Praça N. Sra. de Salette; 2 - Praça Alfredo Andersen; 3 - Jard. Henrique Knopholz; Arborização de Ruas: 1 - Rua Brigadeiro Franco; 2- Rua Ângelo Lopes; 3 - Rua Guaratuba; Árvore Isolada: 1 - *Lagerstroemia indica*; 2 - *Lafoensia pacari*; 3 - *Handroanthus chrysotrichus*; médias seguidas de mesma letra na coluna ou linha não diferem entre si a 5% de significância pelo teste SNK.

É possível notar que não houve diferença estatística entre os blocos (locais selecionados) para nenhuma das variáveis, podendo-se afirmar que as áreas escolhidas para representar as diferentes tipologias de floresta urbana são homogêneas, não se diferenciam entre si.

Tanto para temperatura como para a umidade relativa, a análise estatística realizada revelou que apenas o Remanescente Florestal distingue-se estatisticamente das demais tipologias, pois apresenta a menor média de temperatura (16,95 °C) e a maior média de umidade relativa (86,79%). Dacanal et al. (2010), analisando diferentes fragmentos florestais urbanos em Campinas, também constataram que a vegetação densa e estratificada foi capaz de atenuar mais a temperatura do ar e

interceptar a radiação solar, melhorando a sensação térmica local.

Segundo Hoffmann, Hasenack e Oliveira (2010), o interior de formações florestais caracteriza-se pela estabilidade microclimática em comparação com as formações mais abertas. A principal razão para isso é a existência de diferentes estratos que separam as camadas de ar exterior à floresta (acima das copas) da camada de ar junto ao solo (sub-bosque).

Embora sem diferença estatística para as demais áreas (exceto Remanescente Florestal), a tipologia Árvore Isolada foi a que apresentou maior média de temperatura (18,16 °C) e a tipologia Área Verde Antiga menor média de umidade relativa (77,36%). Deste modo, o efeito de resfriamento das árvores isoladas não é muito significativo se comparado ao de uma floresta, já que desaparece rapidamente devido aos movimentos do ar (OCHOA DE LA TORRE, 1999).

Ainda, conforme Abreu (2008), os indivíduos arbóreos isolados são também essenciais na composição do ambiente, pois têm uma boa resposta em relação ao conforto térmico na microescala, contudo, devem ser considerados apenas como componentes complementares.

Ao analisar as médias encontradas separadamente para cada estação do ano é possível verificar algumas variações neste comportamento (TABELA 5).

Pode-se observar que no verão a análise estatística não demonstrou diferença entre o Remanescente Florestal (21,34 °C) e a Área Verde Moderna (22,29°C), mas apenas o Remanescente Florestal diferenciou-se de todas as outras tipologias, assim como ocorreu no inverno. Essa semelhança entre as áreas deve-se a características da Área Verde Moderna, quase em sua totalidade recoberta por área permeável e presença de indivíduos arbóreos de grande porte. Para Zhou, Huang e Cadenasso (2011), o uso e ocupação do solo, bem como a configuração das áreas verdes urbanas auxiliam no resfriamento, no entanto, é especialmente a presença de vegetação lenhosa que proporciona maiores diferenças de temperatura.

É importante lembrar, no entanto, que a variável umidade relativa é mais difícil de ser compreendida, isto porque, segundo Fortuniak, Klysik e Wibig (2006), o processo de saturação, as características da variação de umidade e os grandes erros de medição, tornam o problema de contraste do conteúdo de vapor d'água no ambiente urbano mais complexo do que para a temperatura. Além disso, as diferenças de umidade relativa do ar podem evoluir de diferentes maneiras sob sutis condições do tempo.

TABELA 5 - VALORES MÉDIOS DE TEMPERATURA E UMIDADE RELATIVA DO AR EM CADA ÁREA SELECIONADA E ANÁLISE ESTATÍSTICA DAS MÉDIAS (SNK 95%) NO VERÃO E INVERNO

Tipologias de floresta urbana	Verão				Inverno			
	Locais selecionados			Média	Locais selecionados			Média
	1	2	3		1	2	3	
Temperatura média do ar (°C)								
Remanescente Florestal	21,59	21,58	20,86	21,34 a	12,72	12,34	12,60	12,55 a
Área Verde Antiga	22,48	22,82	22,70	22,67 b	13,16	13,16	13,22	13,18 b
Área Verde Moderna	22,22	22,21	22,42	22,29ab	13,04	12,93	12,95	12,98 b
Arborização de Ruas	23,35	22,41	22,95	22,90 b	13,49	12,86	13,09	13,15 b
Árvore Isolada	23,10	23,38	23,09	23,19 b	12,99	13,14	13,30	13,14 b
Média	22,55 a	22,48 a	22,40 a		13,08 a	12,89 a	13,03 a	
Umidade relativa do ar (%)								
Remanescente Florestal	82,48	80,34	88,96	83,93 a	86,98	91,92	90,08	89,66 a
Área Verde Antiga	70,82	71,47	70,87	71,05 b	85,53	83,33	82,13	83,66 c
Área Verde Moderna	74,94	75,92	71,79	74,22 b	82,64	85,01	86,59	84,75 bc
Arborização de Ruas	69,14	74,58	73,01	72,25 b	83,77	86,62	87,91	86,10 b
Árvore Isolada	73,06	69,79	71,31	71,39 b	87,16	91,91	86,16	88,41 a
Média	74,09 a	74,42 a	75,19 a		85,22 b	87,76 a	86,57a	

FONTE: O autor (2016).

NOTA: Remanescente Florestal: 1- Parque Barigüi; 2 - Bosque Gutierrez; 3 - Bosque João Paulo II; Área Verde Antiga: 1 - Passeio Público; 2 - Praça Eufrásio Correia; 3 - Praça Carlos Gomes; Área Verde Moderna: 1- Praça N. Sra. de Salette; 2 - Praça Alfredo Andersen; 3 - Jard. Henrique Knopholz; Arborização de Ruas: 1 - Rua Brigadeiro Franco; 2- Rua Ângelo Lopes; 3 - Rua Guaratuba; Árvore Isolada: 1 - *Lagerstroemia indica*; 2 - *Lafoensia pacari*; 3 - *Handroanthus chrysotrichus*. Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si a 5% de significância pelo teste SNK.

No inverno, a umidade relativa, também apresentou variação quanto as tipologias de floresta urbana, constatando-se que o Remanescente Florestal (89,66%) e a Árvore Isolada (88,41%) não se distinguem entre si, apresentando os maiores valores de umidade relativa registrados. Os menores valores foram observados na Área Verde Antiga (83,66 %) e na Área Verde Moderna (84,75%).

Os valores de temperatura observados no verão foram quase o dobro do que no inverno, o que proporciona significativa distinção entre as áreas, acentuando ainda mais as diferenças no verão, em média cerca de 1 °C maior do que no inverno. Sabe-se, por exemplo, que a temperatura das áreas com vegetação tem efeito mais forte no resfriamento no verão do que no inverno (CHANG; LI; CHANG, 2007). Inclusive, a falta de vegetação pode causar 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 (AKBARI; TAHA, 1992). Além disso, a vegetação pode ainda bloquear ventos frios no inverno e/ou direcionar a entrada de correntes que resfriem o ambiente no verão (MAGALHÃES; CRISPIM, 2003).

Apesar dos resultados demonstrarem que apenas o Remanescente Florestal diferencia-se das demais tipologias, percebe-se que todas exercem um papel fundamental na melhoria microclimática, considerando que a diferença para o remanescente foi pequena. A tipologia *Árvore Isolada* foi a que apresentou maior diferença de temperatura (1,22 °C), seguida por *Arborização de Ruas* (1,08 °C), *Área Verde Antiga* (0,98 °C) e *Área Verde Moderna* (0,68 °C). Já a *Área Verde Antiga* foi a que apresentou maior diferença de umidade relativa (9,43 unidades), seguida por *Arborização de Ruas* (7,62 unidades), *Área Verde Moderna* (7,31 unidades) e *Árvore Isolada* (6,89 unidades),

4.3.2 Valores extremos das variáveis meteorológicas

Os valores máximos e mínimos de temperatura e umidade relativa foram determinados para cada área selecionada e com estes dados foram calculadas as médias para cada tipologia (TABELA 6).

TABELA 6 - MÉDIA DOS VALORES EXTREMOS DE TEMPERATURA E UMIDADE RELATIVA DO AR E AMPLITUDE NO VERÃO E INVERNO

Temperatura (°C)									
Tipologias	Máxima			Mínima			Amplitude		
	Verão	Inverno	Média	Verão	Inverno	Média	Verão	Inverno	Média
Remanescente Florestal	28,4	15,2	21,8	17,7	11,3	14,5	10,7	4,0	7,3
Área Verde Antiga	28,6	16,3	22,4	19,3	11,4	15,3	9,3	4,9	7,1
Área Verde Moderna	28,6	15,7	22,2	18,8	11,5	15,1	9,8	4,2	7,0
Arborização de Ruas	29,8	17,5	23,6	19,0	11,4	15,2	10,8	6,1	8,5
Árvore Isolada	33,1	17,1	25,1	19,0	11,3	15,1	14,1	5,9	10,0
Umidade relativa (%)									
Tipologias	Máxima			Mínima			Amplitude		
	Verão	Inverno	Média	Verão	Inverno	Média	Verão	Inverno	Média
Remanescente Florestal	99,4	95,7	97,6	46,1	78,0	62,0	53,3	17,7	35,5
Área Verde Antiga	88,6	92,6	90,6	40,2	68,4	54,3	48,4	24,2	36,3
Área Verde Moderna	92,1	91,8	91,9	40,7	72,0	56,4	51,3	19,8	35,6
Arborização de Ruas	93,1	94,8	93,9	35,9	65,0	50,5	57,2	29,7	43,5
Árvore Isolada	89,3	97,6	93,5	32,9	63,5	48,2	56,4	34,0	45,2

FONTE: O autor (2016).

De modo geral, a vegetação tende a estabilizar as variáveis microclimáticas em sua volta, reduzindo os valores extremos, o que já foi sugerido por Dimoudi e Nikolopoulou (2003). Detalhadamente, observa-se que a temperatura máxima no

Remanescente Florestal foi a menor média registrada, nas duas estações do ano, já a maior média ocorreu nos exemplares de Árvore Isolada, sendo que no inverno a Arborização de Ruas apresentou valor mais elevado.

Conforme afirmam Hernandes et al. (2002), as florestas exercem importante papel na atenuação da temperatura máxima do ar quando comparadas com ambientes mais abertos, devido a barreira proporcionada pelo dossel das copas das árvores que impedem a penetração no interior da floresta da maior parte da radiação solar. Essa menor quantidade de radiação solar incidente implica em menor aquecimento do solo, que por consequência emite menos radiação de ondas longas e menor aquecimento do ar no espaço entre o solo e as copas das árvores.

Com relação à temperatura mínima, a menor média também ocorreu no Remanescente Florestal nas duas estações, sendo que no inverno o valor nos exemplares de Árvore Isolada foi igual ao do Remanescente Florestal. A temperatura mínima na Área Verde Antiga foi a menor registrada, sendo que no inverno o valor da tipologia Arborização de Ruas foi igual ao da Área Verde Antiga e o da Área Verde Moderna foi maior.

Cruz e Lombardo (2007) também verificaram essa mesma tendência no estudo realizado na cidade de Ponta Grossa-PR. Os autores constataram que as temperaturas máximas foram mais baixas sob a vegetação e as temperaturas mínimas ficaram mais elevadas em relação à área com menos arborização.

Os menores valores de temperatura máxima observados por tipologia de floresta urbana foram no Bosque João Paulo II (Remanescente Florestal), Praça Carlos Gomes (Área Verde Antiga), Praça Alfredo Andersen (Área Verde Moderna), Rua Brigadeiro Franco (Arborização de Ruas) e exemplar *Lagerstroemia indica* (Árvore Isolada). Já as maiores médias de temperatura mínima ocorreram no Parque Barigüi (Remanescente Florestal), Praça Carlos Gomes e Eufrásio Correia (Área Verde Antiga), Praça Nossa Senhora de Salette (Área Verde Moderna), Rua Brigadeiro Franco (Arborização de Ruas) e exemplares de *Lafoensia pacari* e *Handroanthus chrysotrichus* (Árvore Isolada).

A umidade relativa seguiu a tendência inversa, uma vez que o Remanescente Florestal registrou a maior média, no entanto, no inverno os exemplares de Árvore Isolada apresentaram valores superiores ao do Remanescente Florestal. Este também registrou a mínima umidade relativa superior às demais tipologias, em ambas as estações. A menor média de umidade relativa mínima foi observada nos

exemplares de Árvore Isolada, nas duas estações do ano.

As maiores médias de umidade relativa máxima e mínima observadas por tipologia de floresta urbana foi no Bosque João Paulo II (Remanescente Florestal), Passeio Público (Área Verde Antiga), Praça Alfredo Andersen (Área Verde Moderna) e exemplar *Lafoensia pacari* (Árvore Isolada). A tipologia Arborização de Ruas apresentou maior média de umidade relativa máxima na Rua Ângelo Lopes e maior média de umidade relativa mínima na Rua Guaratuba.

De modo geral, a amplitude da temperatura foi menor na Área Verde Moderna e maior nos exemplares de Árvore Isolada. Mas ao se analisar separadamente as duas estações do ano, pode-se observar que a menor amplitude no verão ocorreu na Área Verde Antiga e no inverno no Remanescente Florestal. A maior amplitude, no entanto, foi observada nos exemplares de Árvore Isolada nas duas estações.

A menor amplitude de temperatura entre as áreas, observada por tipologia de floresta urbana ocorreu no Bosque Gutierrez (Remanescente Florestal), Passeio Público (Área Verde Antiga), Praça Alfredo Andersen (Área Verde Moderna), Rua Brigadeiro Franco (Arborização de Ruas) e exemplar de *Lafoensia pacari* (Árvore Isolada).

Os estudos de Velasco (2007) foram mais conclusivos a este respeito, pois a autora, ao analisar o microclima de ambientes com diferentes porcentagens de cobertura arbórea 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. O que também foi verificado por Cruz e Lombardo (2007) na cidade de Ponta Grossa.

Essa variação entre as áreas que apresentaram menor amplitude de temperatura nas diferentes estações reflete o benefício microclimático da floresta urbana como um todo, pois não foi apenas o Remanescente Florestal que proporcionou esse efeito, as outras tipologias também apresentaram efeito similar. Para Hasenack, Cordeiro e Hoffmann (2010), o amortecimento à incidência de energia por parte da vegetação arbórea é o responsável por criar, na camada de ar entre a superfície e o dossel, um microclima com amplitudes térmicas bem inferiores às amplitudes térmicas de áreas mais abertas.

Além disso, segundo Weingartner (1994), esse efeito é maior durante o verão, porque nesta estação a densidade foliar e a evapotranspiração das plantas são mais intensas. Em contrapartida, no inverno, com a redução da radiação solar, da

temperatura do ar e da alteração na fenologia das plantas, há uma diminuição da diferença da amplitude.

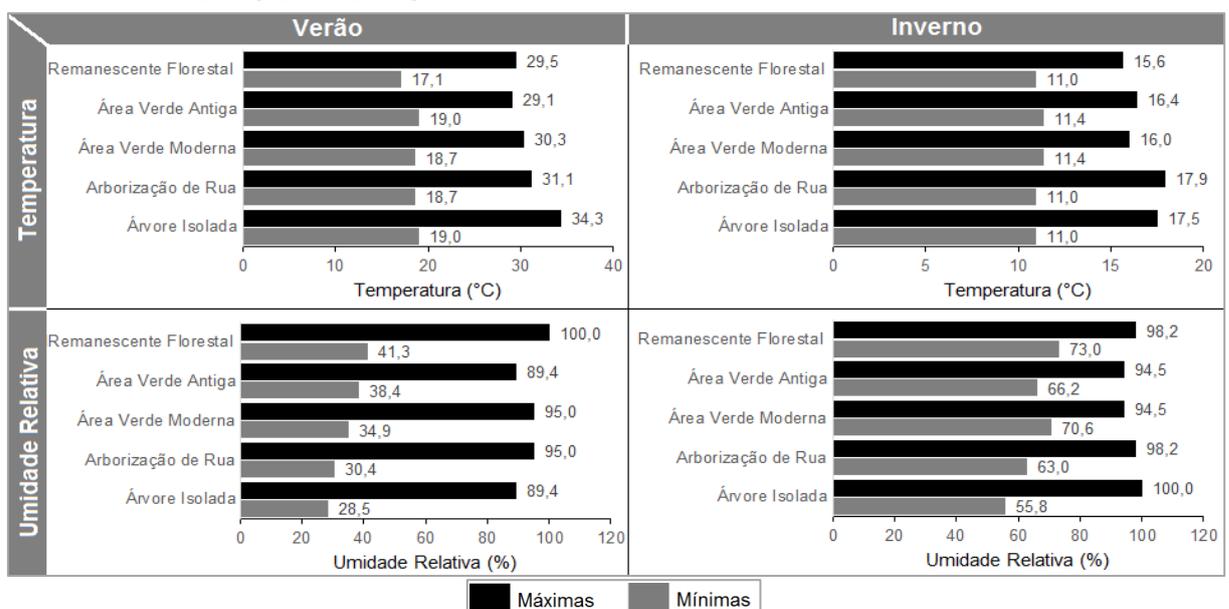
A menor variação de umidade relativa média foi registrada no Remanescente Florestal e na Área Verde Moderna, já a maior ocorreu nos exemplares de Árvore Isolada. A análise por estação do ano permite observar que a menor variação no verão ocorreu na Área Verde Antiga e no inverno no Remanescente Florestal. A maior variação no verão ocorreu na Arborização de Ruas e no inverno nos exemplares de Árvore Isolada.

A menor variação de umidade relativa entre às áreas observada por tipologia de floresta urbana, verificou-se no João Paulo II (Remanescente Florestal), Praça Carlos Gomes (Área Verde Antiga), Praça N. Sra. de Salette (Área Verde Moderna), Rua Brigadeiro Franco (Arborização de Ruas) e exemplar de *Lafoensia pacari* (Árvore Isolada).

Em todas as tipologias foi possível observar que a amplitude de temperatura e a variação da umidade relativa foram maiores no verão do que no inverno, sendo em média 5,5 °C e 28 unidades mais alta.

