

**Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**

Efeitos do uso e cobertura do solo sobre o conforto higrotérmico

Isadora Mendes da Silva

Dissertação apresentada para obtenção do título de Mestre em Ciências, Programa: Recursos Florestais. Opção em: Conservação de Ecossistemas Florestais

**Piracicaba
2012**

Isadora Mendes da Silva
Licenciado em Ciências Biológicas

Efeitos do uso e cobertura do solo sobre o conforto higrotérmico

versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 6018 de 2011

Orientador:
Prof. Dr. **DEMÓSTENES FERREIRA DA SILVA FILHO**

Dissertação apresentada para obtenção do título de
Mestre em Ciências, Programa: Recursos Florestais.
Opção em: Conservação de Ecossistemas Florestais

Piracicaba
2012

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
DIVISÃO DE BIBLIOTECA - ESALQ/USP**

Silva, Isadora Mendes da
Efeitos do uso e cobertura do solo sobre o conforto higratérmico / Isadora Mendes da Silva. - - versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 6018 de 2011. - - Piracicaba, 2012.
170 p: il.

Dissertação (Mestrado) - - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", 2012.

1. Arborização 2. Cobertura do solo 3. Conforto ambiental 4. Microclimatologia
5. Sensoriamento remoto I. Título

CDD 333.75
S586e

"Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte – O autor"

DEDICATÓRIA

*Aos meus pais Djalma e Eliana,
ao meu irmão Ivan
e aos meus avós Izolina e Manoel,
Maria Aparecida e Francisco (in memoriam)
Dedico.*

AGRADECIMENTOS

Agradeço acima de tudo a Deus e os Orixás pela graça e proteção.

Agradeço também todas as dificuldades enfrentadas, pois sai fortalecida.

Aos meus queridos pais Djalma e Eliana por serem meu porto seguro, meus amores incondicionais, por toda educação e ensinamentos, incentivo e apoio. Por ajudarem a lutar pelos meus sonhos e enfrentar o mundo, comemorando todas as minhas vitórias e conquistas e chorando junto todas minhas derrotas e angústias;

Ao meu único irmão Ivan que tanto amo! Com quem aprendi a dividir, a partilhar e com o qual continuo aprendendo a não ser egoísta e olhar somente para meu próprio umbigo;

À vovó Izô que é tão importante na minha vida e me dá muitas lições de sabedoria. Que me afaga, acalma, socorre, escuta, aconselha, cobre de beijos, mimos e me abençoa;

Aos meus GRANDES amigos: Camila (Camilady), Marcos (Gaúcho) e Samuel (Samuka) que conheci logo que cheguei à Piracicaba, aprendi a amar e a respeitar. Minha família postiça que vou carregar para sempre comigo.

Ao professor Dr. Demóstenes por ter me confiado esta pesquisa.

Ao Jefferson por todo apoio técnico em todas as etapas da pesquisa, desde a parte de SIG até o trabalho de campo e pela amizade.

Aos professores do Depto. Engenharia de Biosistemas: Sérgio O. Moraes e Iran J. O. Silva por todo auxílio no delineamento da pesquisa, disponibilidade, grandiosos ensinamentos e amizade.

Professor Andreas Matzarakis for valuable discussions and contributions to this research;

Aos meus professores de faculdade que sempre acreditaram e aguardaram este momento, principalmente, à Valéria Stranghetti, pelos ensinamentos, amizade, disponibilidade e atenção;

Aos amigos do Instituto Agronômico de Campinas;

À Sonia C. Belentani e Marcelo Zara, por todas as oportunidades concedidas desde a graduação e pela amizade;

Ao Prof. Hilton Thadeu Zarate do Couto e aos doutorandos Éric Gorgens e Jaime H. Medina pela ajuda e tempo despendido com as análises e discussões estatísticas.

Ao pessoal do grupo de Silvicultura urbana: Larissa, Mauro, Sabrina, Caio, Diorny, Mariana, Francisca, pela solidariedade e auxílio nesta pesquisa, principalmente à Léa Y. Dobbert, que considero minha “fada madrinha” por toda amizade, apoio e incentivo.

Aos integrantes e ex-integrantes do Centro de Métodos Quantitativos que tive a oportunidade de conhecer, trabalhar junto e estabelecer uma amizade muito verdadeira, principalmente: Erica, Maísa, Andrea, Gabriele, Roberto, Rodrigo, Edgar, Tito, Eduardo, Matheus, Paulo Guilherme, Sâmia, Daniela, Luciana e Francisco Rollo, Luciana Ruggiero, Marcelo e André.

Aos auxiliares de campo cujas colaborações valiosas foram decisivas para a realização desta pesquisa.

Aos “Terroros da Pós-graduação”, ou melhor, “Rainhas”: Camila, Érica, Ariane, Luiza e Sylvia, pelas situações mais embaraçosas e divertidas da minha vida, até o momento.

Aos amigos Andréa, Thiago, Jean, Marianna, Ana Carolina, Aliane, Juliana (Tom Maior), Cláudia (Biba), Miguel (Colombiano), Leonardo (Vakulao), João Marcelo (Sustagem), Marco e Boris (Peruanos), Renatinha, Thaís F. Deus, Andrea, Marina, Rafa e Débora.

À Simone e Flávia, com quem dividi casa e tive uma boa convivência durante todo este tempo.

À república Lesma Lerda, Marikota e Taverna, que foram a continuação da minha casa durante esses anos.

Às minhas queridas amigas forrozeiras Amy, Cí e Rô,

Aos funcionários e professores do departamento de Ciências Florestais.

Aos membros da Banca.

À FAPESP (processo 2010/14414-3) e CAPES pela bolsa concedida.

EPÍGRAFE

*— As árvores, meu filho, não têm alma!
E esta árvore me serve de empecilho...
É preciso cortá-la, pois, meu filho,
Para que eu tenha uma velhice calma!*

*— Meu pai, por que sua ira não se acalma?!
Não vê que em tudo existe o mesmo brilho?!
Deus pôs almas nos cedros... no junquilha...
Esta árvore, meu pai, possui minh'alma!...*

*— Disse — e ajoelhou-se, numa rogativa:
«Não mate a árvore, pai, para que eu viva!»
E quando a árvore, olhando a pátria serra,*

*Caiu aos golpes do machado bronco,
O moço triste se abraçou com o tronco
E nunca mais se levantou da terra!"*

Augusto dos Anjos (1884-1914)
Poema *A Árvore da Serra*

*"O correr da vida embrulha tudo,
a vida é assim:
esquenta e esfria,
aperta e daí afrouxa,
sossega e depois desinquieta.
O que ela quer da gente
é Coragem."*

João Guimarães Rosa (1908-1967)
Citação do livro *"Grande Sertão, Veredas"*

SUMÁRIO

RESUMO.....	13
ABSTRACT.....	15
1 INTRODUÇÃO.....	17
1.1 Justificativa e relevância do estudo proposto	19
1.2 Hipótese.....	20
1.3 Objetivo geral	20
1.4 Objetivos específicos.....	20
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	23
2.1 Clima urbano.....	23
2.1.1 Origem.....	23
2.1.2 Conceito.....	24
2.2 Desenho urbano e o impacto no clima urbano.....	26
2.2.1 Ilhas de Calor Urbana.....	28
2.2.2 Ventos urbanos	31
2.3 Conforto Térmico Humano.....	32
2.3.1 Investigando o conforto térmico humano em ambientes abertos.....	35
2.3.2 Recursos naturais de conforto térmico.....	37
2.3.2.1 Ventilação natural.....	37
2.3.2.2 A vegetação	39
2.3.2.3 Atenuação da radiação solar e da temperatura: Sombra, umidade e evapotranspiração.....	39
2.3.2.4 A interferência da vegetação na ventilação.....	41
2.3 Ambiência Urbana.....	42
2.4 Florestas Urbanas.....	45
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	45
3.1 Localização e caracterização da área de estudo	45
3.2 Descrição das unidades amostrais	47
3.3 Procedimentos.....	51
3.3.1 Sensoriamento remoto e sistemas de informação geográfica.....	51
3.3.2 Classificação automática supervisionada.....	52
3.3.3 Dados microclimáticos obtidos com registradores fixos	57
3.3.4 Análises estatísticas dos dados microclimáticos em função da distância.....	64

3.3.5 Regressões lineares: efeito da direção do vento e o arrefecimento do entorno em função da distância.....	65
3.3.6 Questionários	66
3.3.7 Imagens termográficas.....	67
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	69
4.1 Classificação supervisionada.....	69
4.2 Dados microclimáticos.....	71
4.2.1 Estação Seca.....	72
4.2.2 Estação Chuvosa.....	81
4.3 Análises estatísticas dos dados microclimáticos em função da distância.....	89
4.3.1 ANOVA.....	89
4.3.2 Regressões lineares: efeito da direção do vento e o arrefecimento do entorno em função da distância.....	91
4.3.2.1 Temperatura.....	91
4.3.2.1.1 Campo 1 - Estação seca - Av. da Saudade	91
4.3.2.1.2 Campo 2 - Estação Chuvosa – Av. da Saudade.....	92
4.3.2.1.3 Campo 1 – Estação Seca - Praça no campo 1.....	95
4.3.2.1.4 Campo 2 - Estação Chuvosa - Praça	96
4.3.2.1.5 Campo 1 – Estação Seca – Horto	98
4.3.2.1.6 Campo 2 – Estação chuvosa – Horto.....	100
4.3.2.2 Umidade.....	103
4.3.2.2.1 Campo 1 - Estação Seca - Av. Saudade.....	103
4.3.2.2.2 Campo 2 - Estação Chuvosa - Av. Saudade.....	105
4.3.2.2.3 Campo 1 – Estação Seca – Horto.....	108
4.3.2.2.4 Campo 2 - Estação Chuvosa – Horto.....	110
4.3.3 Correlação entre as variáveis Temperatura e Umidade com as porcentagens de cobertura do solo.....	113
4.4 Questionários.....	117
4.4.1 Percepção dos usuários sobre o conforto ambiental.....	117
4.4.2 Perfil dos usuários.....	118
4.4.3 Idade, sexo e escolaridade.....	118
4.4.4 Percepção ambiental	120
4.4.5 Percepção do microclima e das condições de tempo	122
4.5 Imagens termais.....	125

4.5.1 Avenida de Saudade – Manhã, tarde e noite – Direção Leste.....	125
4.5.2 Avenida de Saudade – Manhã, tarde e noite – Direção Norte.....	126
4.5.3 Avenida de Saudade – Manhã, tarde e noite - Direção Oeste.....	127
4.5.4 Avenida de Saudade – Manhã, tarde e noite – Direção Sul.....	128
4.5.5 Horto – Manhã, tarde e noite - Direção Leste.....	129
4.5.6 Horto – Manhã, tarde e noite – Direção Norte.....	130
4.5.7 Horto – Manhã, tarde e noite – Direção Oeste.....	131
4.5.8 Horto – Manhã, tarde e noite – Direção Sul.....	132
4.5.9 Praça – Manhã, tarde e noite – Direção Leste.....	133
4.5.10 Praça – Manhã, tarde e noite – Direção Norte.....	134
4.5.11 Praça – Manhã, tarde e noite – Direção Oeste.....	135
4.5.12 Praça – Manhã, tarde e noite – Direção Sul.....	136
5 CONCLUSÕES	137
6 DIFICULDADES ENCONTRADAS.....	139
7 POSSIBILIDADES DE TRABALHOS FUTUROS.....	141
8 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	143
REFERÊNCIAS.....	145
BIBLIOGRAFIA CONSULTADA.....	155
ANEXOS.....	157