Ao se analisar os valores máximos e mínimos de temperatura e umidade relativa registrados em cada tipologia, por estação do ano pode-se verificar essa mesma tendência (FIGURA 14).

FIGURA 14 - VALORES EXTREMOS DE TEMPERATURA E UMIDADE RELATIVA DO AR NO VERÃO E INVERNO



FONTE: O autor (2016).

A temperatura máxima no verão foi mais alta nos exemplares de Árvore Isolada e mais baixa na Área Verde Antiga. No inverno, foi mais alta na Arborização de Ruas e mais baixa no Remanescente Florestal. A temperatura mínima no verão foi mais alta na Área Verde Antiga e Árvore Isolada e mais baixa no Remanescente Florestal. No inverno os valores foram semelhantes entre as tipologias. O Remanescente Florestal, Arborização de Ruas e Árvore Isolada apresentaram registro mínimo de 11°C e a Área Verde Antiga e Moderna registraram 11,4 °C.

A umidade relativa máxima no verão foi mais alta no Remanescente Florestal e mais baixa na Área Verde Antiga e Árvore Isolada. No inverno, foi mais alta nos exemplares de Árvore Isolada e mais baixa na Área Verde Antiga e Moderna. A umidade relativa mínima, no verão e inverno, foi mais alta no Remanescente Florestal e mais baixa nos exemplares de Árvore Isolada.

Vale destacar que a temperatura mínima sofre pouca variação entre as tipologias, sendo que no inverno o valor registrado foi semelhante entre todas as áreas. Este resultado indica que na estação mais fria a vegetação não proporciona um ambiente mais frio, como já observado por Martini, Biondi e Batista (2013).

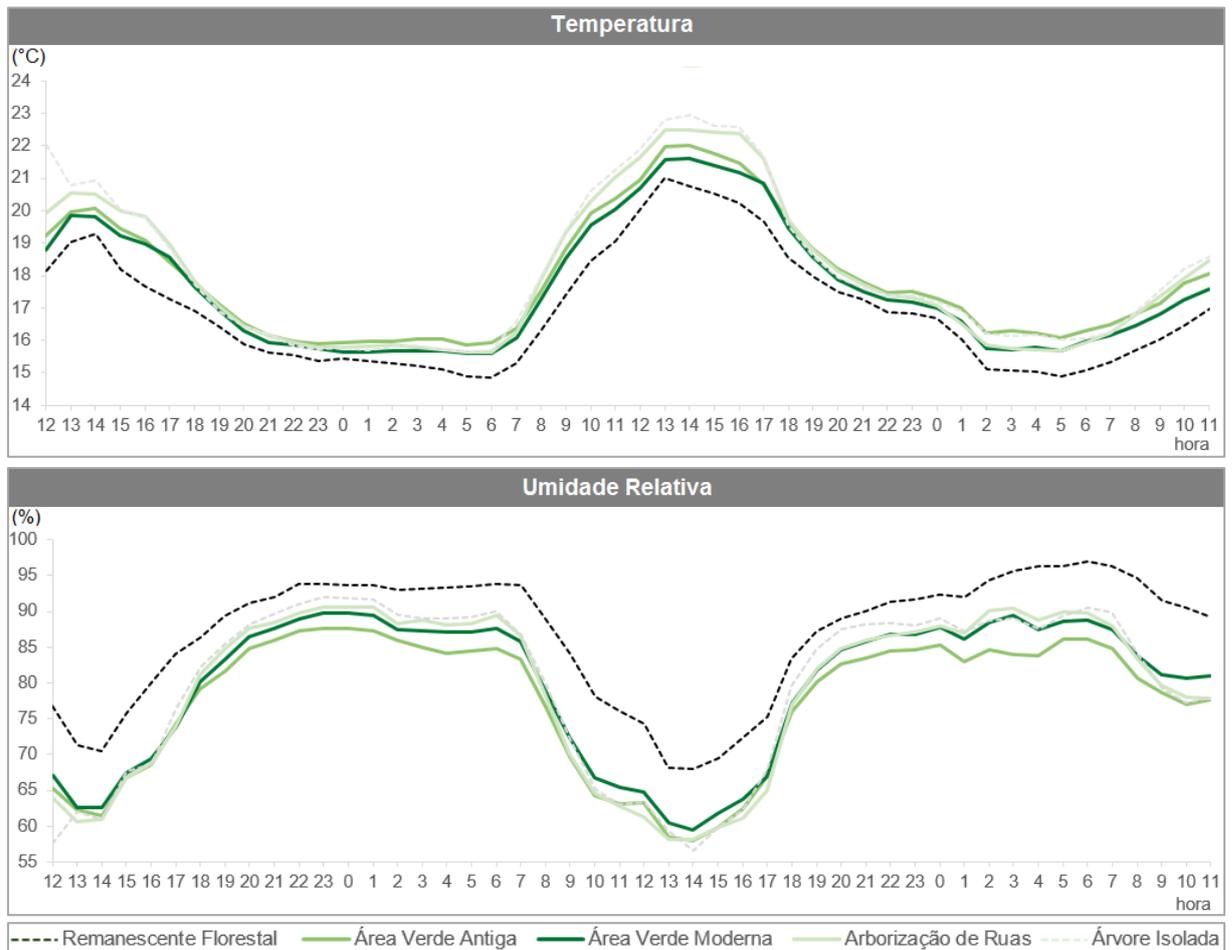
4.3.3 Comportamento periódico das variáveis meteorológicas

O gráfico elaborado com os valores médios de temperatura e umidade relativa, a cada hora, permitem observar detalhadamente as diferenças de comportamento das variáveis meteorológicas em cada tipologia de floresta urbana (FIGURA 15).

Para a variável temperatura é possível notar que a curva do Remanescente Florestal sempre esteve abaixo das demais. De modo geral, acima desta curva encontra-se a da Área Verde Moderna, seguida pela Área Verde Antiga, Arborização de Ruas e Árvore Isolada. No entanto, ao longo do período foi possível observar variações no comportamento dessas quatro tipologias.

Crow et al. (2016), ao analisar as diferentes paisagens do Jardim Botânico de Singapura, também constataram que a curva referente ao comportamento periódico da variável temperatura na área com floresta mais densa sempre esteve abaixo das demais áreas com menos vegetação.

FIGURA 15 - COMPORTAMENTO PERIÓDICO DAS VARIÁVEIS METEOROLÓGICAS EM CADA TIPOLOGIA DE FLORESTA URBANA



FONTE: O autor (2016).

O comportamento da variável umidade relativa foi o inverso ao da temperatura. Nesta, a curva do Remanescente Florestal esteve sempre acima das demais e novamente houve variação entre o comportamento das demais tipologias, não sendo possível afirmar qual tendência foi seguida. Estudos anteriores já demonstraram esta situação, maiores valores de umidade relativa nas áreas mais vegetadas em relação às com pouca vegetação (FONTES; DELBIN, 2001; LIMA; ROMERO, 2005). Segundo Silva Filho et al. (2005), as árvores funcionam como bombas de água autorreguláveis, pois abrem os estômatos quando existe disponibilidade de água e calor, refrescando o ambiente através da evapotranspiração e as fecham quando situações adversas ocorrem, preservando condições agradáveis e condicionando o clima urbano.

A diferença de comportamento entre as tipologias de floresta urbana é mais acentuada entre às 13 e 17h para a variável temperatura, sempre com menores valores para a tipologia Remanescente Florestal. Para Ochoa de La Torre (1999), as

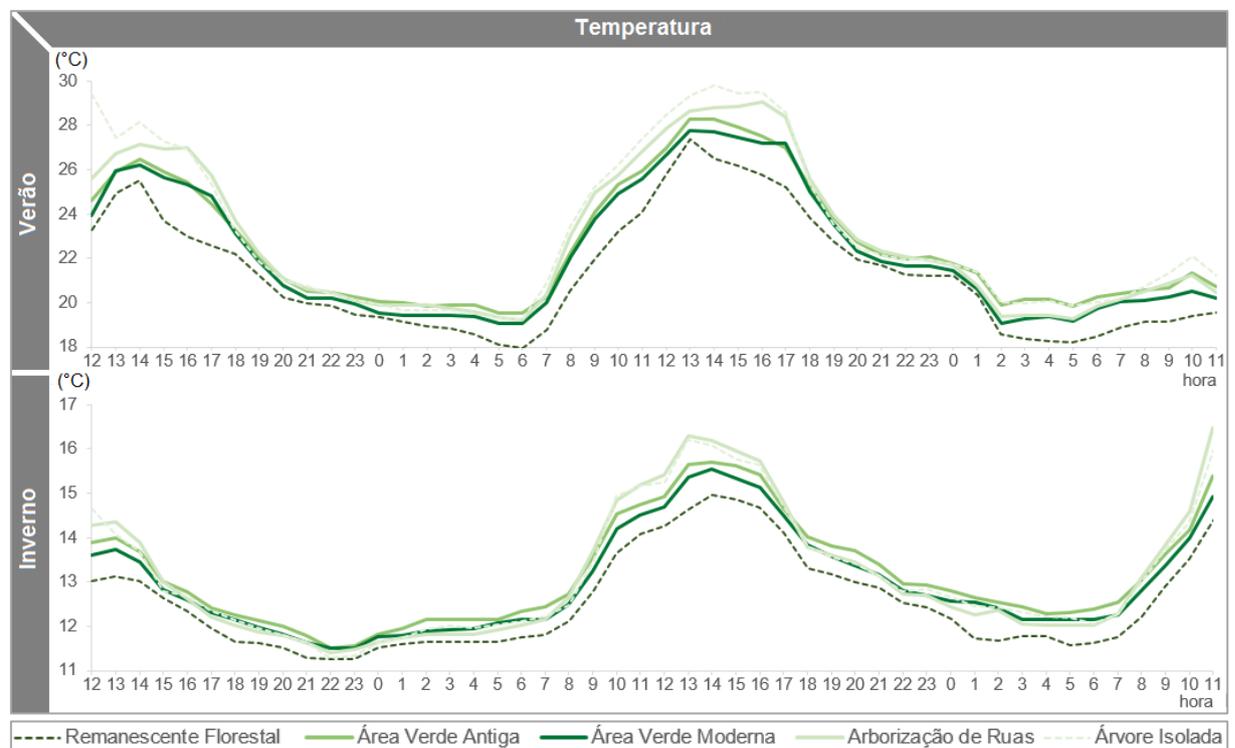
oscilações de temperatura são menores nas áreas mais arborizadas do que nas áreas com menor cobertura arbórea, principalmente porque a radiação emitida pelo solo durante a noite é refletida de novo até o solo pela folhagem das árvores e, durante o dia a vegetação impede que a radiação direta chegue até o solo.

Amorim e Leder (2012), analisando a influência climática de um remanescente de Mata Atlântica em João Pessoa-PB verificaram que a maior variação entre os valores registrados nas áreas de estudos ocorreu exclusivamente às 13h, não se estendendo no restante da tarde, como visto no presente estudo.

O pico mais alto da curva do Remanescente Florestal (13h) ocorreu uma hora antes das demais tipologias (14h). Já o valor mínimo para todas as tipologias ocorreu no mesmo horário (6h). Estes resultados são diferentes dos observados por Amorim e Leder (2012), onde as temperaturas mínimas e máximas, ocorreram respectivamente às 5 e 13h.

A variação do comportamento das diferentes tipologias de floresta urbana em cada estação também foi analisada por gráficos (FIGURA 16).

FIGURA 16 - COMPORTAMENTO PERIÓDICO DA TEMPERATURA DO AR EM CADA TIPOLOGIA DE FLORESTA URBANA NO VERÃO E INVERNO



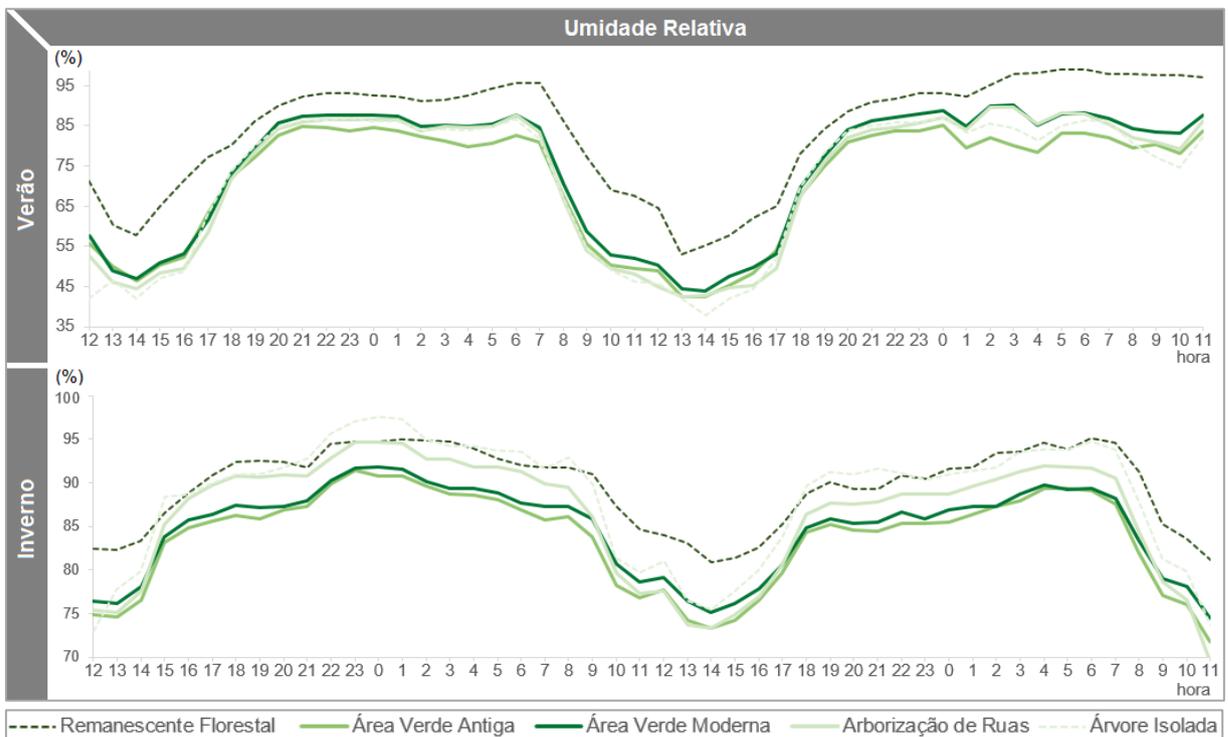
FONTE: O autor (2016).

No comportamento periódico observa-se a mesma tendência apresentada pela análise geral, para a variável temperatura, exceto para a tipologia Arborização de Ruas, que no inverno apresentou comportamento distinto, onde na maior parte do período esteve acima da curva estabelecida para os valores de Árvore Isolada.

Vale salientar que, o ponto mais alto da curva ocorreu antes para as tipologias Remanescente Florestal, Área Verde Antiga e Área Verde Moderna (13h), do que pra Arborização de Ruas (14h) e Árvore Isolada (16h). No inverno ocorreu o contrário, a Árvore Isolada e Arborização de Ruas atingiram o pico máximo às 13h e o Remanescente Florestal, Área Verde Antiga e Área Verde Moderna somente alcançam o pico uma hora depois (14h). Com relação ao menor valor, todos ocorreram na mesma hora que o observado também na análise geral.

Observa-se na FIGURA 17, que a diferença de comportamento entre as tipologias de floresta urbana para a umidade relativa é mais acentuada no verão do que no inverno. É possível deduzir que a umidade foi maior no verão, porque a evapotranspiração aumenta durante este período, quando as plantas estão biologicamente ativas (HAMADA; OHTA, 2010).

FIGURA 17 - COMPORTAMENTO PERIÓDICO DA UMIDADE RELATIVA DO AR EM CADA TIPOLOGIA DE FLORESTA URBANA NO VERÃO E INVERNO



FONTE: O autor (2016).

Também se verificou alteração de comportamento para as tipologias Arborização de Ruas e Árvore Isolada, que na maior parte do tempo apresentaram valores maiores do que as de Área Verde Antiga e Área Verde Moderna, principalmente na estação do inverno.

Ao analisar mais detalhadamente o comportamento periódico das variáveis meteorológicas, constatou-se que há variação entre o período do dia e da noite. A diferença entre as tipologias foi mais acentuada durante o dia (3 °C no verão e 0,7 °C no inverno) e menos expressiva a noite (1,1 °C no verão e 0,5 °C no inverno). Durante o dia, a Arborização de Ruas e Árvore Isolada foram as tipologias que apresentaram maiores valores de temperatura, no entanto, durante a noite isso não aconteceu, a tipologia Área Verde Antiga foi a que apresentou maiores valores de temperatura. O inverso ocorreu para a umidade relativa. Estes resultados também foram encontrados por Hamada e Ohta (2010).

O gráfico elaborado com os valores médios de temperatura, a cada hora, permite observar detalhadamente as diferenças de comportamento das variáveis meteorológicas em cada área e por estação do ano (APÊNDICES 4 a 7).

4.3.4 Diferenças microclimáticas entre as tipologias

A diferença microclimática entre as tipologias, calculada com base na diferença de cada área para a estação oficial do SIMEPAR (TABELA 7), permite analisar quantitativamente o comportamento das tipologias em cada estação e período do dia.

Observa-se no verão, que a temperatura no Remanescente Florestal e Área Verde Moderna apresentaram médias inferiores às registradas pela estação oficial, sendo a diferença de 1,2 e 0,2 °C respectivamente para cada área. Nas demais tipologias a temperatura média foi maior do que na estação oficial, sendo em média 0,1 °C mais alta na Área Verde Antiga, 0,4 °C na Arborização de Ruas e 0,7 °C nos exemplares de Árvore Isolada. No inverno, o Remanescente Florestal apresentou temperaturas inferiores (em média 0,2 °C menor). As demais tipologias apresentaram valores superiores do que os registrados pela estação oficial, sendo em média 0,4 °C mais elevado na Área Verde Antiga, 0,2 °C na Área Verde Moderna e 0,3 °C na Arborização de Ruas e Árvore Isolada.