RESUMO

Efeitos do uso e cobertura do solo sobre o conforto higrotérmico

Tendo em vista a importância de se obter um desenho urbano baseado no microclima e a possibilidade da utilização da vegetação arbórea como um elemento determinante na mitigação do desconforto urbano, este trabalho avaliou o efeito provocado por três diferentes arranjos espaciais de floresta urbana e do uso e ocupação do solo sobre a temperatura e umidade do entorno. A pesquisa foi realizada na cidade de Rio Claro/SP. As configurações escolhidas para análise foram uma avenida totalmente arborizada (S), uma praça (P) e um trecho de uma floresta periurbana (H) em áreas predominantemente residenciais com baixo gabarito de edificações. O trabalho de campo foi realizado em três dias consecutivos no período de seca e no período chuvoso. Os dados de temperatura e umidade foram obtidos por meio de registradores distribuídos ao longo de 200m nas ruas que se ramificavam para Norte, Sul, Leste e Oeste a partir do aglomerado arbóreo. As variáveis de velocidade e direção do vento foram registradas pela estação meteorológica do CEAPLA. Imagens termais do entorno das áreas foram obtidas com uma câmera termográfica. Foram aplicados questionários com os frequentadores das áreas verdes. Caracterizou-se o tecido urbano por meio de classificação supervisionada feita a partir de imagem multiespectral de alta resolução do satélite World-view 2. Polígonos circulares de 20m de raio foram gerados ao redor dos pontos onde os registradores permaneceram possibilitando correlacionar a porcentagem de cobertura com a temperatura e umidade do ponto. Mapas foram gerados no programa ARCMAP possibilitando visualizar a distribuição espacial da temperatura, amplitude e umidade relativa do ar nos locais. Nos locais do estudo nos horários mais quentes a temperatura e umidade do entorno variaram de 2 °C a 4 °C e 3 UR% a 15 UR%. Normalmente em ambientes semelhantes a variabilidade espacial da temperatura e umidade do ar não é alta e os fatores que mais influenciam essa mudança são a radiação solar e o vento local. Os valores mínimos de temperatura e máximos de umidade localizaram-se mais próximos à faixa florestada. As análises estatísticas mostram que ao considerar a variável distância a partir da área arborizada na análise geral, esta é considerada determinante na influência do aglomerado arbóreo no entorno, entretanto ao especificar a análise para cada local esta deixa de ser significativa nos locais H e P com significância somente no local S entre as distâncias 40 e 80m. Algumas coberturas, principalmente asfalto e copa de árvore, possuem correlação na variação da umidade e da temperatura dos pontos. A análise dos questionários mostra uma relação do conforto relatado com o fator de exposição ao sol. A observação qualitativa das imagens termais indica que os materiais de menor albedo como o asfalto superaquecem devido à radiação solar incidente, podendo chegar, nas horas mais quentes a 70°C, contribuindo para o desconforto. A forma mais barata e eficaz para solucionar este problema é promover o sombreamento das superfícies por meio da vegetação arbórea implantando corredores verdes na malha urbana com espécies de boa densidade foliar e copa ampla.

Palavras-chave: Classificação supervisionada; Imagens termais; Dados microclimáticos; Árvores

ABSTRACT

Effects of the use and soil cover on the hygrothermal comfort

Given the importance of obtaining an urban design based on the microclimate and the possibility of the use of trees as a factor in mitigation of urban distress, this study evaluated the effect caused by three different spatial arrangements of urban forests and the use and occupation on soil in temperature and humidity of the environment in surroundings area. The research was conducted in the city of Rio Claro / SP. The configurations chosen for analysis were a fully forested avenue (S), a square (P) and a section from a periurban forest (H) in a area with predominantly residential buildings. Fieldwork was conducted in three consecutive days during the dry and rainy season. The air temperature and humidity were obtained by data loggers distributed over 200m in the streets that branched to the north, south, east and west from the tree cluster. The variable speed and wind direction were recorded by the meteorological station of CEAPLA. Thermal images of the surrounding areas were obtained with a thermographic camera. Questionnaires were applied to the green areas frequenters. Characterized the urban fabric by supervised classification made from multispectral image of high resolution two-view satellite World. Buffers with 20m were generated around the points where the data loggers remained possible to correlate the percentage of coverage with temperature and humidity of the point. Maps were generated in the ArcMap display showing the spatial distribution of temperature, amplitude and relative humidity at the sites. At the study sites, warmer periods in the surroundings showed temperatures and humidity ranged 2 °C to 4 °C and 3% RH to 15% RH. Usually in similar environments the spatial variability of temperature and humidity isn't high and the factors that influence this change are the local wind and solar radiation. The minimum temperature and maximum humidity were located closer to the forested area. Statistical analyzes show that when considering the distance variable in the overall analysis, this is considered decisive to influence of the tree cluster in the surroundings, however when the analysis is specific for each site the distance is no longer significant in the H and P sites and significant only in the place S between 40 and 80m distance. Some coverage, especially asphalt and canopy tree, show correlation between the variation of humidity and temperature points. Analysis of the questionnaires show a relationship between reported comforts with the exposure to the sun. A qualitative observation of thermal images indicate that the material of smaller reflectance as asphalt, overheat due to solar radiation, reaching, in the hottest hours at 70 ° C and contributes to discomfort. The most inexpensive and effective way to solve this problem is to promote the shading of surfaces by means of trees deploying green corridors in the urban area with good species of leaf density and ample canopy.

Keywords: Classification supervised; Thermal images; Microclimatic data; Trees

1 INTRODUÇÃO

A urbanização acelerada tem comprometido a qualidade ambiental das grandes cidades, sobretudo pela perda da cobertura arbórea e a má ocupação dos solos que interferem diretamente na rugosidade do terreno, diminuindo a ventilação natural, bem como consideráveis prejuízos econômicos, sociais e de qualidade de vida às comunidades urbanas.

A soma desses fatores trouxe inúmeras consequências como, por exemplo, o desconforto higrotérmico e formação de ilhas de calor na malha urbana, assim como o aporte de energia para o condicionamento térmico das edificações na tentativa de amenizar o efeito das condições climáticas urbanas inadequadas (LAMBERTS et al., 1997).

O clima nas cidades é reflexo de todo um conjunto complexo da estrutura urbana sendo este um grande desafio para os arquitetos, urbanista, planejadores e formuladores de política que visam garantir um ambiente mais confortável a um nível aceitável de qualidade de vida no ambiente dinâmico urbano (AHMED, 2003).

As temperaturas mais elevadas nas áreas urbanas em relação às áreas rurais é efeito denunciador de que as características térmicas dos materiais de construção e da ausência da vegetação provocam alterações do clima no ambiente construído.

Pesquisas apontam que as temperaturas são maiores nas áreas urbanas centrais onde existe um maior adensamento populacional, e uma grande impermeabilização do solo e que a soma desses fatores contribuem para o desconforto humano gerando prejuízos à saúde física e mental dos habitantes (BUENO, 1998; PEZZUTO, 2007).

As condições climáticas do local contribuem para a determinação do conforto uma vez que a temperatura e umidade do ar assim como a radiação e a velocidade do vento, comportam-se de maneira diferenciada, variando de lugar para lugar, condicionando o conforto.

A importância de se estudar o conforto higrotérmico em zonas arborizadas reside no fato de investigar como que essas áreas se comportam e que de maneira beneficiam as cidades. A vegetação além de ser um elemento condicionante e fundamental do clima urbano, está quase sempre vinculada à condição de bem-estar das pessoas.

Como a arquitetura nas cidades foi implantada sem o devido planejamento, é necessário buscar recursos de conforto na própria natureza na tentativa de solucionar ou amenizar o desconforto nas cidades (PAULA, 2004).

Trabalhos direcionados ao conforto em ambientes externos evidenciam a eficiência do elemento arbóreo na mitigação do ambiente urbano ao amenizar a temperatura e realizar a manutenção da umidade do ar além de promover o sombreamento. Desse modo gera-se um microclima diferenciado capaz de proporcionar uma maior condição de conforto além de minimizar o consumo energético, melhorando a qualidade ambiental das cidades.

Sabe-se que vários estudos em diferentes opções metodológicas, com o intuito de mostrar a influência da vegetação sobre o clima, principalmente o clima da cidade, e que comprovam a amenização das temperaturas, aumento da umidade e redução da velocidade do vento pelo elemento arbóreo (GOMES; AMORIM, 2003).

O Projeto Climático de Chicago demonstrou que a estrutura da floresta urbana (as características, a quantidade e o arranjo espacial de vários tipos de cobertura do terreno) é um importante indicador do funcionamento do ecossistema urbano (MCPHERSON; NOWAK; ROWTREE, 1994) especialmente, a própria vegetação implantada que executa a função de termorreguladores naturais moderando a temperatura das cidades, aumentando a umidade relativa, reduzindo a quantidade e melhorando a qualidade do escoamento superficial, e outros efeitos de difícil mensuração (SACAMANO et al., 1995).

As florestas urbanas podem ser definidas como a soma de toda a vegetação lenhosa que circunda, envolve ou está presente dentro dos aglomerados urbanos, desde pequenas comunidades rurais até grandes regiões metropolitanas (MILLER, 1997), sendo, portanto, ecossistemas compostos pela interação entre sistemas naturais e sistemas antropogênicos (NOWAK et al., 2001).

Existem, porém, poucos dados conhecidos sobre a quantificação dos benefícios das florestas urbanas em relação ao gradiente de distância que esta floresta pode influenciar ou não no efeito e alteração higrótérmica do entorno.

Em Israel, Givoni (1972) descobriu que o efeito de resfriamento de Biniamin Haifa Park com 0,5 ha é perceptível entre 20 – 150 m fora dele. No Japão, Honjo e Takakura (1990), usando um modelo numérico, mostrou uma faixa de 200 m na direção do vento, sendo a largura da área verde 300-700 m. Os resultados de suas simulações indicaram que o alcance do efeito é uma função da escala, tamanho, da

área verde e os intervalos entre as áreas verdes. Eles sugerem que pequenas áreas verdes, com intervalos constantes são preferíveis para o arrefecimento eficaz do ambiente do que somente um grande aglomerado arbóreo.

Shashua-Bar e Roffman (2000) em experimento realizado nas cidades de Tel Aviv, Givatayim e Ramat-Gan em Israel, utilizando modelagem matemática concluíram que em pequenos jardins ou pátios com árvores, o efeito de resfriamento nas áreas vizinhas, ou seja, nas ruas que se ramificam a partir das áreas vegetadas, o efeito refrescante é perceptível cerca de 100 m de distância e corroboram com os demais trabalhos aqui citados.