TABELA 7 - DIFERENÇA MICROCLIMÁTICA PROPORCIONADA POR CADA TIPOLOGIA DE FLORESTA URBANA NO VERÃO E INVERNO E POR PERÍODO

Tipologias de Floresta Urbana		Verão			Inverno		
		Máx	Mín	Média	Máx	Mín	Média
Temperatura (°C)							
Remanescente Florestal	Dia	2,63	-0,27	0,18	2,03	-0,51	-0,05
	Noite	7,14	1,27	2,35	3,31	-0,82	0,61
	Total	2,63	0,57	1,18	2,03	-0,82	0,25
Área Verde Antiga	Dia	1,71	-1,76	-1,36	1,29	-1,15	-0,75
	Noite	6,36	-0,33	1,29	2,60	-1,11	0,06
	Total	1,71	-1,03	-0,15	1,29	-1,11	-0,38
Área Verde Moderna	Dia	2,22	-1,48	-1,07	1,45	-0,87	-0,51
	Noite	6,77	0,16	1,77	2,92	-1,06	0,23
	Total	2,22	-0,54	0,23	1,45	-1,06	-0,17
Arborização de Ruas	Dia	0,95	-1,84	-1,97	0,70	-0,85	-0,90
	Noite	6,25	-0,03	1,49	2,86	-0,94	0,31
	Total	0,95	-0,73	-0,38	0,70	-0,94	-0,35
Árvore Isolada	Dia	0,20	-2,42	-2,43	0,78	-0,91	-0,83
	Noite	6,63	-0,05	1,41	2,88	-0,94	0,24
	Total	0,20	-0,75	-0,67	0,78	-0,94	-0,34
Umidade relativa (%)							
Remanescente Florestal	Dia	4,91	8,77	6,53	-2,96	3,66	0,01
	Noite	3,61	12,99	9,80	-3,11	8,48	1,33
	Total	3,61	8,77	8,03	-3,11	3,66	0,62
Área Verde Antiga	Dia	-9,81	-1,78	-7,86	-8,61	-3,93	-6,76
	Noite	-7,54	4,15	-1,29	-7,35	3,61	-3,75
	Total	-7,54	-1,78	-4,85	-7,35	-3,93	-5,38
Área Verde Moderna	Dia	-6,20	-0,39	-5,82	-7,43	-2,05	-5,28
	Noite	-4,14	8,47	3,20	-6,38	4,52	-3,12
	Total	-4,14	-0,39	-1,68	-6,38	-2,05	-4,29
Arborização de Ruas	Dia	-7,17	-1,82	-8,63	-4,90	-3,84	-5,07
	Noite	-4,46	6,43	2,23	-3,45	6,73	-0,42
	Total	-4,46	-1,82	-3,65	-3,45	-3,84	-2,94
Árvore Isolada	Dia	-8,88	-6,54	-9,57	-1,82	-1,74	-2,73
	Noite	-5,47	8,26	1,46	-0,58	16,77	1,85
	Total	-5,47	-6,54	-4,51	-0,58	-1,74	-0,63

FONTE: O autor (2016).

NOTA: Os valores de temperatura das tipologias foram subtraídos dos valores oficiais, para os valores de umidade relativa o cálculo foi o inverso, os valores oficiais foram subtraídos dos registrados em cada tipologia.

A temperatura máxima foi menor em todas as tipologias nas duas estações do ano, sendo a maior diferença média observada no Remanescente Florestal (2,6°C) e a menor nos exemplares de Árvore Isolada (0,2 °C), ambas no verão. Já as temperaturas mínimas, nas duas estações, foram maiores nas diferentes tipologias do

que na estação oficial, exceto para o Remanescente Florestal na estação do verão, onde a mínima foi 0,6 °C menor.

A diferença de temperatura é mais acentuada durante a noite. Pode-se observar em todas as tipologias que a diferença de temperatura máxima durante o dia foi em média 5,1 °C menor do que à noite no verão e 1,7 °C no inverno. Para a temperatura mínima, durante o dia a diferença foi menor em 1,8 °C no verão e maior em 0,1 °C no inverno. Com relação à temperatura média, observa-se que os valores durante a noite sempre foram menores nas diferentes tipologias de floresta urbana, sendo que no verão as diferenças de temperaturas durante o dia foram em média 3°C maiores do que durante a noite, e no inverno 0,9 °C.

Segundo Hamada e Ohta (2010), as diferenças no fator de visão do céu e nas propriedades térmicas em relação ao armazenamento de calor é que provocam as diferenças na atenuação da temperatura durante a noite, enquanto que durante o dia, as diferenças de radiação controlam esse efeito.

No Remanescente Florestal a umidade relativa média foi maior do que nos dados registrados pela estação oficial, no verão (8 °C) e inverno (0,6 °C). Nas demais tipologias os valores médios de umidade relativa foram sempre inferiores. No verão, os valores em média foram 4,8 unidades menores na Área Verde Antiga, 1,7 unidades na Área Verde Antiga, 3,6 unidades na Arborização de Ruas e 4,5 unidades nos exemplares de Árvore Isolada. No inverno, foi em média 5,4 unidades menores na Área Verde Antiga, 4,3 unidades na Área Verde Moderna, 2,9 unidades na Arborização de Ruas e 0,6 unidades nos exemplares de Árvore Isolada.

No verão a umidade relativa máxima do Remanescente Florestal foi 3,6 unidades mais alta do que nos dados da estação oficial, na Área Verde Antiga foi 7,5 unidades mais baixa, assim como na Área Verde Moderna (4,1 unidades), Arborização de Ruas (4,5 unidades) e Árvore Isolada (5,5 unidades). Já no inverno, a umidade relativa mínima do Remanescente Florestal foi 3,7 unidades mais alta do que nos dados da estação oficial, na Área Verde Antiga foi 3,9 unidades mais baixa, assim como na Arborização de Ruas (3,8 unidades), Área Verde Moderna (2,0 unidades) e Árvore Isolada (1,7 unidades).

A diferença de umidade relativa nas tipologias também foi mais acentuada durante o dia, exceto para o Remanescente Florestal. Pode-se observar em todas as tipologias que a diferença de umidade relativa máxima durante o dia foi em média 1,8 unidades maior do que à noite no verão e 1,0 °C no inverno. Para a umidade relativa

mínima, durante o dia a diferença foi maior em 8,4 unidades no verão e 9,6 unidades no inverno. A diferença de umidade relativa média foi 8,1 unidades maior durante o dia do que à noite no verão e 3,1 unidades no inverno. Estes resultados corroboram com Fortuniak, Klysik e Wibig (2006). Os autores afirmam que na área urbana, geralmente, é verificado maior contraste da umidade relativa do ar durante o dia e mais baixo durante à noite.

De modo geral é possível afirmar que no verão as diferenças de temperatura e umidade relativa entre as áreas são mais acentuadas do que no inverno. Contudo, verificaram-se variações entre as diferenças microclimáticas apresentadas pelas diferentes tipologias de floresta urbana. Resultado que demonstra como o microclima urbano é complexo e está relacionado com o ambiente externo (YAHIA; JOHANSSON, 2012).

4.3.5 Influência das características físicas

As características mensuradas em cada área foram correlacionadas com os valores médios totais de temperatura e umidade relativa, bem como separados por estação do ano (TABELA 8).

TABELA 8 - ANÁLISE DE CORRELAÇÃO SIMPLES APLICADA PARA CADA ELEMENTO DE COMPOSIÇÃO E VARIÁVEL METEOROLÓGICA

Elemento de composição	Temperatura			Umidade relativa		
	Média	Verão	Inverno	Média	Verão	Inverno
Comprimento da área (m)	-0,50	-0,53	-0,38	0,50	0,53	0,42
Cobertura arbórea (m ²)	-0,45	-0,49	-0,39	0,52	0,55	0,46
Fator de visão do céu	0,58	0,66	0,39	-0,34	-0,40	-0,23
Índice de Área Foliar (m ² /m ²)	0,51	0,59	0,32	-0,28	-0,34	-0,18
Altitude (m)	-0,31	-0,23	-0,35	0,42	0,35	0,49
Iluminamento (Lux)	0,42	0,50	0,24	-0,26	-0,29	-0,19
Número de indivíduos	-0,75	-0,73	-0,74	0,70	0,68	0,68
Densidade de árvores (ind./ha)	-0,75	-0,73	-0,74	0,70	0,68	0,68
Altura (m)	-0,47	-0,52	-0,19	0,32	0,40	0,18
DAP das árvores (cm)	0,07	0,06	0,18	-0,22	-0,16	-0,31
Altura dossel (m)	-0,45	-0,48	-0,15	0,38	0,43	0,29
Espaçamento entre árv. (m)	0,64	0,70	0,46	-0,49	-0,53	-0,39
Permeabilidade (%)	-0,68	-0,73	-0,49	0,47	0,52	0,37

FONTE: O autor (2016).

NOTA: sinais negativos indicam relação inversa entre as variáveis.

Observa-se que a maior correlação encontrada foi com o número de indivíduos por amostra e conseqüentemente com a densidade de árvores, tanto para temperatura como para umidade relativa. Os valores indicaram que estas variáveis foram as únicas que exerceram forte correlação, junto com a taxa de permeabilidade para a variável temperatura.

As variáveis altitude e DAP das árvores apresentaram fraca correlação com a temperatura média e as variáveis fator de visão do céu, iluminamento, altura das árvores e DAP das árvores apresentaram fraca correlação com a umidade relativa. As demais variáveis apresentaram correlação média com a temperatura e umidade relativa do ar.

As variáveis cobertura arbórea, altitude e DAP se correlacionaram melhor com a umidade relativa do que com a temperatura. Para todas as variáveis, de um modo geral foram encontrados valores mais expressivos durante o verão.

A análise de correlação indica que 75% da variação da temperatura pode ser explicado pelo número de indivíduos, ou seja, pela quantidade de árvores. Este elemento também é responsável por explicar 70% da variação da umidade relativa. Os outros elementos que mais influenciaram as variáveis meteorológicas foram taxa de permeabilidade, comprimento da área, quantidade de cobertura arbórea, fator de visão do céu, índice de área foliar e espaçamento entre árvores.

4.4 INFLUÊNCIA DAS DIFERENTES TIPOLOGIAS DE FLORESTA URBANA NO MICROCLIMA

4.4.1 Microclimas no interior da área de monitoramento e na rua adjacente

Os resultados da comparação entre o microclima do interior da área de monitoramento com o microclima do transecto percorrido mostraram diferenças estatísticas significativas entre o microclima interno e externo às tipologias de floresta urbana para a maioria das variáveis analisadas (TABELA 9).

É possível observar que para as variáveis temperatura e umidade relativa houve diferença estatística entre os valores de temperatura dentro e fora da área de estudo para todas as tipologias de floresta urbana, sempre com menores valores de temperatura e maiores de umidade relativa no interior das áreas. A variável velocidade do vento foi estatisticamente distinta entre os registros dentro e fora no Remanescente

Florestal e Arborização de Ruas, nas demais a diferença não foi significativa.

TABELA 9 - MICROCLIMA NO INTERIOR DAS TIPOLOGIAS DE FLORESTA URBANA E NO TRANSECTO MÓVEL PERCORRIDO COM ANÁLISE ESTATÍSTICA (TESTE T)

Tipologias	Temperatura (°C)			Umidade relativa (%)			Velocidade do vento (m/s)		
	dentro	fora	test t	dentro	fora	test t	dentro	fora	test t
Remanescente Florestal	22,6	26,5	18,0**	58,2	45,3	19,8**	0,1	0,8	17,7**
Área Verde Antiga	24,7	26,8	16,0**	41,0	39,0	3,0**	0,8	0,9	0,3 ^{ns}
Área Verde Moderna	22,1	24,0	10,7**	57,7	54,5	14,3**	0,9	0,9	0,9 ^{ns}
Arborização de Ruas	22,8	24,6	13,5**	52,1	50,6	2,7**	0,7	1,1	7,1**
Árvore Isolada	22,3	24,4	13,6**	49,8	46,5	8,4**	1,0	0,8	1,8 ^{ns}

FONTE: O autor (2016).

NOTA: (ns) não significativo; (*) significativo a 5% de probabilidade; (**) significativo a 1% de probabilidade pelo teste t de Student.

Outros estudos também demonstraram que as temperaturas do ar nos parques são tipicamente menores do que no ambiente urbano circundante (VANOS et al., 2012). 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 (impermeabilização) são mais facilmente influenciados pelas condições de tempo, velocidade do vento e radiação solar.

Além disso, estes resultados também refletem o efeito do calor antropogênico proveniente da estrutura urbana, composta por superfície impermeável das edificações e revestimentos das ruas, que proporcionam diferenças termohigrométricas significativas (LEAL et al., 2014).

Observa-se no interior do Remanescente Florestal que a temperatura foi 3,9°C menor do que no transecto percorrido, a umidade relativa foi maior em 12,9 unidades e a velocidade do vento 0,7 m/s menor. Na Área Verde Antiga a temperatura no interior foi 2,1 °C menor, a umidade relativa foi maior em 2 unidades e a velocidade do vento 0,1 m/s menor. Na Área Verde Moderna a temperatura no interior foi 2,0 °C menor, a umidade relativa foi maior em 3,2 unidades e a velocidade do vento foram iguais. Na Arborização de Ruas a temperatura no interior foi 1,8 °C menor, a umidade relativa foi maior em 1,5 unidades e a velocidade do vento 0,4 m/s menor. Para os exemplares de Árvore Isolada, a temperatura no interior foi 2,1 °C menor, a umidade relativa foi maior em 3,4 unidades e a velocidade do vento 0,2 m/s maior.

A análise realizada separadamente para cada estação do ano mostrou essa mesma tendência, com diferenças estatísticas significativas entre o microclima interno e externo às tipologias para a maioria das variáveis analisadas (TABELA 10).

TABELA 10 - MICROCLIMA NO INTERIOR DAS TIPOLOGIAS DE FLORESTA URBANA E NO TRANSECTO MÓVEL PERCORRIDO, COM ANÁLISE ESTATÍSTICA (TESTE t) NO VERÃO E INVERNO

Tipologias	Temperatura (°C)			Umidade relativa (%)			Velocidade do vento (m/s)		
	dentro	fora	test t	dentro	fora	test t	dentro	fora	test t
Verão									
Remanescente Florestal	28,7	32,9	20,9**	52,9	43,3	13,5**	0,1	0,7	11,9**
Área Verde Antiga	29,8	32,0	11,7**	39,7	37,1	2,7**	0,8	0,9	1,7 ^{ns}
Área Verde Moderna	26,3	28,3	16,2**	58,3	54,6	5,9**	1,0	1,0	0,1 ^{ns}
Arborização de Ruas	27,7	29,9	14,9**	52,3	49,8	4,9**	0,8	1,1	3,5**
Árvore Isolada	27,3	28,5	8,5**	56,2	52,7	8,3**	1,4	1,1	1,7 ^{ns}
Inverno									
Remanescente Florestal	16,6	20,0	7,6**	63,5	47,4	20,0**	0,0	0,8	15,6**
Área Verde Antiga	19,5	21,6	6,9**	42,3	41,0	2,0 *	0,9	0,8	1,7 ^{ns}
Área Verde Moderna	17,8	19,7	6,6**	57,1	54,3	4,5**	0,8	0,7	1,4 ^{ns}
Arborização de Ruas	17,9	19,3	7,5**	52,0	51,5	0,6 ^{ns}	0,6	1,1	6,6**
Árvore Isolada	17,3	20,3	13,0**	43,4	40,4	6,0**	0,6	0,5	0,9 ^{ns}

FONTE: O autor (2016).

NOTA: (ns) não significativo; (*) significativo a 5% de probabilidade; (**) significativo a 1% de probabilidade pelo teste t de Student.

Estes resultados permitem observar detalhadamente a ação de cada tipologia de floresta urbana nas diferentes estações do ano, enfatizando os detalhes que cada tipologia proporciona ao microclima, o que é importante segundo Cao et al. (2010). O autor afirma que os parques urbanos podem ajudar a mitigar os efeitos de ilha de calor urbano, no entanto, ainda não se sabe exatamente como as características desses parques podem afetar a formação de uma ilha de frescor.

Notou-se, para a variável temperatura diferença estatística entre os valores de temperatura dentro e fora da área de estudo para todas as tipologias de floresta urbana, sempre com menores valores no interior das áreas. Para a umidade relativa também se verificou diferença estatística, exceto para a tipologia Arborização de Ruas na estação do inverno. A variável velocidade do vento foi estatisticamente distinta entre os registros dentro e fora na tipologia Remanescente Florestal e Arborização de Ruas, para ambas as estações do ano e nas demais a diferença não foi significativa.

No verão, a temperatura no interior do Remanescente Florestal foi 4,2 °C menor do que no transecto percorrido, a umidade relativa foi maior em 9,6 unidades e a velocidade do vento 0,6 m/s menor. Na Área Verde Antiga a temperatura no interior foi 2,2 °C menor, a umidade relativa foi maior em 2,7 unidades e a velocidade do vento 0,2 m/s menor. Na Área Verde Moderna a temperatura no interior foi 1,9 °C menor, a umidade relativa foi maior em 3,6 unidades e a velocidade do vento foi igual. Na Arborização de Ruas a temperatura no interior foi 2,3 °C menor, a umidade relativa foi

maior em 2,6 unidades e a velocidade do vento 0,3 m/s menor. Para os exemplares de *Árvore Isolada*, verificou-se que a temperatura no interior foi 1,2 °C menor, a umidade relativa foi maior em 3,5 unidades e a velocidade do vento 0,2 m/s maior.

No inverno, a temperatura no interior do Remanescente Florestal foi 3,5 °C menor do que no transecto percorrido, a umidade relativa foi maior em 16,1 unidades e a velocidade do vento 0,8 m/s menor. Na *Área Verde Antiga* a temperatura no interior foi 2,1 °C menor, a umidade relativa foi maior em 1,3 unidades e a velocidade do vento 0,1 m/s maior. Na *Área Verde Moderna* a temperatura no interior foi 1,8 °C menor, a umidade relativa foi maior em 2,8 unidades e a velocidade do vento 0,1 m/s maior. Na *Arborização de Ruas* a temperatura no interior foi 1,5 °C menor, a umidade relativa foi maior em 0,5 unidades e a velocidade do vento 0,5 m/s menor. Para os exemplares de *Árvore Isolada*, verificou-se que a temperatura no interior foi 3,0 °C menor, a umidade relativa foi maior em 3,0 unidades e a velocidade do vento 0,1 m/s maior.

Assim, como na presente pesquisa, Andrade e Vieira (2007), em Lisboa (Portugal) também encontraram diferenças entre parques e os arredores construídos durante o verão.