A valorização dos espaços abertos e das áreas verdes dentro do planejamento das zonas urbanas constitui um componente essencial no desenvolvimento destas áreas, e embora a eficácia destes espaços na amenização da ilha de calor urbano esteja estabelecida, algumas barreiras ainda persistem, tais como, conflitos de interesses, economia e a falta de conhecimento.

1.1 Justificativa e relevância do estudo proposto

As condições climáticas intra-urbanas, derivadas diretamente da heterogeneidade, tanto do sítio quanto da estruturação, morfologia e funcionalidades urbanas, geram bolsões climáticos intra-urbanos, ilhas de calor, ilhas de frescor, microclimas urbanos que necessitam de estudos.

É sob esse contexto que se destaca também a importância das áreas verdes e sua influência no microclima urbano, e a mitigação dos efeitos prejudiciais da urbanização, tais como aquecimento das superfícies urbanas, baixa qualidade do ar, além do aumento do efeito da ilha de calor urbana.

Com o Aquecimento Global em evidência nos últimos anos e uma vez que o clima, pelo menos por enquanto, não pode ser alterado e a arquitetura já está mal implantada, faz-se necessário apresentar soluções aditivas para a obtenção do conforto térmico. Nada mais adequado do que buscá-las na própria natureza, utilizando-se da vegetação.

O efeito positivo dos recursos naturais de conforto nas cidades tem sido demonstrado por meio de vários estudos que apontam, entre outros benefícios, a amenização da temperatura, a manutenção da umidade do ar e a redução do consumo energético. Desta forma este trabalho justifica-se pelo estudo dos efeitos

do uso e cobertura do solo e dos diferentes arranjos espaciais de floresta urbana sobre o conforto higrotérmico do tecido urbano adjacente.

1.2 Hipótese

Para esta pesquisa, definiu-se como hipótese principal que os diferentes arranjos espaciais de floresta urbana atuam de forma diferenciada no conforto higrotérmico local ao resfriar a temperatura do ar e elevar a umidade relativa no tecido urbano adjacente e que o uso e cobertura do solo também podem influenciar na variação da temperatura e da umidade.

1.3 Objetivo geral

Avaliar se três diferentes arranjos espaciais de floresta urbana na cidade de Rio Claro, SP, possuem um comportamento diferenciado na variação da temperatura e umidade e até que ponto pode contribuir para o arrefecimento do entorno, assim como se os materiais de cobertura do solo apresentam correlação com a variação higrotérmica dos pontos de medição.

Considerando a relevância das florestas urbanas a presente pesquisa norteou-se por algumas indagações descritas a seguir:

1. Os Aglomerados arbóreos contribuem para o arrefecimento da área?
2. Conforme a distância do ponto central no maciço aumenta, em um transecto de 200m, a cada 40m (gradiente) a temperatura sobe e a umidade decresce?
3. Até qual distância a vegetação exerce uma influência sobre o entorno? Ou será que o ambiente construído que está exercendo uma influência sobre a área vegetada?
4. As coberturas (materiais) no local e ao redor de onde foram fixados os registradores podem colaborar para a alteração da temperatura ou umidade nos pontos?
5. Qual dos três arranjos florestais contribui mais para a mitigação do desconforto urbano?

1.4 Objetivos específicos

(a) Classificação e quantificação dos fragmentos florestais e avaliação da cobertura vegetal urbana do município;

(b) Quantificação da temperatura e umidade relativa do ar no interior e no entorno de cada um dos arranjos de floresta urbana;

(c) Correlação entre a porcentagem de materiais de cobertura obtidos na classificação supervisionada e os dados de temperatura e umidade dos registradores e estação meteorológica;

(d) Correlação entre os dados de direção e velocidade do vento da estação meteorológica do CEAPLA/UNESP com os dados de temperatura e umidade dos registradores;

(e) Análise qualitativa das imagens termais;

(f) Análise exploratória dos questionários aplicados.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Clima Urbano

A preocupação com o clima urbano tem gerado uma produção científica nas mais variadas abordagens, metodologias e cidades estudadas.

Segundo Oke (1978) o processo de crescimento urbano impõe um caráter peculiar à baixa troposfera a ponto de produzir condições atmosféricas locais distintas das encontradas em suas áreas vizinhas. Assim, a cidade “gera” um clima próprio, chamado de clima urbano, fruto da interferência de atributos como capeamento do solo, material empregado nas construções, geometria e rugosidade da cidade, emissão de aerossóis e produção artificial de calor sobre a camada limite, que se processo do nível microclimático ao mesoclimático.

Monteiro, 1976 diz que o clima urbano é resultado da interferência da superfície sobre a camada de ar imediata (microclima), e desta com a camada limite (mesoclima); contudo, seu controle se faz da escala microclimática aos níveis inferiores (MONTEIRO, 1976)

Pode-se considerar o clima urbano como um sistema de inter-relações complexas do qual faz parte a cidade com todos os seus atributos e os aspectos físicos do espaço em que se insere.

O conceito de clima urbano é tratado, por diversos autores sobre diferentes enfoques. Nesta seção faz-se uma breve referência aos estudos realizados sobre a climatologia urbana, procurando conceituar e identificar os principais elementos morfológicos urbanos que condicionam o clima da cidade.

2.1.1 Origem

A primeira referência sobre o clima urbano remete a sociedade grega e romana. Hipócrates em sua obra intitulada “Ar, Água e Lugar” desenvolveu alguns conceitos sobre os efeitos do ambiente urbano sobre a saúde dos habitantes (GARCÍA, 1999).

No Século XVII começaram as observações meteorológicas realizadas por instrumentação, possibilitando obter uma série de medições regulares e sistemáticas permitindo detectar em algumas cidades, as alterações geradas pelo crescimento no clima.