No geral, pode-se afirmar que ao longo do transecto percorrido, a temperatura foi em média 2,3 °C mais elevada do que no interior das tipologias de floresta urbana, a umidade relativa foi menor em 4,6 unidades e a velocidade do vento 0,2 m/s maior, para as duas estações do ano. Esses resultados enfatizam o benefício microclimático proporcionado pelas florestas urbanas, em todas as suas formas (tipologias), mas ainda não é possível afirmar qual a sua influência na melhoria microclimática na parte externa dessas áreas.

Muitos autores já afirmaram que uma área com vegetação arbórea pode manter seu resfriamento interno e também beneficiar as áreas do entorno, pois o ar fresco pode se estender pelas ruas e edifícios da vizinhança, até uma determinada distância a favor do vento (SLATER, 2010; FRYD; PAULEIT; BUHLER, 2011; LIN et al., 2015). Contribuindo de maneira eficaz na redução das temperaturas mais altas geradas pela ilha de calor urbano (BOWLER et al., 2010; UNGER, SAVIC, GAL, 2011).

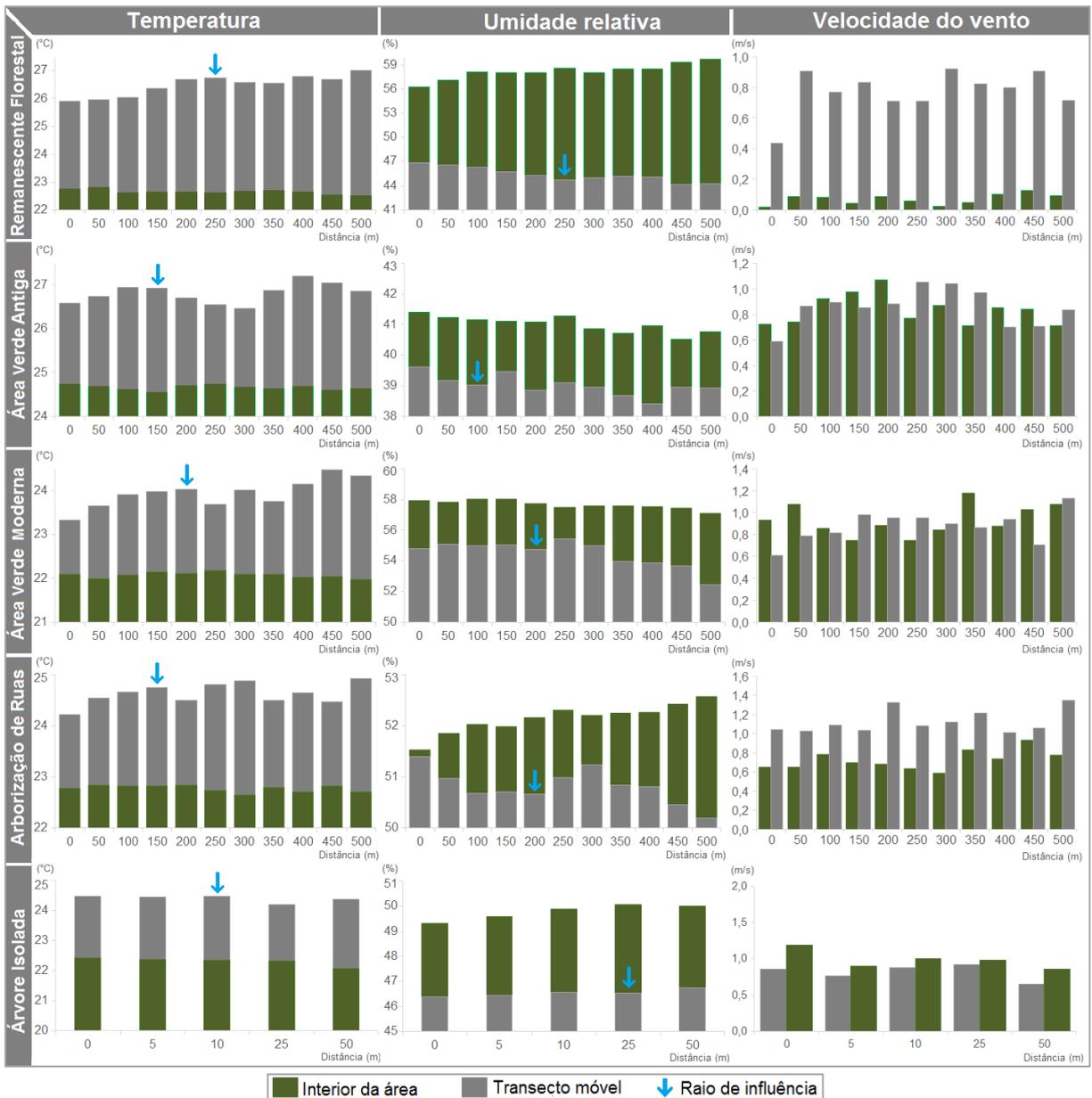
Ainda são poucos os estudos que quantificam essa ação por meio de coletas de dados pontuais para entender de que modo isso acontece, pois os fatores que proporcionam o frescor no entorno de um parque podem não ser os mesmos que determinam o frescor no interior das áreas (CHANG; LI, 2014). Além disso, embora alguns resultados de pesquisas sugiram que o efeito de resfriamento das áreas verdes

possa se estender até as áreas do entorno e melhorar o ambiente térmico, a extensão desse benefício também depende de outros fatores, como a topografia, as estruturas adjacentes e as condições do vento (FRYD; PAULEIT; BUHLER, 2011).

4.4.2 Raio de influência no entorno imediato

Pela análise realizada para determinar o raio de influência que as diferentes tipologias de floresta urbana exercem no seu entorno, constatou-se que há variação da distância conforme a tipologia (FIGURA 18).

FIGURA 18 - MICROCLIMA NO INTERIOR DAS TIPOLOGIAS DE FLORESTA URBANA E NO TRANSECTO MÓVEL PERCORRIDO PARA ANÁLISE DO RAIO DE INFLUÊNCIA



FONTE: O autor (2016).

De modo geral, o raio de influência que a floresta urbana exerce no seu entorno tanto para variável temperatura como umidade relativa foi de 200 m, com exclusão da tipologia de *Árvore Isolada*. Com relação à variável velocidade do vento, não foi possível chegar a alguma conclusão.

Pode-se notar que o *Remanescente Florestal* exerce influência microclimática no entorno até uma distância de 250 m da borda e a *Área Verde Moderna* alcança a distância de 200 m. Esses valores são representativos tanto para temperatura como umidade relativa. Para a tipologia *Área Verde Antiga* a influência na temperatura alcançou 150 m e para umidade relativa 100 m. Na *Arborização de Ruas*, a influência na temperatura foi até 150 m e para umidade relativa 200 m. Para a tipologia *Árvore Isolada* a influência foi até 10 m para temperatura e 25 m para a umidade relativa. A velocidade do vento, como é uma variável com muita oscilação não permite fazer uma afirmação, contudo, no interior das tipologias os valores tendem a ser menores.

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. Este efeito se verifica quando a velocidade do vento é maior que 1,5 m/s, que não foi observado em nenhuma das observações da presente pesquisa. 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.

Para determinação do raio de influência da floresta urbana, o sentido do vento é talvez o fator mais importante a ser analisado. Por esse motivo, na escolha das ruas para realização do percurso, procurou-se padronizar o mesmo sentido geográfico (leste-oeste), condizente com o sentido dos ventos mais frequentes na cidade. No entanto, por ser um elemento meteorológico muito variável, sempre foi determinado antes de cada repetição do caminhamento.

Os resultados referentes ao raio de influência encontrados nesta pesquisa refletem a influência das tipologias de floresta urbana contra o sentido do vento, ou seja, expressam o sentido de menor influência das áreas de estudo, isto ocorreu em 77% das observações (APÊNDICE 8). No entanto, em algumas situações, o transecto móvel foi realizado a favor do vento, como no *Bosque Gutierrez* e *Jardinete Henrique*

Knopholz (no verão) e na Praça Eufrásio Correia (no inverno), o que superestimou os resultados devido a ação do vento favorável. Além disso, na Rua Brigadeiro Franco e Ângelo Lopes (no verão) e Praça Alfredo Andersen e Jardinete Henrique Knopholz (no inverno) o vento foi classificado como neutro, pois o sentido era perpendicular ao caminhamento. Ressalta-se, no entanto, que para cada tipologia não ocorreu mais de uma situação com o vento a favor ou neutro.

Esta linha de pesquisa tem recebido muita atenção nos últimos anos e vários estudos já buscaram determinar o raio de influência que certas áreas verdes exercem no seu entorno, como pode se verificar nos relatos apresentados a seguir.

Em Tóquio (Japão), utilizando modelos numéricos para estimar os efeitos térmicos das áreas verdes nos seus arredores, pesquisadores encontraram um raio de aproximadamente 300 m no sentido do vento (HONJO; TAKAKURA, 1990). Em Tel Aviv (Israel), também por modelos numéricos, verificou-se que o efeito de arrefecimento proporcionado por onze pequenas áreas verdes foi bem perceptível em um intervalo de até 100 m da borda, sendo pequeno, mas ainda significativo (SHASHUA-BAR; HOFFMAN, 2000).

Em Petaling (Malásia), foi realizada uma pesquisa para analisar a influência de três áreas verdes no arrefecimento do seu entorno por meio de imagens de satélite que permitem determinar a temperatura da superfície. Os autores encontraram resultados claramente evidentes até 500 m (BUYADI; WAN MOHD; MISNI, 2014). Em Pequim (China), usando metodologia semelhante, em 30 áreas verdes, verificou-se em média valores inferiores a 300 m, algumas situações atingiram até 840 m (LIN et al., 2015).

Em Nagoya (Japão) por meio de medições em campo a longo prazo, constatou-se que o ar frio gerado sobre o parque urbano Heiwa avançou em média 200-300 m para área residencial adjacente, atingindo até 500 m em alguns casos (HAMADA; OHTA, 2010). Em outra pesquisa no mesmo parque, foram analisadas as condições do entorno e verificou-se que as áreas comerciais foram as que apresentaram menor raio de arrefecimento de 50 a 250 m (HAMADA et al., 2013).

Em Seul (Coreia do Sul), com base em observações locais de temperatura pesquisadores relataram que o grau de arrefecimento que um parque pode alcançar em seus arredores é de 240 m (LEE et al., 2009). Já nos parques Bukit Batok e Clementi Woods, em Singapura, verificou-se influência de aproximadamente 400 m (YU; HIEN, 2006).

No Brasil, em Cuiabá (MT), por meio do método geoestatístico e de transectos móveis, verificou-se que o raio de influência de um fragmento arbóreo sobre o ambiente térmico de um lugar pode variar entre 200 e 500 m, dependendo da época do ano e do horário, alcançando valores maiores no período diurno e reduzindo sua extensão no período noturno (BARROS, 2012).

Em Curitiba, por meio de transectos móveis, já tinha sido verificado anteriormente que a influência do Bosque Capão da Imbuia no seu entorno, durante o outono, foi de aproximadamente 450 m (BIONDI et al., 2011) e do Remanescente Florestal existente no Jardim Botânico a influência observada foi de até 280 m, no inverno (MARTINI et al., 2011).

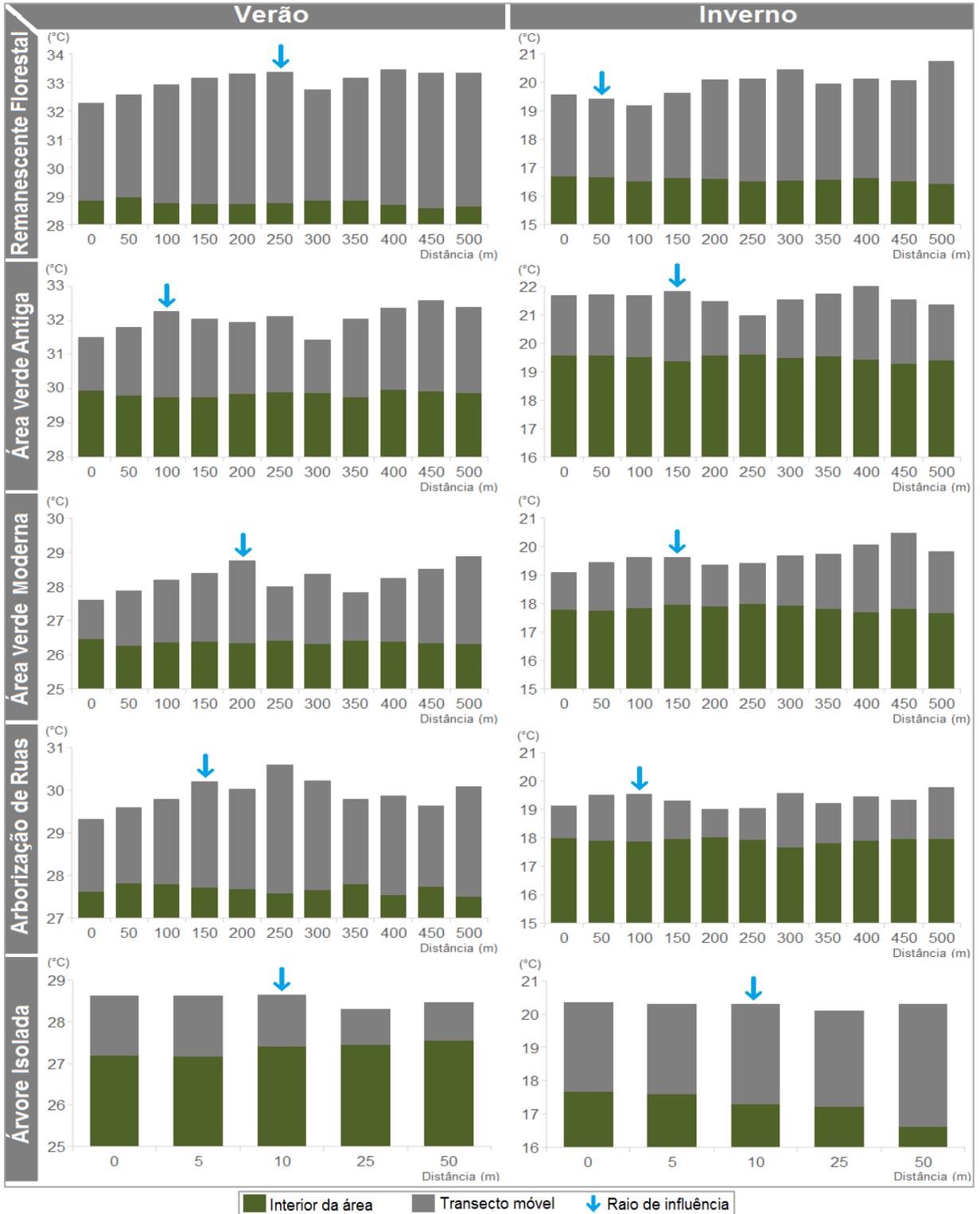
A análise realizada por estação do ano possibilitou observar algumas variações entre os resultados. O raio de influência que a floresta urbana exerce no seu entorno tanto para variável temperatura como umidade relativa foi até 250 m no verão e 150 m no inverno (FIGURAS 19 e 20).

No verão e inverno, apenas a tipologia *Árvore Isolada* se manteve com a mesma distância (10 m) de influência microclimática para a variável temperatura, enquanto a *Área Verde Antiga* aumentou sua distância no inverno (de 100 para 150 m). Todas as outras tipologias tiveram suas distâncias de influência reduzidas no inverno, tais como: o *Remanescente Florestal* (250 para 50 m), a *Área Verde Moderna* (200 para 150 m) e *Arborização de Ruas* (150 para 100 m).

Para a variável umidade relativa observa-se que no verão e inverno o *Remanescente Florestal* exerceu influência até a distância de 250 m da borda, a *Área Verde Antiga* foi até a distância de 100 m e *Árvore Isolada* até 25 m. A *Área Verde Moderna* (200 para 100 m) e a *Arborização de Ruas* (200 para 100 m) diminuíram suas distâncias de influência no inverno.

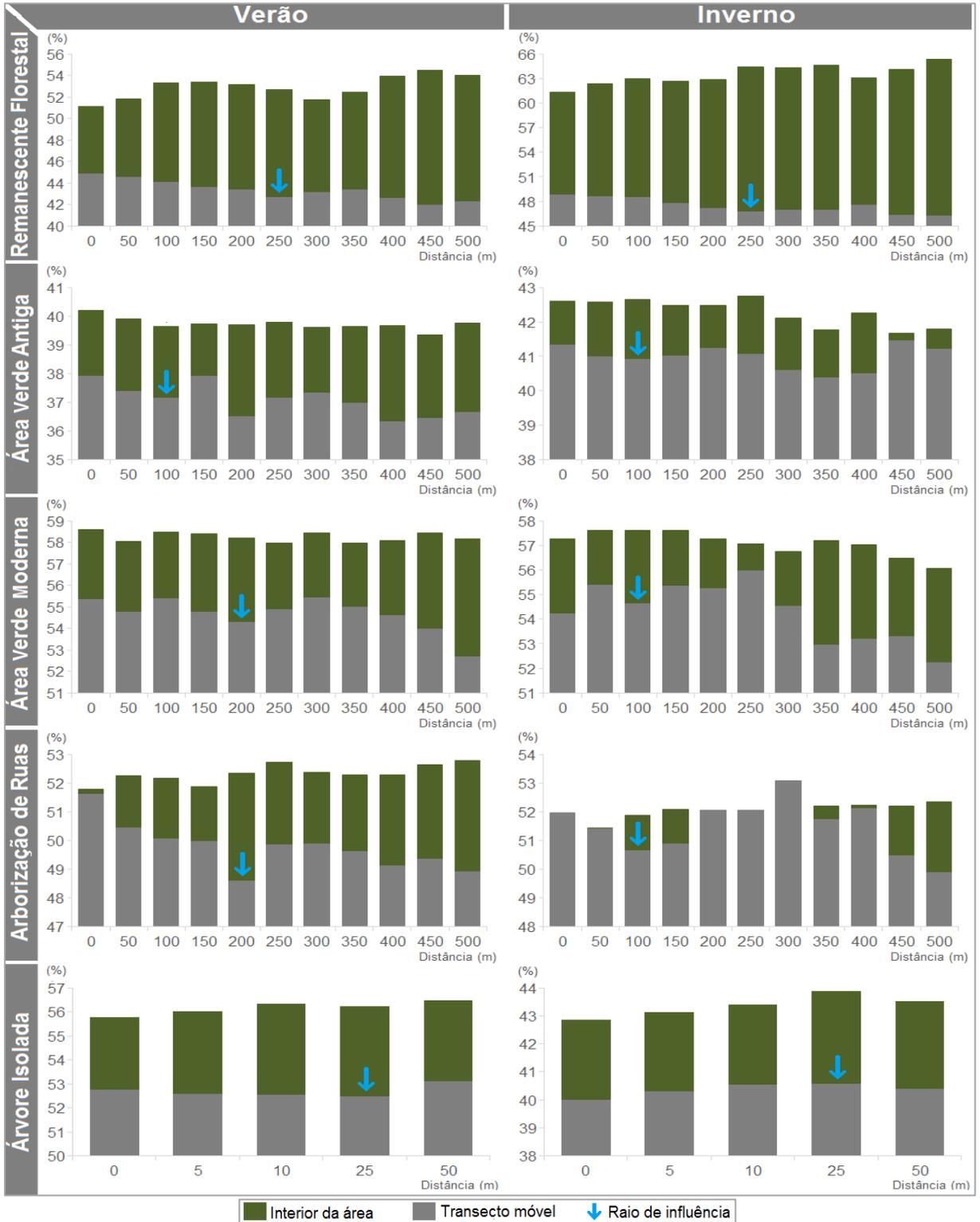
De modo geral, durante o inverno a influência na diminuição da temperatura alcança uma distância menor do que no verão. Já para a umidade relativa se mantém o mesmo raio de influência entre as estações para as tipologias *Remanescente Florestal* e *Área Verde Antiga* *Árvore Isolada*. Para as demais, no inverno a distância também é menor. Hamada e Ohta (2010) também verificaram que o efeito de uma área verde no entorno residencial (em Nagoya) foi mais pronunciado durante o verão.

FIGURA 19 - TEMPERATURA DO AR NO INTERIOR DAS TIPOLOGIAS DE FLORESTA URBANA E NO TRANSECTO MÓVEL PERCORRIDO PARA ANÁLISE DO RAIOS DE INFLUÊNCIA NO VERÃO E INVERNO



FONTE: O autor (2016).

FIGURA 20 - UMIDADE RELATIVA DO AR NO INTERIOR DAS TIPOLOGIAS DE FLORESTA URBANA E NO TRANSECTO MÓVEL PERCORRIDO PARA ANÁLISE DO RAIO DE INFLUÊNCIA NO VERÃO E INVERNO



FONTE: O autor (2016).

4.4.3 Intensidade de influência no entorno imediato

A análise realizada para determinar a intensidade de influência que as diferentes tipologias de floresta urbana exercem no seu entorno constatou que há variação entre as tipologias (FIGURA 21).

FIGURA 21 - INTENSIDADE DE INFLUÊNCIA DAS DIFERENTES TIPOLOGIAS DE FLORESTA URBANA NO ENTORNO IMEDIATO



FONTE: O autor (2016).

De maneira geral, pode-se inferir que a diminuição de temperatura proporcionada pela floresta urbana na borda (0 m) foi em média 0,88 °C, a 50 m de distância foi 0,66 °C, a 100 m foi 0,45 °C, a 150 m foi 0,34°C e a 200 m foi 0,30 °C.

Estes resultados evidenciam que os agrupamentos arbóreos exercem influência em uma escala maior do que uma única árvore. Abreu (2008), em pesquisa com várias espécies da arborização urbana de Campinas-SP, verificou que essa influência ocorre até 15 m do tronco. No entanto, o autor enfatiza que em qualquer situação os resultados dependem das características específicas de cada espécie, tais como estrutura e densidade da copa, tamanho, forma e cor das folhas. Além disso, afirma que as espécies arbóreas que têm maior capacidade de redução da temperatura do microclima urbano são aquelas com a maior capacidade de atenuar a radiação e maiores taxas de evapotranspiração.

A análise realizada por estação do ano permitiu verificar algumas variações na intensidade da influência que a floresta urbana exerce no seu entorno, tanto para variável temperatura como umidade relativa (FIGURA 22).

No verão a diminuição de temperatura proporcionada pela floresta urbana na borda (0 m) foi em média 1 °C, a 50 m de distância foi 0,79 °C, a 100 m foi 0,42 °C, a 150 m foi 0,24 °C e a 200 m foi 0,18 °C. No inverno, a diminuição de temperatura na borda (0 m) foi em média 0,92 °C, a 50 m de distância foi 0,83 °C, a 100 m foi 0,72°C, a 150 m foi 0,57 °C e a 200 m foi 0,41 °C

Para a umidade relativa, foi possível observar no verão, que o aumento dos valores proporcionado pela floresta urbana (com todas tipologias estudadas) na borda (0 m) foi em média de 2,85 unidades, a 50 m de distância foi 1,61 unidades, a 100 m foi 1,51 unidades e a 150 m foi 0,95 unidades. No inverno, o aumento da umidade relativa proporcionado pela floresta urbana na borda (0 m) foi em média 2,40 unidades, a 50 m de distância foi 2,03 unidades e a 100 m foi 1,32 unidades.

Segundo Honjo e Takakura (1990), esse efeito de arrefecimento de uma área verde varia de acordo com o seu tamanho e a proximidade com outras áreas verdes. Já Cao et al. (2010) afirmam que esse efeito pode se estender além do parque, pela largura do parque ou até mesmo mais longe. Além disso, pode decair com o aumento da distância da borda (HAMADA; OHTA, 2010).

A análise por estação do ano demonstra algumas variações, no entanto segue a mesma tendência já apresentada. De modo geral, é possível afirmar que o Remanescente Florestal é a tipologia que exerce maior intensidade de influência no

microclima no entorno da área, seguido pela Área Verde Moderna e Arborização de Ruas.

FIGURA 22 - INTENSIDADE DE INFLUÊNCIA DAS DIFERENTES TIPOLOGIAS DE FLORESTA URBANA NO ENTORNO IMEDIATO NO VERÃO E INVERNO



FONTE: O autor (2016).

A determinação da intensidade de influência não se mostrou uma tarefa fácil e ser realizada, foi preciso atentar-se a vários detalhes da morfologia urbana, além de ter que levar em conta o raio de influência, que também não é simples de determinar em uma área urbana. Dacanal (2011), por exemplo, não conseguiu observar um aquecimento gradual da temperatura do ar ao longo dos transectos móveis, comportamento que demonstraria a relação direta da amenização da temperatura com o distanciamento da floresta urbana. Por isso, concluiu que outros elementos urbanos

possuem forte influência no contexto climático local, podendo anular ou intensificar o efeito mitigador da área verde, tais como: a suscetibilidade aos ventos, a geometria do local e as características térmicas dos materiais de revestimento das superfícies.

Junto a isso, tem-se a densidade da área construída, a cobertura do solo, a altura dos edifícios, a orientação e a largura das ruas que também influenciam nas variáveis microclimáticas devido a quantidade de radiação solar recebida (SHISHEGAR, 2013). Desta forma, é possível que os resultados sejam diferentes no entorno de áreas verdes com ruas mais largas, tráfego de veículos mais pesados e maior quantidade de edifícios, uma vez que estas características poderiam inclusive bloquear o fluxo de arrefecimento de uma área verde (HAMADA; OHTA, 2010).

Portanto, diante dos estudos já desenvolvidos e do detalhamento empregado na presente pesquisa, pode-se afirmar que os resultados encontrados foram satisfatórios e condizentes com a realidade.

4.4.4 Influência das características físicas das áreas selecionadas

A diferença média de temperatura e umidade relativa entre a área externa (transecto móvel) e interna que representam o potencial de arrefecimento foi correlacionada com os valores médios totais de temperatura e umidade relativa, bem como analisada por estação do ano (Tabela 11).

TABELA 11 - ANÁLISE DE CORRELAÇÃO SIMPLES APLICADA PARA CADA ELEMENTO DE COMPOSIÇÃO E OS VALORES DO EFEITO DE ARREFECIMENTO

Elemento de composição	Temperatura			Umidade relativa		
	Média	Verão	Inverno	Média	Verão	Inverno
Comprimento da área (m)	0,40	0,38	0,31	0,65	0,46	0,67
Cobertura arbórea (m ²)	0,43	0,34	0,42	0,70	0,49	0,74
Fator de visão do céu	-0,35	-0,46	-0,11	-0,35	-0,39	-0,29
Índice de Área Foliar (m ² /m ²)	-0,32	-0,43	-0,10	-0,29	-0,34	-0,24
Altitude (m)	0,30	0,28	0,25	0,21	0,24	0,17
Iluminamento (Lux)	-0,22	-0,44	0,14	-0,20	-0,19	-0,19
Número de indivíduos	0,70	0,75	0,44	0,70	0,57	0,69
Densidade de árvores (ind./ha)	0,70	0,75	0,44	0,70	0,57	0,69
Altura (m)	0,23	0,40	-0,06	0,22	0,37	0,13
DAP das árvores (cm)	-0,26	-0,10	-0,40	-0,24	0,03	-0,35
Altura dossel (m)	0,37	0,63	-0,06	0,27	0,28	0,22
Espaçamento entre árv. (m)	-0,18	-0,44	0,16	-0,36	-0,17	-0,41
Permeabilidade (%)	0,31	0,37	0,15	0,46	0,39	0,45

FONTE: O autor (2016).

NOTA: Sinais negativos indicam relação inversa entre as variáveis.

Nesta análise a maior correlação encontrada também foi com o número de indivíduos por amostra e conseqüentemente com a densidade de árvores, tanto para temperatura como para umidade relativa. Os valores indicaram que estas variáveis foram as únicas que exerceram forte correlação para a variável temperatura. Também para a umidade relativa, a cobertura arbórea indicou forte correlação.

Pode-se afirmar que para as demais variáveis, os resultados desta análise foram semelhantes aos já apresentados na análise do microclima. Destaca-se, no entanto, menor interação da variável taxa de permeabilidade.

Ren et al. (2013), ao realizarem um estudo semelhante, encontraram coeficientes sempre maiores do que 0,56. Dentre as variáveis analisadas, verificaram que a maior influência foi gerada pela densidade de copa, seguida pelo índice de área foliar, área basal, altura da árvore, área de cobertura, diâmetro a altura do peito e por último a densidade de árvores.

Na presente pesquisa, a análise de correlação indicou que 70% da influência que a floresta urbana proporciona no entorno imediato pode ser explicado pelo número de árvores. Este elemento também é responsável por explicar 70% da variação da umidade relativa. Os outros elementos que mais influenciaram as variáveis meteorológicas foram: largura da área e quantidade de cobertura arbórea.

Contudo, observou-se diante de todas as análises realizadas, que maiores áreas de cobertura arbórea não demonstram valores expressivamente mais significativos. Desta forma, infere-se que não são necessárias grandes áreas de floresta urbana para promover benefícios microclimáticos no entorno. Embora o microclima apresente diferenças significativas, no entanto, o entorno não é beneficiado na mesma escala.

Portanto do ponto de vista climático é desejável que existam áreas verdes espalhadas em um ambiente urbano, em vez de se concentrarem em um único local, porque o intervalo de arrefecimento proporcionado por qualquer área verde está limitado a algumas centenas de metros (HONJO; TAKAKURA, 1990; HAMADA; OHTA, 2010). Amorim e Leder (2012) também afirmaram que ter maior distribuição de pequenas áreas verdes sobre o espaço urbano produz um efeito mitigador de maior eficiência, por aumentar a área de transição, acentuando o efeito observado na borda.

5 CONCLUSÃO

A floresta urbana proporciona microclimas mais agradáveis, com menores valores de temperatura e maiores valores de umidade relativa, efeito denominado de arrefecimento. Este efeito além de existir no interior das áreas de floresta urbana, estende-se para o entorno imediato, apresentando diferenças de acordo com tipologia.

O benefício microclimático proporcionado pela floresta urbana foi observado tanto na escala do clima local como microclimática, sendo que na escala do clima local os resultados foram mais significativos quando se considerou a cobertura vegetal total (cobertura arbórea mais gramado). As correlações serviram para confirmar que aproximadamente 65% da variação da temperatura na área urbana foi explicado pela quantidade de cobertura arbórea e 71% pela cobertura vegetal. Já a umidade relativa não demonstrou correlação significativa. Destacou-se também nessa análise, que o período da noite foi o que apresentou melhores resultados.

A correlação entre as variáveis analisadas na escala local permite afirmar que para a redução de 1 °C da temperatura são necessários acrescentar 3.381.384,32 m² de cobertura arbórea na cidade ou 6.961.749,64 m² de cobertura vegetal.

A análise microclimática revelou que o microclima do Remanescente Florestal foi estatisticamente distinto das demais tipologias, apresentando a menor média de temperatura e a maior média de umidade relativa. Em contrapartida, a Árvore Isolada foi a tipologia que apresentou maior média de temperatura e a Área Verde Antiga a menor média de umidade relativa. Embora, estatisticamente distintas, a diferença média de temperatura entre as tipologias foi inferior a 1 °C.

Os valores máximos e mínimos das variáveis meteorológicas foram condizentes com os valores médios apresentados. Com relação a amplitude de temperatura, observou-se menor valor na Área Verde Moderna e maior nos exemplares de Árvore Isolada. Para a umidade relativa, a menor variação foi registrada no Remanescente Florestal e na Área Verde Moderna e maior amplitude nos exemplares de Árvore Isolada. Contudo, ocorreram variações de acordo com a estação do ano para as duas variáveis.

A análise do comportamento periódico permitiu verificar que as diferenças entre as tipologias foram mais acentuadas durante o dia e menos expressivas à noite. Durante o dia a Arborização de Ruas e Árvore Isolada foram as tipologias que

apresentaram os maiores valores de temperatura, no entanto, durante a noite a tipologia Área Verde Antiga apresentou os maiores valores. O inverso foi verificado para a umidade relativa

A diferença microclimática entre as tipologias de floresta urbana e os valores oficiais indicaram que a temperatura no Remanescente Florestal e Área Verde Moderna apresentaram médias inferiores às registradas pela estação oficial na estação do verão. Nas demais tipologias a temperatura média foi maior do que na estação oficial.

Com relação à influência das diferentes tipologias de floresta urbana no microclima, foram encontradas diferenças estatísticas entre o microclima interno e externo às tipologias de floresta urbana, para as variáveis temperatura e umidade relativa do ar. Ao longo do transecto percorrido, a temperatura foi em média 2,3 °C mais elevada do que no interior das tipologias de floresta urbana, a umidade relativa foi menor em 4,6 unidades e a velocidade do vento 0,2 m/s maior. A maior diferença de temperatura e umidade relativa entre o ambiente interno e externo foi encontrada no Remanescente Florestal (3,9°C e 12,9 unidades) e a menor na Arborização de Ruas (1,8 °C e 1,5 unidades) com variação nas estações do ano.

O raio de influência que a floresta urbana exerceu no seu entorno foi de 200 m, excluindo-se a tipologia Árvore Isolada, sendo que no verão o raio de influência foi maior (250 m) do que no inverno (150 m). Das tipologias, o Remanescente Florestal foi o que exerceu influência microclimática a uma distância maior (250 m), seguido pela Área Verde Antiga (150 m), Área Verde Moderna (200 m), Arborização de Ruas (150 m) e Árvore Isolada (10 m para temperatura e 25 m para umidade relativa).

A intensidade de influência que a floresta urbana exerceu na temperatura do ar a 50 m de distância foi de 0,66 °C, a 100 m foi 0,45 °C, a 150 m foi 0,34 °C e a 200 m foi 0,30 °C, sendo sempre mais intensa no verão. O Remanescente Florestal foi a tipologia que proporcionou maior influência atingindo 0,15 °C a 250 m de distância.

Dentre os elementos de composição das áreas, verificou-se que o número e a densidade de indivíduos foram os elementos que exerceram maior influência no microclima das áreas, bem como no efeito de arrefecimento.

Por fim, os resultados encontrados enfatizam a importância da floresta urbana, em todas as suas formas (tipologias) para a cidade de Curitiba, pois foi comprovado quantitativamente que a cobertura arbórea proporciona melhores condições climáticas, tanto na escala local como microclimática.

REFERÊNCIAS

- ABE, L. A.; BARDDAL, M. L.; BERNARDI, D. Mapeamento e caracterização da cobertura vegetal do Parque Barigüi, Curitiba, Paraná. In: 40 ANOS DE ENGENHARIA FLORESTAL - UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ, 2000, Curitiba. **Anais....** Curitiba: Pesquisa Florestal Online, 2000. p.129.
- ABKAR, M.; KAMAL, M. S.; MAULAN, S.; MARIAPAN, M. Influences of viewing nature through windows. **Australian Journal of Basic and Applied Sciences**, Madri, v. 4, n. 10, p. 5346-5351, 2010.
- ABREU, L. V. de. **Avaliação da escala de influência da vegetação no microclima por diferentes espécies arbóreas**. 2008. 154 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2008.
- 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.
- ADAMS, M. P.; SMITH, P. L. A systematic approach to model the influence of the type and density of vegetation cover on urban heat using remote sensing. **Landscape and Urban Planning**, Amsterdã, v. 132, p. 47-54, 2014.
- 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.
- ALCOFORADO, M. J. O clima como recurso na conferência técnica da organização meteorológica mundial. **Finisterra**, Lisboa, v. 41, n. 82, p. 169-172, 2006.
- ALMEIDA JUNIOR, N. L. de. **Estudo de clima urbano: uma proposta metodológica**. 2005. 92 f. Dissertação (Mestrado em Física e Meio Ambiente) – Instituto de Ciências Exatas e da Terra, Universidade Federal do Mato Grosso, Cuiabá, 2005.
- ALVAREZ, I.A. **Qualidade do espaço verde urbano: uma proposta de índice de avaliação**. 2004. 187 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004.
- AMORIM, R. P.; LEDER, S. M. Análise da magnitude da influência climática de um remanescente de Mata Atlântica sobre o seu entorno urbanizado em clima quente-úmido: estudo de caso em João Pessoa-PB. **Cadernos PROARQ**, Rio de Janeiro, v.18. p. 86-103, 2012.
- AMORIM, M. C. C. T. Climatologia e gestão do espaço urbano. **Mercator**, Fortaleza, v.9, n. 1, número especial, p. 71 - 90, 2010.
- ANDRADE, H.; VIEIRA, R. A climatic study of an urban green space: the Gulbenkian Park in Lisbon (Portugal). **Finisterra**, Lisboa, v. 42, n. 84, p. 27-46, 2007.