O primeiro estudo sobre o clima urbano foi em 1833, em Londres, quando o químico Luke Howard realizou um trabalho sobre a contaminação do ar e descobriu

a ocorrência de temperaturas mais elevadas no centro da cidade em relação às áreas rurais circunvizinhas. Essas alterações encontradas foram frutos da poluição produzida pela queima de carvão, que provocava o aumento na temperatura da cidade. A diferença térmica verificada entre a cidade e o entorno foi de 2,2°F (LANDSBERG, 1981).

A origem da Climatologia Urbana moderna, como conhecida hoje, data do início do Século XIX, quando Wilhelm Schimidt iniciou estudos micrometeorológicos sobre o clima de Viena utilizando veículos automotores para a obtenção de dados meteorológicos em diversos pontos na cidade e em seus arredores, possibilitando desenvolver uma investigação sistemática da fenomenologia e da causa das diferenças térmicas e, assim, estabelecer perfis térmicos detalhados e a delimitação de isolinhas térmicas que refletem a distribuição térmica espacial (GARCÍA, 1999), procedimentos bastante utilizados nos recentes estudos do clima urbano.

2.1.2 Conceito

Monteiro (2003) aponta a idéia do caráter dinâmico e variado do clima e o define como sendo o resultado do processo de transformação de um dado espaço terrestre e sua urbanização através da introdução de novos materiais que alteram o balanço hídrico e energético.

Para Oke (1978), o clima urbano é a modificação do clima local, resultado de condições particulares do meio ambiente urbano, seja pela rugosidade do tecido urbano, ocupação, permeabilidade ou pelas propriedades térmicas dos materiais que o compõem.

Segundo García (1999), o clima urbano é aquele próprio das cidades e áreas urbanas, correspondendo às características do clima original da região onde se assenta a cidade e modificadas localmente pela ação do ser humano. As principais características deste tipo de clima consistem em: aumento da temperatura, diminuição da umidade relativa, maior nebulosidade e precipitação, diminuição da velocidade do vento, aumento da turbulência.

Lombardo (1985) define o clima urbano como um mesoclima que está incluído no macroclima e que sofre na proximidade do solo, influências microclimáticas derivadas dos espaços intra-urbanos.

Porém, Landsberg (1981) salienta que os efeitos microclimáticos que influenciam as condições climáticas da camada inferior da atmosfera se manifestam

somente em condições de ventos fracos e sem nuvens e que, em condições de ventos fortes, alta nebulosidade e chuva a influência gerada pela cidade sobre o clima são, em grande parte, suprimidas.

Entretanto, segundo Barbugli (2004), estas modificações no clima urbano não ocorrem de maneira homogênea, uma vez que, a ocupação da cidade ocorre de forma desordenada e heterogênea.

No processo de urbanização a poluição do ar afeta a transferência de radiação e acrescenta núcleos de condensação no ar, aumentando a precipitação. A densidade e a geometria das edificações criam uma superfície rugosa que influencia na circulação do ar e no transporte de calor e vapor d'água. Os materiais de construção e o asfaltamento das ruas aumentam o estoque de calor, a impermeabilização do solo aumentando as enchentes. Esses fatores, associados a outros, contribuem para a formação de um microclima local, denominado clima urbano (MAITELLI, 1994 apud DOURADO, 2000).

A análise das variações do ambiente urbano deve ser feita nos variados níveis. A ação ecológica natural, associada aos fenômenos urbanos, constitui o conjunto complexo de inter-relações que produzem o clima urbano (SOUZA, 1990).

Detwyler e Marcu (1974), citado por Romero (1988) apud Bueno (1998), afirmam que as mudanças climáticas provocadas pela urbanização são três:

1. Alteração devido a densa construção e pavimentação da superfície física do solo, aumentando sua capacidade térmica e sua rugosidade, ao mesmo tempo em que transforma o movimento do ar;
2. Aumento da capacidade armazenadora de calor com a diminuição do albedo;
3. Modificação da transparência da atmosfera devido à emissão de "contaminantes" (poeira, poluição, etc.).

Givoni (1994) cita que algumas características físicas dos centros urbanos tem efeito sobre o clima como a densidade da área urbana; a orientação e largura das ruas; a altura relativa das edificações; os parques urbanos e áreas verdes particulares.

De acordo com Lombardo (1985), em seu estudo sobre a cidade de São Paulo, existe uma estreita relação entre os tipos de uso do solo urbano e a variação de temperatura superficial. As altas temperaturas são verificadas em áreas onde o crescimento vertical é intenso, onde existe altas densidades demográficas e pouca

quantidade de vegetação, principalmente em setores industriais e residenciais. Contudo as regiões que possuem uma maior concentração de espaços livres, com vegetação ou próximos a reservatórios de água, sofrem acentuados declínios de temperatura.

As águas interferem no balanço de energia devido à sua alta capacidade calorífica e pelo consumo de calor latente pela evaporação. Uma maior quantidade de vegetação também muda o balanço de energia local, já que as plantas absorvem a radiação solar através dos processos de fotossíntese e transpiração.

2.2 Desenho urbano e o impacto no clima urbano

O explosivo crescimento das cidades, principalmente depois da 2ª Guerra Mundial, trouxe mudanças radicais não só à forma física da cidade como também à percepção humana da terra e do meio ambiente na procura por um ambiente menos hostil.

A estrutura do desenho urbano precisa ser reexaminada, pois está em jogo questões de valores ambientais e percepções de como nós respondemos ao meio que nos cerca.