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

ARAÚJO, L. H. B. de; NÓBREGA, C. C. da; SILVA, A. C. F. da; VIEIRA, F. de A. Análise quali-quantitativa da arborização da Praça Pedro Velho, Natal, RN. **Agropecuária Científica no Semi-Árido**, Patos - PB, v. 11, n. 1, p. 65-71, 2015.

ARAUJO, M. N. de; ARAUJO, A. J. de. **Série de cadernos técnicos da agenda parlamentar: arborização urbana**. Curitiba: CREA-PR, 2011.

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**, Amsterdã, v. 11, p. 245-255, 2012.

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

BAHLS, A. V. D. S. **Praças de Curitiba: espaços verdes na paisagem urbana**. Curitiba: Fundação Cultural de Curitiba, 2006.

BARBIRATO, G. M.; TORRES, S. C.; SOUZA, L. C. L. de. **Clima Urbano e eficiência energética nas edificações**. Rio de Janeiro: PROCEL EDIFICA, 2011.

BARBOSA, R.V.R. **Áreas verdes e qualidade térmica em ambientes urbanos: estudo em microclimas de Maceió (AL)**. 2005. 117 f. Dissertação (Mestrado em Ciências da Engenharia Ambiental) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2005.

BARBOSA, R. P.; PORTELA, M. G. T.; MACHADO, R. R. B. SÁ, A. S. Arborização da Avenida Deputado Ulisses Guimarães, bairro Promorar, Zona Sul de Teresina – PI. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, Piracicaba, v. 10, n. 2, p. 78-89, 2015.

BARBOSA, S. R. da C. S. **Qualidade de vida e suas metáforas: uma reflexão sócio-ambiental**. 1996. 326 f. Tese (Doutorado em Ciências Sociais) – Instituto de Filosofia e Ciências Humanas, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1996.

BARROS, M. P. de. **Dimensão fractal e ilhas de calor urbanas: uma abordagem sistêmica sobre as implicações entre a fragmentação das áreas verdes e o ambiente térmico do espaço urbano**. 2012. 171f. Tese (Doutorado em Física Ambiental) – Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2012.

BASSO, J. M.; CORRÊA, R. S. Arborização urbana e qualificação da paisagem. **Paisagem e Ambiente**, São Paulo, n. 34, p. 129-148, 2014.

BERNATZKY, A. **Tree ecology and preservation**. 2. ed. Amsterdã: Elsevier, 1980.

BIONDI, D.; MUELLER, E. Espécies arbóreas invasoras no paisagismo dos parques urbanos de Curitiba, PR. **Floresta**, Curitiba, v. 43, n. 1, p. 69-82, 2013.

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. Floresta urbana: conceitos e terminologias. In: _____. **Floresta Urbana**. Curitiba: A autora, 2015. p. 11-27.

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

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. 2011. 144 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2011b.

BOBROWSKI, R. **Gestão da arborização de ruas**: ferramentas para o planejamento técnico e participativo. 2014. 178f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2014.

BONETES, L. **Tamanho de parcelas e intensidade amostral para estimar o estoque e índices fitossociológicos em uma Floresta Ombrófila Mista**. 2003. 111 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, 2003.

BORGO, M. **As comunidades de epífitos vasculares em fragmentos florestais no município de Curitiba, Paraná, Brasil**. 2002. 73 f. Dissertação (Mestrado em Botânica) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2002.

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

BOUÇAS, G. C. **Caracterização da vegetação das praças de Curitiba-Paraná**. Curitiba, 2014. 20 f. Relatório de Iniciação Científica (PIBIQ/Fundação Araucária) - Engenharia Florestal, Universidade Federal do Paraná, 2014.

BOWLER, D. E.; BUYUNG-ALI, L.; KNIGHT, T. M.; PULLIN, A. S. Urban greening to cool towns and cities: A systematic review of the empirical evidence. **Landscape and Urban Planning**, Amsterdã, v. 97, p. 147–155, 2010.

BROWN, R. D.; VANOS, J.; KENNY, N.; LENZHOLZER, S. Designing urban parks that ameliorate the effects of climate change. **Landscape and Urban Planning**, Amsterdã, v. 138, p. 118-131, 2015.

BUCCHERI FILHO A. T. **O planejamento dos espaços de uso público, livres de edificação e com vegetação (Euplevs) no município de Curitiba, PR: planejamento sistemático ou planejamento baseado em um modelo oportunista?**

2010. 226 f. Tese (Doutorado em Geografia) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2010.

BUENO, L. M. M. O tratamento dos assentamentos urbanos na política para as mudanças climáticas. In: ENCONTRO DA ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA EM AMBIENTE E SOCIEDADE, 5., 2010, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: Anppas, 2010. p. 1-18.

BUYADI, S. N. A.; WAN MOHD, W. M. N. MISNI, A. Quantifying green space cooling effects on the urban microclimate using remote sensing and gis techniques. In: INTERNATIONAL FEDERATION OF SURVEYORS, 25., 2014, Kuala Lumpur – Malaysia. **Proceedings...** Kuala Lumpur, Malaysia: FIG, 2014. p. 1-16.

CAO, X.; ONISHI, A.; CHEN, J.; IMURA, H. Quantifying the cool island intensity of urban parks using ASTER and IKONOS data. **Landscape and Urban Planning**, Amsterdã, v. 96, p. 224-231, 2010.

CHANG, C.; LI, M. Effects of urban parks on the local urban thermal environment. **Urban Forestry & Urban Greening**, Amsterdã, v. 13, p. 672-681, 2014.

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

CHEN, A.; YAO, X. A.; SUN, R.; CHEN, L. Effect of urban green patterns on surface urban cool islands and its seasonal variations. **Urban Forestry & Urban Greening**, Amsterdã, v. 13, p. 646-654, 2014.

CHILETTO, E. C. **Caracterização climática da região do lago manso: um estudo comparativo com a área urbana da Grande Cuiabá.** 2005. 161 f. Dissertação (Mestrado em Física e Meio Ambiente) – Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2005.

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

CHOW, W. T. L.; AKBAR, S. N. A. B. A.; HENG, S. L.; ROTH, M. Assessment of Measured and perceived microclimates within a tropical urban forest. **Urban Forestry & Urban Greening**, Amsterdã, v. 16, p. 62-75, 2016.

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.

CURITIBA. **Parques e bosques.** Disponível em: <<http://www.curitiba.pr.gov.br/conteudo/parques-e-bosques-smma/267>> Acesso em: 15 abr. 2016.

DACANAL, C. **Fragmentos florestais urbanos e interações climáticas em diferentes escalas: estudos em Campinas, SP.** 2011. 221f. Tese (Doutorado em Arquitetura e Construção) - Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2011.

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, 2010.

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.

DONOVAN, G. H.; BUTRY, D. T. Trees in the city: valuing street trees in Portland, Oregon. **Landscape and Urban Planning**, Amsterdã, v. 94, n. 2, p. 77-83, 2010.

DOW, K.; DOWNING, T. E. **O atlas da mudança climática**: o mapeamento completo do maior desafio do planeta. São Paulo: Publifolha, 2007.

DRAPER, D. B.; RICHARDS, P. A. **Dictionary for managing trees in urban environments**. Collinwood-USA: CSIRO Publishing, 2009.

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.

DWYER, J. F.; NOWAK, D. J.; NOBLE, M. H.; SISINNI, S. M. **Connecting people with ecosystems in the 21st century**: an assessment of our nation's urban forests. Portland, OR: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest Research Station, 2000.

FAN, C.; MYINT, S. W.; ZHENG, B. Measuring the spatial arrangement of urban vegetation and its impacts on seasonal surface temperatures. **Progress in Physical Geography**, Thousand Oaks - USA, v. 39, n. 2, p. 199-219, 2015.

FERREIRA, G. R. **Estudo do campo térmico e sua relação com o sky view fator em situação sazonal de verão no centro urbano de Viçosa-MG**. 2015. 70 f. Monografia (Bacharelado em Geografia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2015.

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.

FORTUNIAK, K.; KLYSIK, K.; WIBIG, J. Urban-rural contrasts of meteorological parameters in Lodz. **Theoretical and Applied Climatology**, Viena, v. 84, p. 91-101, 2006.

FRYD, O.; PAULEIT, S.; BUHLER, O. The role of urban green space and trees in relation to climate change. **CAB Reviews**, Wallingford – UK, v. 6, n. 53, p. 1-14, 2011.

GARTLAND, L. **Ilhas de calor**: como mitigar zonas de calor em áreas urbanas. São Paulo: Oficina de Textos, 2010.

GHENO, E. L. **Uso do solo, microclimas e clima local no bairro cidade alta, Cuiabá-MT**. 2013. 78 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Instituto de Ciências Humanas e Sociais, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2013.

GILLNER, S.; VOGT, J.; THARANG, A.; DETTMANN, S.; ROLOFF, A. Role of street trees in mitigating effects of heat and drought at highly sealed urban sites. **Landscape and Urban Planning**, Amsterdã, v. 143, p. 33-42, 2015.

GIRALT, R. P. **Conforto térmico em espaços públicos abertos na cidade de Torres – RS**. 2006. 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, 2003.

GONÇALVES, W. Florestas urbanas. **Ação Ambiental**, Viçosa, n. 9, p 17-19, 2000.

GRAHN, P.; STIGSDOTTER, U. A. Landscape planning and stress. **Urban Forestry & Urban Greening**, Amsterdã, v. 2, p. 1-18, 2003.

GRIMMOND, S. Urbanization and global environmental change: local effects of urban warming. **The Royal Geographical Society**, London, v.173, n.1, p. 83-88, 2007.

GRISE, M. M. **Caracterização da floresta urbana de Curitiba-PR por meio de sensoriamento remoto de alta resolução espacial**. 2015. 147 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, 2015.

HAMADA, T., MIKAMI, T. Cool island phenomenon in urban green spaces: a case study of Meiji Shrine and Yoyogi Park. **Geographical Review of Japan**, Tóquio, v. 67, p. 518-529, 1994.

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

HAMADA, S.; TANAKA, T.; OHTA, T. Impacts of land use and topography on the cooling effect of green areas on surrounding urban areas. **Urban Forestry & Urban Greening**, Amsterdã, v. 12, p. 426-434, 2013.

HARDT, L. P. A. (Coord.) **Plano de manejo do Parque Natural Municipal Barigüi: Relatório Final 2007**. Disponível em: <<http://www.curitiba.pr.gov.br/conteudo/plano-de-manejo-smma/322>> Acesso em: 19 abr. 2016.

HARTIG, T. Restorative environments. In: SPIELBERGER, C. (Ed.), **Encyclopaedia of applied psychology**, v. 3. San Diego: Elsevier/Academic Press, 2004. p. 273-278.

HASENACK, H.; CORDEIRO, J. L. P.; HOFFMANN, G. S. Macroclima, o clima regional e mesoclima, o clima local. In: SESC. **O clima na Reserva Particular de Patrimônio Natural SESC Pantanal**. Rio de Janeiro: SESC, 2010. p.61-90.

HEINL, M.; HAMMERLE, A.; TAPPEINER, U.; LEITINGER, G. Determinants of urban–rural land surface temperature differences – A landscape scale perspective. **Landscape and Urban Planning**, Amsterdã, v. 134, p. 33-42, 2015.

HERCULANO, S. C. “A qualidade de vida e seus indicadores”. **Ambiente e sociedade**, São Paulo, v. 1, n. 2, p. 77-99, 1998.

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.

HOFFMANN, G.S.; HASENACK, H.; OLIVEIRA, L.F.B. Microclima e estruturas de formações vegetais. In: SESC. **O clima na Reserva Particular de Patrimônio Natural SESC Pantanal**. Rio de Janeiro: SESC, 2010. p.11-53.

HONJO, T.; TAKAKURA, T. Simulation of thermal effects of urban green areas on their surrounding áreas. **Energy and Buildings**, Lausanne, v. 15, n. 3/4, p. 443-446, 1990.

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_tab_1_15.pdf>. Acesso em: 17 jan. 2016.

INSTITUTO DE PESQUISA E PLANEJAMENTO URBANO DE CURITIBA (IPPUC). **Desenvolvimento sustentável: indicadores de sustentabilidade de Curitiba – 2010**. Curitiba: IPPUC, 2011.

_____. **Curitiba em dados**. Disponível em: <http://curitibaemdados.ippuc.org.br/Curitiba_em_dados_Pesquisa.htm> Acesso em 10 abr. 2016.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC). **Mudança do Clima 2014 - Impactos, Adaptação e Vulnerabilidade**: sumário para tomadores de decisão. Tradução de: INICIATIVA VERDE. São Paulo: Iniciativa Verde, 2015. Título Original: Climate Change 2014 - Impacts, Adaptation, and Vulnerability: Summary for Policymakers.

JESUS, J. B. de.; VALENÇA JUNIOR, R. R.; MELLO, A. A. de.; FERREIRA, R. A. Análise da arborização de praças do município de Nossa Senhora do Socorro – SE.

Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana, Piracicaba, v. 10, n. 2, p. 61-77, 2015.

JIANG, B.; CHANG, C. Y.; SULLIVAN, W. C. A dose of nature: Tree cover, stress reduction, and gender differences. **Landscape and Urban Planning**, Amsterdã, v. 132, p. 26-36, 2014.

JIANG, B.; LARSEN, L.; DEAL, B.; SULLIVAN, W. C. A dose–response curve describing the relationship between tree cover density and landscape preference. **Landscape and Urban Planning**, Amsterdã, v. 139, p. 16-25, 2015.

JIM, C.Y.; LO, A. Y.; BYRNE, J. A. Charting the green and climate-adaptive city. **Landscape and Urban Planning**, Amsterdã, v. 138, p. 51-53, 2015.

JOYE, Y.; BERG, A. V. D. Is love for green in our genes? A critical analysis of evolutionary assumptions in restorative environments research. **Urban Forestry & Urban Greening**, Amsterdã, v. 10, n. 4, p. 261-268, 2011.

KAPLAN, R., Nature at the doorstep: Residential satisfaction and the nearby environment. **Journal of Architectural and Planning Research**, Chicago – USA, v. 2, n. 2, p. 115-127, 1985.

KENDAL, D., McDONNELL, M. J. Potential consequences for management, urban ecosystems, and the urban public: adapting urban forests to climate change. **Citygreen**, Singapura, n. 8, p. 131-137, 2014.

KONG, F.; YIN, H.; WANG, C.; CAVAN, G.; JAMES, P. A satellite image-based analysis of factors contributing to the green-space cool island intensity on a city scale. **Urban Forestry & Urban Greening**, Amsterdã, v. 13, p. 846-853, 2014.

KOZERA, C.; DITTRICH, V. A. O.; SILVA, S. M. Composição florística da Floresta Ombrófila Mista Montana do Parque Municipal do Barigüi, Curitiba, PR. **Floresta**, Curitiba, v. 36, n. 1, p. 45-68, 2006.

KUO, F. E. Coping with Ppoverty: impacts of environment and attention in the Inner city. **Environment & Behavior**, Thousand Oaks – USA, v. 33, p. 5-34, 2001.

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**, Salta – ARG, v. 6, n. 1, p. 43-48, 2002.

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

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.

LEAL, L.; BIONDI, D.; BATISTA, A. C. Influência das florestas urbanas na variação termo-higrométrica da área intraurbana de Curitiba – PR. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 24, n. 4, p. 807-820, 2014.

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

LEE S-W.; HWANG S-J.; LEE S-B.; HWANGC, H-S.; SUNGD, H-C. Landscape ecological approach to the relationships of land use patterns in watersheds to water quality characteristics. **Landscape and Urban Planning**, Amsterdã, v. 92, p.80-89, 2009.

CURITIBA. **Lei nº 9800/00.** Disponível em: <<http://www.curitiba.pr.gov.br/multimedia/00084664.pdf>> Acesso em 09/10/2013.

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

LIMA, G. N de. **Características do clima urbano de Nova Andradina – MS.** 2011. 161 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 2011.

LIMA, N. R. de; PINHEIRO, G. M.; MENDONÇA, F. Clima urbano no Brasil: análise e contribuição da metodologia de Carlos Augusto de Figueiredo Monteiro. **REVISTA GEONORTE**, Manaus, v. 2, n. 5, Edição Especial 2, p. 626-638, 2012.

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 E LATINO-AMERICANO SOBRE CONFORTO NO AMBIENTE CONTRUÍDO, VII. e IV., 2005, Maceió, AL. **Anais...** Maceió, AL: ANTAC, 2005. (CD rom).

LIN, W.; YU, T.; CHANG, X.; WU, W.; ZHANG, Y. Calculating cooling extents of green parks using remote sensing: Method and test. **Landscape and Urban Planning**, Amsterdã, v. 134, p.66-75, 2015.

LINDENMAIER, D. de S. **A organização da vegetação arbórea na paisagem urbana de Cachoeira do Sul- RS.** 2013. 154 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Centro de Ciências Naturais e Exatas, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2013.

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

MAACK, R. **Geografia física do estado do Paraná.** 4. ed. Ponta Grossa: Editora UEPG, 2012.

MACEDO, S. S. **Quadro do paisagismo no Brasil.** Coleção Quapá, v. 1. São Paulo, 1999.

MAGALHÃES, L. M. S. Arborização e florestas urbanas - Terminologia adotada para a cobertura arbórea das cidades brasileiras. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, Série Técnica, v. 0, n. 0, p. 23-26, 2006.

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, 2003.

MARTINE, G. O lugar do espaço na equação população/meio ambiente. **Revista Brasileira de Estudos de População**, São Paulo, v. 24, n. 2, p. 181-190, 2007.

MARTINI, A.; BIONDI, D. Microclima e conforto térmico de um fragmento de floresta urbana em Curitiba, PR. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 22, n. 2, p.182-193, 2015.

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.

MARTINI, A.; BIONDI, D.; BATISTA, A. C.; SILVA FILHO, D. F. da. Validação da metodologia de transsectos móveis para coleta de dados microclimáticos no ambiente urbano. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA, 11., 2014, Curitiba/PR. **Anais...** Curitiba: ABCLIMA, 2014.

MARTINI, A.; BIONDI, D.; VIEZZER, J.; SILVA, D. A. O efeito microclimático do fragmento florestal existente no Parque Municipal do Barigui na cidade Curitiba-PR. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE CLIMATOLOGIA, 5., 2013, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis, 2013. Não paginado.

MARTINI, A. **Microclima e conforto térmico proporcionado pelas árvores de rua na cidade de Curitiba- PR**. 2013. 129 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2013.

MARTINI, A. A influência da floresta urbana no microclima. In: BIONDI, D. **Floresta Urbana**. Curitiba, 2015. p.125-151.

MARTINI, A.; BIONDI, D.; BATISTA, A. C. Influência da arborização de ruas na atenuação dos extremos meteorológicos no microclima urbano. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 9, n. 17, p. 1685-1695, 2013.

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.

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.

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

MILLER, R. **Urban forestry: planning and management of green space**. New Jersey: Prentice Hall, 1997.

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

MIRANDA, D. L. C.; FERNANDES, L. A. V.; SANQUETTA C. R. Impacto de incêndios florestais na fitossociologia de capões de araucária na região de Palmas – PR. In: CONGRESSO DE ECOLOGIA DO BRASIL, 8., 2007, Caxambu – MG. **Anais...** Caxambu – MG: [s.n.], 2007. p. 1-2.

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.

MOREIRA, A. A. **Formação pastoral**. N. 5: Manual de Formação Pastoral. Joinville: Clube de Autores Publicações, 2015.

MÜLLER, C. R. C.; OLIVEIRA, K. L.; MOTTA, J. T. W. (Org.). **Plano municipal de conservação e recuperação da Mata Atlântica**: Curitiba – PR. Curitiba: Mira-Serra, 2012.

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, 2011.

NEVES, G. M. S.; PEIXOTO, A. L. Florística e estrutura da comunidade arbustivo-arbórea de dois remanescentes em regeneração de Floresta Atlântica secundária na Reserva Biológica de Poço das Antas, Silva Jardim, Rio de Janeiro. **Pesquisas - Série Botânica**, São Leopoldo, n. 59, p.71-112, 2008.

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

ODUM, E. P.; BARRETT, G. W. **Fundamentos de ecologia**. 5.ed. São Cengage: Learning, 2011.

OKE, T.R. Methods in urban climatology. In: KIRCHHOFER, W.; OHMURA, A.; WANNER, H. (Eds.). **Applied Climatology**, v. 14, Zurique – SWI: Zürcher Geographischer Schriften, 1984, p. 19-29.

OKE, T. R. **Boundary layer climates**. London: Methuen, 1978.

OKE, T. R. The micrometeorology of the urban forest. **Philosophical Transactions of the Royal Society B**, Great Britain, v. 324, p. 335-349, 1989.

OKE, T. R. **Initial guidance to obtain representative meteorological observations at urban sites**. Geneva – SW: WMO, 2006.

OLIVEIRA, E. C. de. Comparação das diferentes técnicas para a exclusão de “outliers”. In: CONGRESSO DA QUALIDADE EM METROLOGIA, 2008, São Paulo. **Anais...** São Paulo: Rede Metrológica do Estado de São Paulo, 2008. Não paginado.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS (ONU). **World urbanization prospects: 2014 revision.** Disponível em: <<http://esa.un.org/unpd/wup/Highlights/WUP2014-Highlights.pdf>>. Acesso em: 10 mar. 2016.

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

PEREHOUSKEI, N. A. **Áreas verdes e serviços públicos de saúde na cidade de Mandaguari, Paraná: 2000 a 2010.** 2013. 136 f. Tese (Doutorado em Geografia.) - Centro de Ciências Humanas, Letras e Artes, Universidade Estadual de Maringá. Maringá, 2013.

PINHEIRO, J. **Conforto térmico.** Disponível em: <http://artigos.netsaber.com.br/resumo_artigo_8122/artigo_sobre_conforto_termico>. Acesso em: 01 abr. 2016.

PRESTES, I. **Estatística: Correlação e Regressão Linear.** São Paulo: Escola Paulista de Negócios, 2015. Disponível em: <<http://www.umcp.com.br>> Acesso em: 16 jun. 2016.

PÖTZELSBERGER, E., WOLFSLEHNER, B., HASENAUER, H. Climate change impacts on key forest functions of the Vienna Woods. **European Journal of Forest Research**, Berlin, v.134, p. 481-496, 2015.

RASKOVI, S.; DECKER, R. The influence of trees on the perception of urban squares. **Urban Forestry & Urban Greening**, Amsterdã, v. 14, p. 237-245, 2015.

REN, Z.; HE, X.; ZHENG, H.; ZHANG, D.; YU, X.; SHEN, G.; GUO, R. Estimation of the relationship between urban park characteristics and park cool island intensity by remote sensing data and field measurement. **Forests**, Basel – SWI, v. 4, p. 868-886, 2013.

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.

ROSEIRA, D.S. **Composição florística e estrutura fitossociológica do bosque com *Araucaria angustifolia* (Bert) O Kuntze no Parque Estadual João Paulo II, Curitiba, Paraná.** 1999. 111 f. Dissertação (Mestrado em Botânica) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1999.

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

ROTTA, E.; SILVA, I. C.; VICENTINI, L. S. **Vegetação arbórea do Passeio Público**. Colombo-PR: EMBRAPA-Florestas. 2004. (Comunicado Técnico nº 129).

SANTOS, A. B; PETRONZIO, J. A. C. Mapeamento de uso e ocupação do solo do município de Uberlândia-MG utilizando técnicas de Geoprocessamento. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 5., 2011, Curitiba. **Anais...** Curitiba: INPE, 2011, p.6185-6192.

SCHMITZ, L. K. **Reestruturação urbana e conforto térmico em Curitiba/PR: diagnóstico, modelagem e cenários**. 2014. 298 f. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2014.

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.

SECRETARIA MUNICIPAL DE MEIO AMBIENTE (SMMA). **Plano municipal de controle ambiental e desenvolvimento sustentável**. Curitiba, 2008. Disponível em: <<http://www.curitiba.pr.gov.br/multimedia/00085324.pdf>>. Acesso em: 14 mar. 2016.

SHASHUA-BAR, L.; HOFFMANN, M. E. Vegetation as a climatic component in the design of an urban street. An empirical model for predicting the cooling effect of urban green areas with trees. **Energy and Buildings**, Lausanne, v. 31, p. 221-235, 2000.

SHASHUA-BAR, L.; PEARLMUTTER, D.; ERELL, E. The cooling efficiency of urban landscape strategies in a hot dry climate. **Landscape and Urban Planning**, Amsterdã, v. 92, p.179-186, 2009.

SHASHUA-BAR, L.; POTCHTER, O.; BITAN, A.; BOLTANSKY, D.; YAAKOV, Y. Microclimate modelling of street tree species effects within the varied urban morphology in the Mediterranean city of Tel Aviv, Israel. **International Journal of Climatology**, Reading – UK, v. 30, p. 44–57, 2010.

SHISHEGAR, N. Street design and urban microclimate: analyzing the effects of street geometry and orientation on airflow and solar access in urban canyons. **Journal of Clean Energy Technologies**, Singapura, v. 1, p. 52-53, 2013.

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

SILVA, I. M. da. **Efeitos do uso e cobertura do solo sobre o conforto higrotérmico**. 2012. 170 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2012.

SILVA, D. A.; BIONDI, D.; MARTINI, A.; VIEZZER, J. Influência Microclimática do Bosque Gutierrez na Cidade de Curitiba-PR, Brasil. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 10, n. 19, p. 2327-2338, 2014.

SILVA FILHO, D.F. **Aplicação de videografia aérea multiespectral na avaliação de floresta urbana**. 2004. 88 f. Tese (Doutorado em Agronomia), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Jaboticabal, 2004.

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, 2005.

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

SLATER, G. **The cooling ability of urban parks**. 2010. 141 f. Thesis (Natural Sciences and Engineering Research) - School of Environmental and Rural Design, University of Guelph, Guelph – CAN, 2010.

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

SOLDERA, C.; BATISTA, D. B.; MARTINI, A. Microclima e conforto térmico na trilha do Capão do Tigre – espaço com atividades de educação ambiental. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 10, n. 19, p. 2348-2359, 2014.

SOUZA, G. B. de. **O impacto do plano diretor no desenvolvimento de uma cidade**: um estudo de caso em Curitiba. 2015. 133 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Civil) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2015.

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.

SOCIEDADE DE PESQUISA EM VIDA SELVAGEM (SPVS). **Programa de avaliação e quantificação do potencial de absorção de carbono por florestas nativas em Curitiba**. Curitiba: SPVS, 2009.

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, 2003.

SUNG, C. Y. Mitigating surface urban heat island by a tree protection policy: A case study of The Woodland, Texas, USA. **Urban Forestry & Urban Greening**, Amsterdã, v. 12, p. 474-480, 2013.

THUNDIYIL, K. A. **Rising temperatures and expanding megacities**: improving air quality in Mexico City through urban heat island mitigation. 2003. 60 f. Master (City Planning) – University of Michigan / Massachusetts Institute of Technology, Ann Arbor, 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 jul. 2015.

UNGER, J.; SAVIC, S.; GAL, T. Modelling of the annual mean urban heat island. pattern for planning of representative urban climate station network. **Advances in Meteorology**, Cairo - EGY, v. 2011, p. 1-9, 2011.

URBAN CLIMATE. **Software RayMan**. Disponível em: <<http://www.urbanclimate.net/rayman/>> Acesso em: 14 mar. 2016.

VANOS, J. K.; WARLAND, J. S.; GILLESPIE, T. J.; SLATER, G. A.; BROWN, R. D.; KENNY, N. A. Human energy budget modeling in urban parks in Toronto, ON, and applications to emergency heat stress preparedness. **Journal of Applied Meteorology and Climatology**, Washington – USA, v. 51, n. 9, p.1639-1653, 2012.

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. 2007. 123 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2007.

VIEZZER, J.; BIONDI, D.; MARTINI, A.; ZAMPRONI, K. Tipologia das áreas verdes de Curitiba. In: CONGRESSO FLORESTAL PARANAENSE, 4., 2012, Curitiba. **Anais...** Curitiba: Congresso Florestal Paranaense, 2012. (CD-ROM). Não paginado.

VIEZZER, J.; BIONDI, D.; MARTINI, A.; SILVA, D. A. da. O benefício microclimático proporcionado pela Praça Alfredo Andersen na cidade de Curitiba-PR. **Ciência e Natura**, Santa Maria, v. 37, Edição Especial SIC, p. 138-143, 2015.

VIEZZER, J. **As linhas projetuais paisagísticas e a percepção dos usuários das praças de Curitiba – PR**. 2014. 122 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) –Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2014.

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.

WATSON, D. J. Comparative physiological studies on growth of field crops: Variation in net assimilation rate and leaf area between species and varieties, and within and between years. **Annals of Botany**, Oxford, v. 11, p. 41-76, 1947.

WEINGARTNER, G. S. **Análise do efeito termoluminoso de sombreamento da arborização urbana de Porto Alegre – RS**. 1994. 293 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura) - Faculdade de Arquitetura, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1994.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). **The climate and health country profile**. Geneva - SWI: WHO, 2015.

WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION (WMO). **Guide to meteorological instruments and methods of observation**. 7.nd. Geneva: WMO, 2008. Disponível em: <http://www.wmo.int/pages/prog/www/IMOP/publications/CIMO-Guide/CIMO_Guide-7th_Edition_2008.html> Acesso em: 31 jul. 2015.

YAHIA, M. Y.; JOHANSSON, E. Urban microclimate and thermal comfort in outdoor spaces in hot dry Damascus. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON URBAN CLIMATES, 8., 2012. Dublin – IRL. **Proceedings...** Dublin – IRL: University College Dublin. 2012. Não paginado.

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

ZHOU, W., HUANG, G., CADENASSO, M.L. Does spatial configuration matter? Understanding the effects of land cover pattern on land surface temperature in urban landscapes. **Landscape and Urban Planning**, Amsterdã, v. 102, p. 54-63, 2011.

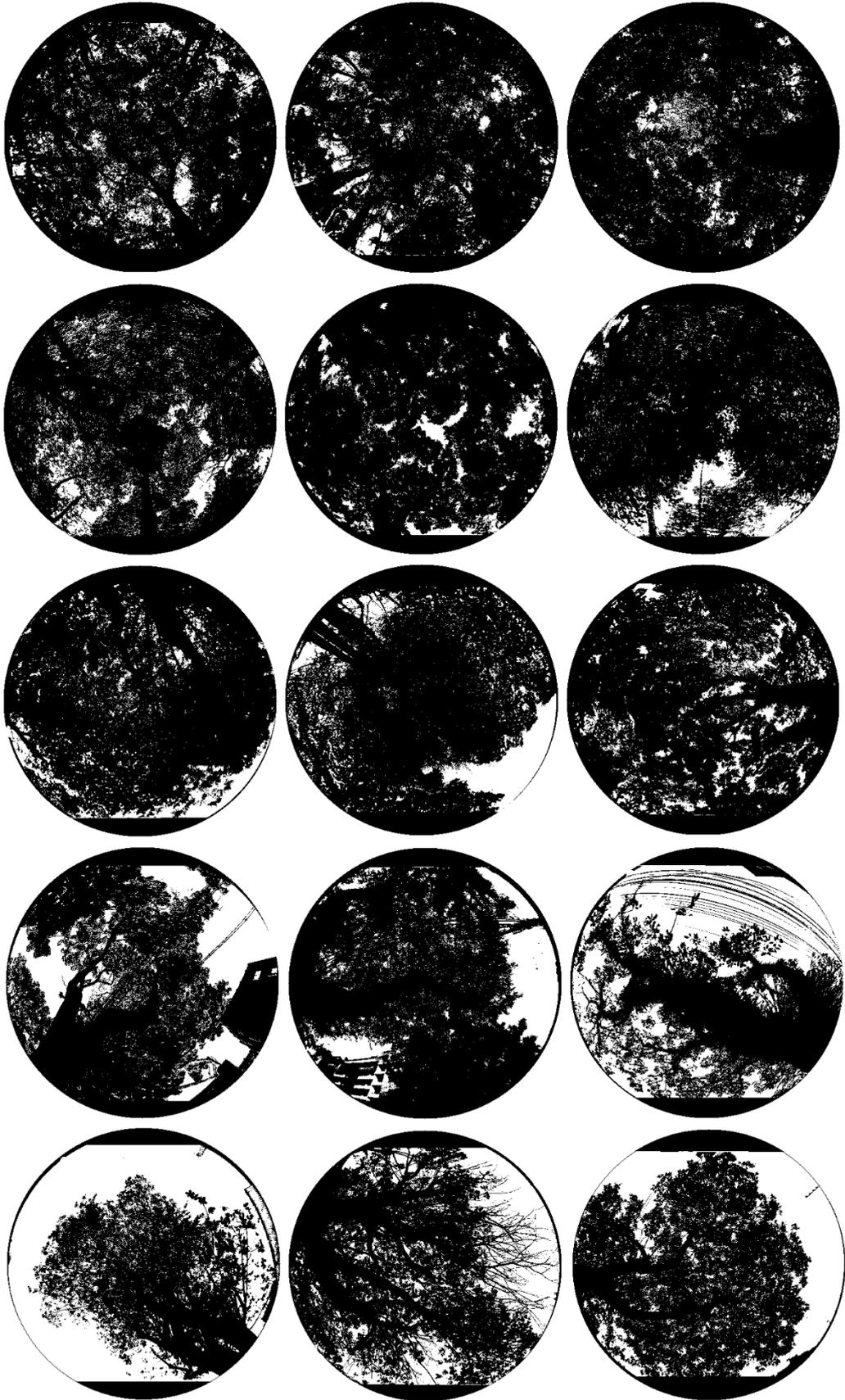
ZIVOJINOVI, I.; WOLFSLEHNER, B. Perceptions of urban forestry stakeholders about climate change adaptation – A Q-method application in Serbia. **Urban Forestry & Urban Greening**, Amsterdã, v. 14, p. 1079-1087, 2015.