Segundo Franco (1997), os processos e recursos naturais, que contribuem para a forma física da cidade têm sido esquecidos pela civilização diante a energia barata e uma tecnologia cujas metas são de causas muito mais econômicas do que ambientais ou sociais.

Além disso, a estética do desenho urbano, importadas de países mais desenvolvidos, até pouco tempo era mais valorizada do que à necessidade de conservação dos recursos naturais.

Hoje a situação está se invertendo, está procurando-se aliar o estético ao planejamento ambiental na tentativa de compreender os processos naturais inserindo-os no desenho ambiental urbano.

Como já apontado neste revisão, as áreas urbanas são conhecidas por terem diferentes condições climáticas do que os seus arredores rurais, incluindo as temperaturas mais altas, maiores velocidades de vento e aumento da precipitação, também conhecidos como ilhas de calor urbanas, vento urbano e precipitação urbana.

Estes fenômenos são todos causados pelo desenho e forma da cidade. Grandes quantidades de superfície impermeável, edifícios intrusivos e a falta de vegetação na paisagem urbana, tudo contribui para tais problemas.

A prática do desenho urbano não tem levado em conta os impactos no ambiente, repercutindo não só no desequilíbrio como também no conforto e salubridade das populações urbanas.

Esses impactos são decorrentes das mudanças das características térmicas das superfícies, das taxas de evaporação e dos novos padrões de circulação do ar, tendo como consequência denunciadora à formação das chamadas ilhas de calor, que corresponde ao aumento de temperatura de uma determinada área urbana em relação aos seus arredores (LABAKI; SANTOS, 1996 apud BUENO, 1998).

Os projetos que se preocupam com o clima podem ser de grande valia na melhora da saúde dos moradores das cidades contribuindo por exemplo no aumento da ventilação urbana, auxiliando na diminuição de doenças respiratórias e na redução da temperatura do ar na cidade durante os meses de verão, diminuindo o aparecimento de doenças relacionadas ao calor. A qualidade do ar é algo que também pode ser melhorada reduzindo o nível de poluição de ozônio, uma causa de sérios riscos de saúde para crianças, idosos, e aqueles com asma. Finalmente, a qualidade de vida da comunidade pode ser melhorada por meio da concepção climática (SPIRN, 1984).

A Criação de espaços mais confortáveis podem ajudar as cidades a melhorar o estilo de vida de seus habitantes. Prolongar o tempo que as pessoas podem permanecer confortavelmente ao ar livre ajudar a enriquecer a vida urbana, permitindo a realização de mais atividades. É importante que os urbanistas percebam que o design de um local altera o microclima e pode trazer consequências severas ao conforto dos pedestres que ali frequentam.

Projetos aliados a mitigação do clima urbano é algo que necessita ser implantado em boa parte da malha urbana para surtir efeitos sobre as condições mesoclimáticas da cidade. Um efeito só é perceptível em toda a cidade se vários espaços forem projetados e concebidos visando a melhora do clima local.

A maioria dos problemas climáticos na cidade são devido a três fenômenos: ilhas de calor urbanas, o vento urbano e a precipitação urbana.

É necessário alterar o desenho urbano no intuito de minimizar os efeitos negativos que estes fenômenos têm sobre a cidade e seus habitantes. Isto pode ser

conseguido por meio da aprendizagem, compreendendo a relação entre estes fenômenos e a forma física da cidade.

Ilhas urbanas de calor, vento e precipitação urbana, são todos causados por altas quantidades de superfície impermeável, juntamente com a falta de vegetação encontrada em áreas urbanas (AKBARI et al., 1992).

Portanto, diminuir a quantidade de área de superfície impermeável e aumentar a quantidade de vegetação em toda a cidade são aspectos essenciais de concepção de projetos. Superfícies impermeáveis da cidade incluem edifícios, estradas e estacionamentos. A utilização de telhados verdes em edifícios para reduzir a área de superfície impermeável na cidade já está recebendo uma grande atenção.

2.2.1 Ilhas de Calor Urbanas

Ilhas de Calor Urbanas (ICU) é a designação dada à distribuição espacial e temporal do campo de temperatura sobre a cidade que apresenta um máximo, definindo uma distribuição de isotermas que faz lembrar as curvas de nível da topografia de uma ilha, daí a origem do nome *ilha de calor*.

A origem das ilhas de calor decorre da simples presença de edificações e das alterações da paisagem feitas pelo homem nas cidades. A superfície urbana apresenta particularidades em relação à menor capacidade térmica e densidade dos materiais utilizados nas construções urbanas: asfalto, concreto, telhas, solo exposto, presença de vegetação nos parques, ruas, avenidas, bulevares e também, alterações do albedo (reflexão das ondas curtas solares) devido às sombras projetadas das construções e à impermeabilização da superfície do solo que implica aumento da velocidade do escoamento superficial da água de chuva e maior risco de cheias das baixadas, entre outros.

O efeito de ilha de calor nos países de latitudes médias (frios ou temperados) é mais marcado no período noturno, e a sua intensidade é função não linear da população urbana, o que é mais favorável para o conforto térmico da população durante as noites, reduzindo a necessidade de sistemas de ar condicionado para aquecimento noturno.

Nas cidades de latitudes subtropicais e tropicais devido a alta intensidade da radiação solar incidente as ilhas de calor urbanas ocorrem durante o dia, agravando a sensação e o desconforto devido a elevação da temperatura e à redução da umidade relativa do ar.

Embora nos países mais frios este aumento de temperatura possa ser favorável durante o inverno, os verões mais quentes criam condições que são desconfortáveis para os pedestres. Nos países tropicais levam a um maior consumo de energia a fim de refrigerar edifícios.