APÊNDICE 1 - EXEMPLIFICAÇÃO DO CÁLCULO ADOTADO PARA DETERMINAÇÃO DA EXTRAPOLAÇÃO REFERENTE A DIMINUIÇÃO DA TEMPERATURA, LEVANDO-SE EM CONTA A EQUAÇÃO GERADA PELO DIAGRAMA DE DISPERSÃO

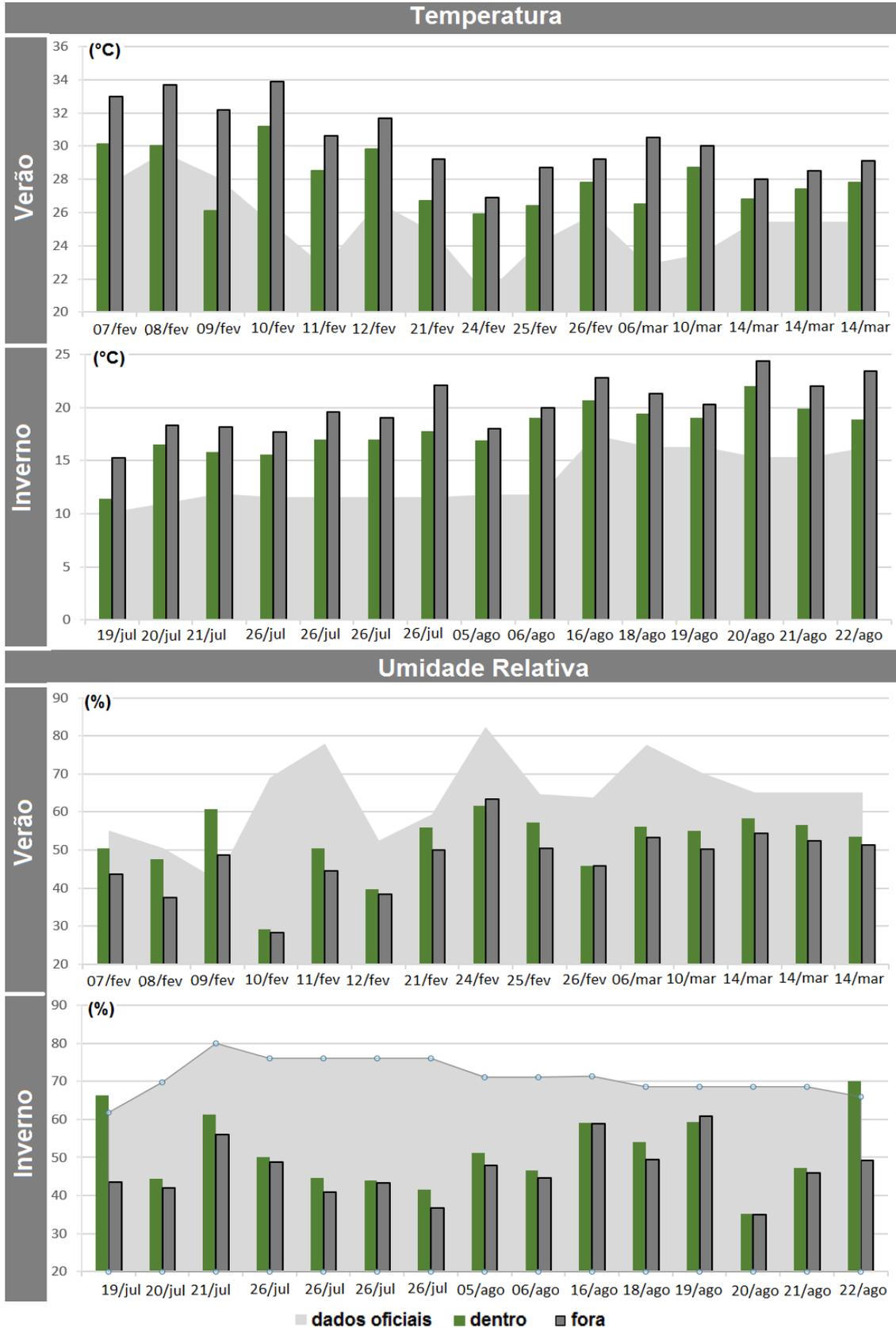
$y = -8E-12x^2 + 3E-06x + 18,012$				
x Área (m ²)	y Temp. °C)	Subtração		Diferença
60000	18,1632			
60001	18,1632	18,16321 -	18,1632	= 2,04E-06
60002	18,1632	18,16321 -	18,1632	= 2,04E-06
60003	18,16321	18,16321 -	18,1632	= 2,04E-06
60004	18,16321	18,16321 -	18,16321	= 2,04E-06
60005	18,16321	18,16321 -	18,16321	= 2,04E-06
60006	18,16321	18,16321 -	18,16321	= 2,04E-06
60007	18,16321	18,16321 -	18,16321	= 2,04E-06
60008	18,16322	18,16322 -	18,16321	= 2,04E-06
60009	18,16322	18,16322 -	18,16322	= 2,04E-06
60010	18,16322	18,16322 -	18,16322	= 2,04E-06
60011	18,16322	18,16322 -	18,16322	= 2,04E-06
60012	18,16322	18,16322 -	18,16322	= 2,04E-06
60013	18,16323	18,16323 -	18,16322	= 2,04E-06
60014	18,16323	18,16323 -	18,16323	= 2,04E-06
60015	18,16323	18,16323 -	18,16323	= 2,04E-06
60016	18,16323	18,16323 -	18,16323	= 2,04E-06
60017	18,16323	18,16323 -	18,16323	= 2,04E-06
60018	18,16324	18,16324 -	18,16323	= 2,04E-06
60019	18,16324	18,16324 -	18,16324	= 2,04E-06
60020	18,16324	18,16324 -	18,16324	= 2,04E-06
60021	18,16324	18,16324 -	18,16324	= 2,04E-06
60022	18,16324	18,16324 -	18,16324	= 2,04E-06
60023	18,16325	18,16325 -	18,16324	= 2,04E-06
60024	18,16325	18,16325 -	18,16325	= 2,04E-06
60025	18,16325	18,16325 -	18,16325	= 2,04E-06
60026	18,16325	18,16325 -	18,16325	= 2,04E-06
60027	18,16326	18,16326 -	18,16325	= 2,04E-06
60028	18,16326	18,16326 -	18,16326	= 2,04E-06
60029	18,16326	18,16326 -	18,16326	= 2,04E-06
60030	18,16326	18,16326 -	18,16326	= 2,04E-06
60031	18,16326	18,16326 -	18,16326	= 2,04E-06
60032	18,16327	18,16327 -	18,16326	= 2,04E-06
60033	18,16327	18,16327 -	18,16327	= 2,04E-06
60034	18,16327	18,16327 -	18,16327	= 2,04E-06
60035	18,16327	18,16327 -	18,16327	= 2,04E-06
60036	18,16327	18,16327 -	18,16327	= 2,04E-06
60037	18,16328	18,16328 -	18,16327	= 2,04E-06
60038	18,16328	18,16328 -	18,16328	= 2,04E-06
60039	18,16328	18,16328 -	18,16328	= 2,04E-06
60040	18,16328	18,16328 -	18,16328	= 2,04E-06
60041	18,16328	18,16328 -	18,16328	= 2,04E-06
60042	18,16329	18,16329 -	18,16328	= 2,04E-06
60043	18,16329	18,16329 -	18,16329	= 2,04E-06
60044	18,16329	18,16329 -	18,16329	= 2,04E-06
60045	18,16329	18,16329 -	18,16329	= 2,04E-06
349.953	18,08212	18,0821	- 18,1633	= -2,6E-06
349.954	18,08212	18,0821	- 18,0821	= -2,6E-06
349.955	18,08212	18,0821	- 18,0821	= -2,6E-06
349.956	18,08211	18,0821	- 18,0821	= -2,6E-06
349.957	18,08211	18,0821	- 18,0821	= -2,6E-06
349.958	18,08211	18,0821	- 18,0821	= -2,6E-06
349.959	18,08211	18,0821	- 18,0821	= -2,6E-06
349.960	18,0821	18,0821	- 18,0821	= -2,6E-06
349.961	18,0821	18,0821	- 18,0821	= -2,6E-06
349.962	18,0821	18,0821	- 18,0821	= -2,6E-06
349.963	18,0821	18,0821	- 18,0821	= -2,6E-06
349.964	18,08209	18,0821	- 18,0821	= -2,6E-06
349.965	18,08209	18,0821	- 18,0821	= -2,6E-06
349.966	18,08209	18,0821	- 18,0821	= -2,6E-06
349.967	18,08209	18,0821	- 18,0821	= -2,6E-06
349.968	18,08208	18,0821	- 18,0821	= -2,6E-06
349.969	18,08208	18,0821	- 18,0821	= -2,6E-06
349.970	18,08208	18,0821	- 18,0821	= -2,6E-06
349.971	18,08208	18,0821	- 18,0821	= -2,6E-06
349.972	18,08207	18,0821	- 18,0821	= -2,6E-06
349.973	18,08207	18,0821	- 18,0821	= -2,6E-06
349.974	18,08207	18,0821	- 18,0821	= -2,6E-06
349.975	18,08206	18,0821	- 18,0821	= -2,6E-06
349.976	18,08206	18,0821	- 18,0821	= -2,6E-06
349.977	18,08206	18,0821	- 18,0821	= -2,6E-06
349.978	18,08206	18,0821	- 18,0821	= -2,6E-06
349.979	18,08205	18,0821	- 18,0821	= -2,6E-06
349.980	18,08205	18,0821	- 18,0821	= -2,6E-06
349.981	18,08205	18,0820	- 18,0821	= -2,6E-06
349.982	18,08205	18,0820	- 18,0820	= -2,6E-06
349.983	18,08204	18,0820	- 18,0820	= -2,6E-06
349.984	18,08204	18,0820	- 18,0820	= -2,6E-06
349.985	18,08204	18,0820	- 18,0820	= -2,6E-06
349.986	18,08204	18,0820	- 18,0820	= -2,6E-06
349.987	18,08203	18,0820	- 18,0820	= -2,6E-06
349.988	18,08203	18,0820	- 18,0820	= -2,6E-06
349.989	18,08203	18,0820	- 18,0820	= -2,6E-06
349.990	18,08203	18,0820	- 18,0820	= -2,6E-06
349.991	18,08202	18,0820	- 18,0820	= -2,6E-06
349.992	18,08202	18,0820	- 18,0820	= -2,6E-06
349.993	18,08202	18,0820	- 18,0820	= -2,6E-06
349.994	18,08202	18,0820	- 18,0820	= -2,6E-06
349.995	18,08201	18,0820	- 18,0820	= -2,6E-06
349.996	18,08201	18,0820	- 18,0820	= -2,6E-06
349.997	18,08201	18,0820	- 18,0820	= -2,6E-06
349.998	18,08201	18,0820	- 18,0820	= -2,6E-06
349.999	18,08200	18,0820	- 18,0820	= -2,6E-06
350.000	18,08200	18,0820	- 18,0820	= -2,6E-06
Média da coluna diferença				= -2,8E-07

Ex: $\left\{ \begin{array}{l} 1 \text{ m}^2 \text{ ---- } 0,0000028 \text{ }^\circ\text{C} \\ 10.000 \text{ m}^2 \text{ ---- } x \end{array} \right.$ $\left\{ \begin{array}{l} 0,0000028 \text{ }^\circ\text{C} \text{ ---- } 1 \text{ m}^2 \\ 0,1^\circ\text{C} \text{ ---- } x \end{array} \right.$

APÊNDICE 2 - FOTOS OBTIDAS COM A LENTE OLHO-DE-PEIXE APÓS O PROCESSO DE MONOCROMAGEM EM CADA ÁREA



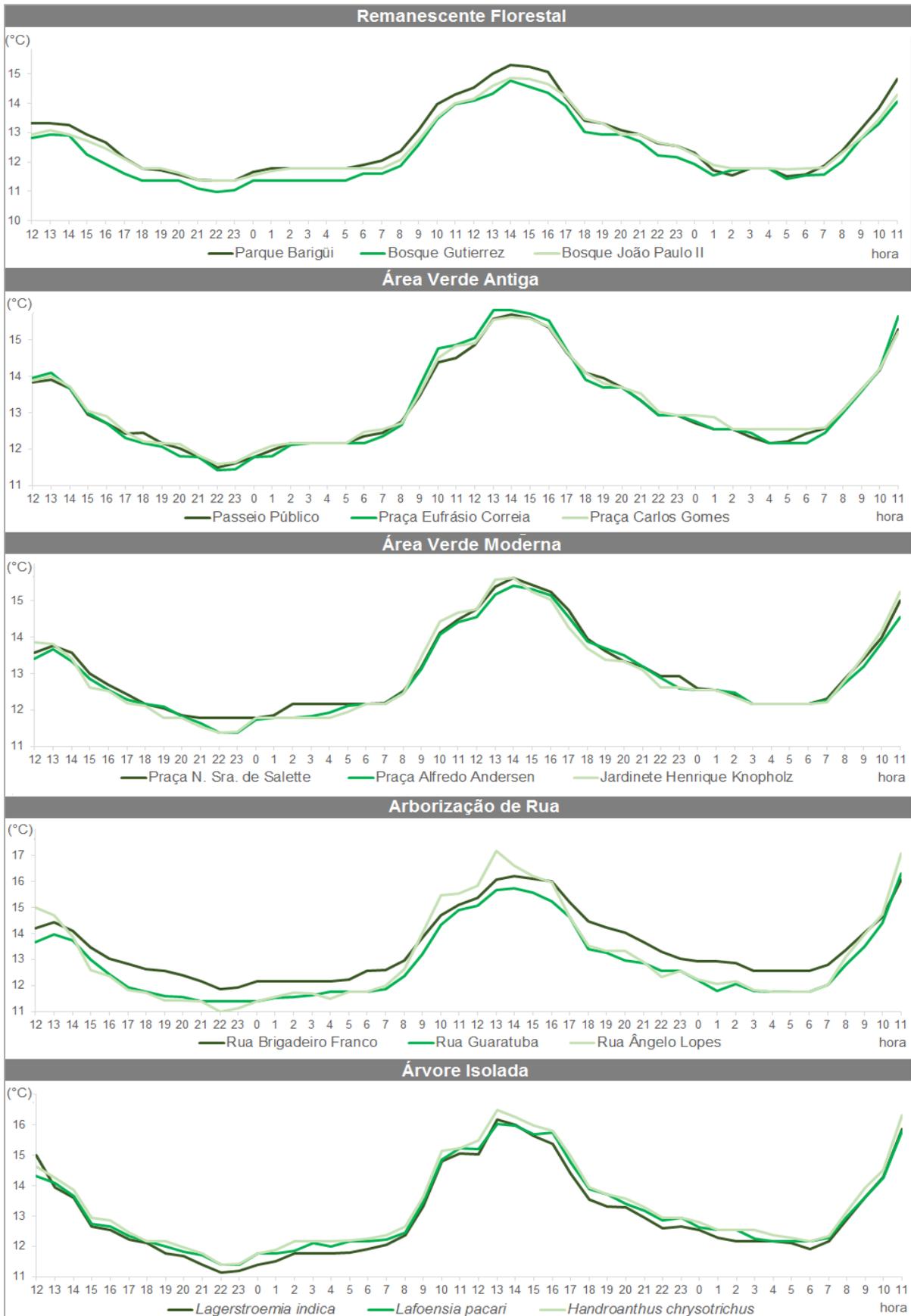
APÊNDICE 3 - VALORES MÉDIOS DE TEMPERATURA E UMIDADE RELATIVA DO AR EM CADA DIA DE COLETA NA ESTAÇÃO DO VERÃO E INVERNO E COMPARAÇÃO COM OS DADOS OFICIAIS



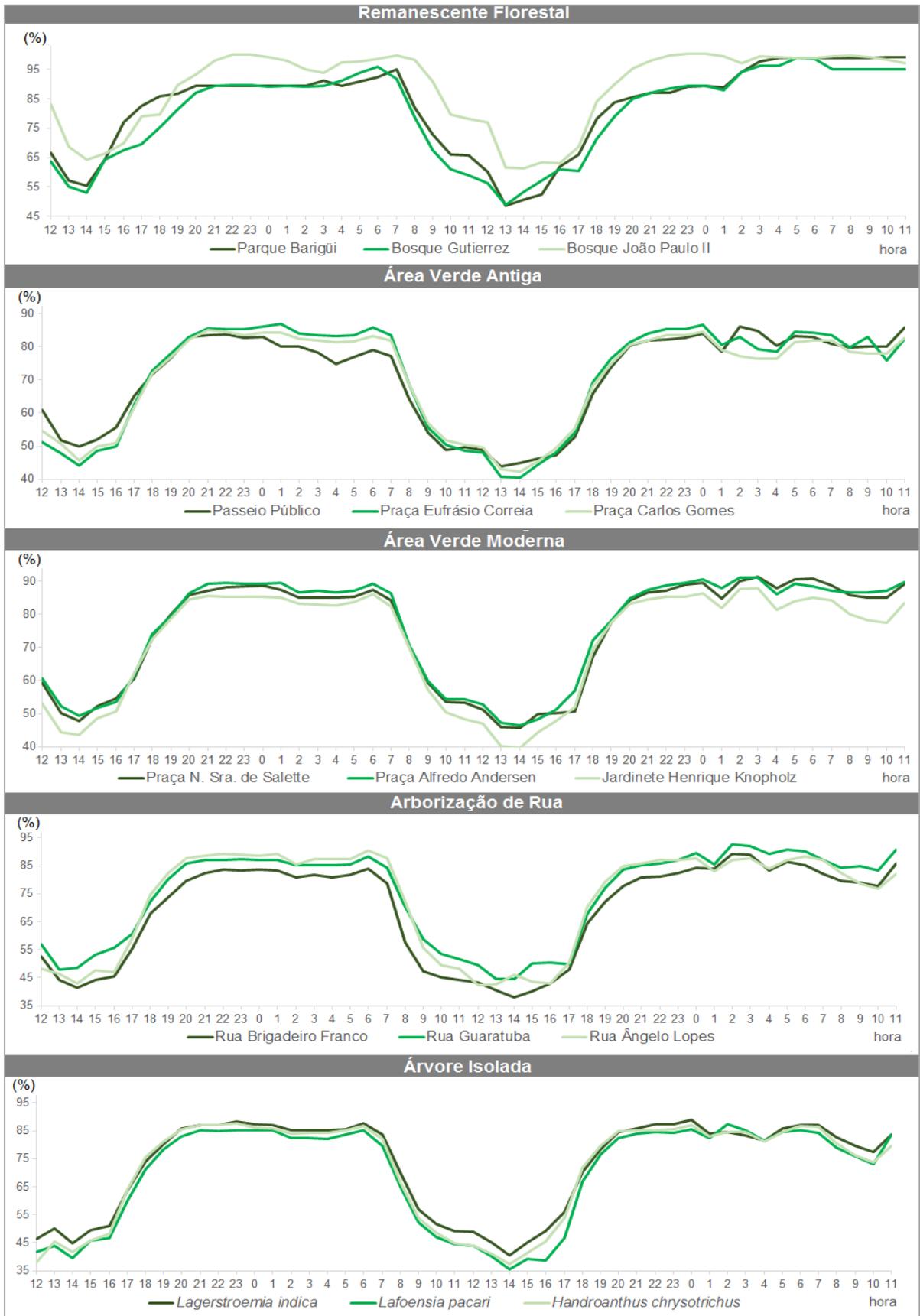
APÊNDICE 4 - VALORES MÉDIOS DE TEMPERATURA DO AR EM CADA ÁREA SELECIONADA NA ESTAÇÃO DO VERÃO



APÊNDICE 5 - VALORES MÉDIOS DE TEMPERATURA DO AR EM CADA ÁREA SELECIONADA NA ESTAÇÃO DO INVERNO



APÊNDICE 6 - VALORES MÉDIOS DE UMIDADE RELATIVA DO AR EM CADA ÁREA SELECIONADA NA ESTAÇÃO DO VERÃO



APÊNDICE 8 - SENTIDO DO VENTO VERIFICADO NO DIA DA REALIZAÇÃO DO TRANSECTO MÓVEL EM CADA ÁREA SELECIONADA NO VERÃO E INVERNO

Locais	Verão	Inverno
Parque Barigüi		
Bosque Gutierrez		
Bosque João Paulo II		
Passeio Público		
Praça Eufrásio Correia		
Praça Carlos Gomes		
Praça N. Sra. de Sallette		
Praça Alfredo Andersen		
Jard. Henrique Knopholz		
Rua Brigadeiro Franco		
Rua Guaratuba		
Rua Ângelo Lopes		
<i>Lagerstroemia indica</i>		
<i>Lafoensia pacari</i>		
<i>Handroanthus chrysotrichus</i>		