Estudos têm demonstrado que as temperaturas podem ser 2 ° F a 8 ° F mais quente em cidades do que no campo circundante (AKBARI et al., 1992). Por mais de um século, os climatologistas têm vindo a estudar este fenómeno conhecido como efeito ilha de calor urbano.

O grau de aumento da temperatura devido ao efeito de ilha de calor varia de cidade para cidade, dependendo da região climática da cidade, bem como suas características físicas.

Uma cidade bem agrupada em uma região fria como Nova York, por exemplo, pode ser de até 10 ° F mais quente que a sua paisagem circundante. Cidades tropicais, como a Cidade do México , experimentam efeitos maiores da ilha de calor que pode ser de até 18 ° F mais quente (AKBARI et al., 1992).

Com base em análise de imagem termal de satélite ambiental, a cidade de São Paulo apresenta temperatura da superfície (*skin temperature* ou temperatura radiativa da superfície) no centro da conurbação urbana de até 10 °C maiores que as temperaturas registradas em lugares arborizados.

As principais causas de ilhas de calor urbanas são maiores concentrações de poluição do ar, automóveis, produção de calor por máquinas e superfícies impermeáveis, bem como os valores mais baixos da vegetação (AKBARI et al., 1992; LYNCH, HACK, 1984).

Estudos têm sido realizados para determinar a quantidade de energia que pode ser reduzida com o uso de superfícies de maior albedo em edifícios e estradas. Albedos não só indicam a quantidade de radiação de uma superfície absorve, mas também a rapidez com que a superfície libera calor radiante.

Uma diminuição média de 0,07 no albedo pode resultar numa diminuição de até 3,6 ° F enquanto modificações que elevam o albedo (0,13) pode levar a um aumento de 6,3 ° F (TAHA; DOUGLAS; HANEY, 1997). As superfícies com baixo albedo irradiam mais rapidamente do que uma superfície de alto albedo.

A falta de vegetação em áreas urbanas agrava as ilhas de calor pois a vegetação ajuda a resfriar o ar circundante por meio de um processo chamado evapotranspiração. A evapotranspiração é o processo em que uma planta absorve

água e nutrientes em seu sistema através das raízes e usa o que necessita para o crescimento. Qualquer excesso de água que a planta não precisa é convertido em água de vapor e transpiração para o ar circundante.

Na conversão do líquido para o vapor de água utiliza-se de energia ajudando a reduzir a temperatura do ar circundante. Estes efeitos de arrefecimento, no entanto, são mais notados onde as árvores estão plantadas em grupos, não isoladamente (HEISLER, 1986).

Os efeitos da evapotranspiração são mais perceptíveis em climas áridos como Davis, Califórnia, onde as temperaturas em bairros com árvores de grande porte e “maduras” podem ser 3 ° F a 6 ° F mais baixas do que nas áreas vizinhas com árvores de pequeno porte, jovens ou sem a presença de nenhum indivíduo arbóreo (HUANG et al., 1992).

Em uma cidade de pequeno a médio porte a intensidade de calor está relacionada com o crescimento acelerado das áreas centrais. O efeito de ilha de calor corresponde a um dos mais significativos exemplos das modificações climáticas já documentadas e caracteriza-se pelo fato de o ar da área central urbana ser geralmente mais aquecido do que o ar das áreas circundantes (OKE, 1978).

A ilha de calor causa inúmeras conseqüências, envolvendo implicações biológicas, econômicas e meteorológicas. As implicações biológicas do fenômeno ilha de calor estão relacionadas ao conforto térmico, pois o excesso de calor associado à qualidade do ar na cidade pode prejudicar a saúde do homem, causando-lhe distúrbios de coração, de circulação e respiração (ERIKSEN, 1978 citado por LOMBARDO, 1985).

Quanto às implicações meteorológicas a ilha de calor pode modificar as correntes de vento na cidade, aumentando a possibilidade de concentração de poluentes, que por sua vez pode causar um aumento das precipitações nas áreas urbanas (LOMBARDO, 1985).

Segundo Oke (1978), os principais fatores que contribuem para a elevação da temperatura do centro da cidade são:

1. Aumento da entrada de ondas longas devido à absorção das ondas longas que saem e sua reemissão pelos poluentes atmosféricos;
2. Diminuição das perdas da radiação de ondas longas nos “canyons” devido à redução do “sky view factor” pelas construções;

3. Maior absorção da radiação de ondas curtas devido o efeito da geometria dos prédios no albedo;

4. Maior armazenamento de calor durante o dia devido às propriedades térmicas dos materiais urbanos e liberação deste a noite;

5. Adição de calor antropogenico (pela utilização de aquecedores, refrigeradores, transportes e operações industriais);

6. Diminuição da evapotranspiração, devido à remoção da vegetação e das superfícies líquidas das cidades, o que diminui o fluxo de calor latente e aumenta o fluxo de calor sensível.

É possível perceber que as maiores temperaturas serão notadas em lugares com baixa quantidade de vegetação, enquanto que as temperaturas mais amenas serão notadas nas áreas verdes e nas proximidades de espelhos d'água.

2.2.2 Ventos urbanos

De todos os elementos climáticos, as condições do vento são as mais modificadas devido à urbanização. Os edifícios atuam sobre o vento como um escudo, aumentando a rugosidade da superfície, diminuindo a velocidade do vento e alterando a sua circulação natural. Contudo, o vento é um elemento que pode ser controlado e modificado pelo desenho urbano.

Para o desenho urbano, o interesse centra-se nos ventos locais, sendo preciso conhecer somente como se processam os mecanismos de vento nas camadas mais baixas da atmosfera.

O vento é o movimento do ar das áreas de alta pressão para áreas de menor pressão. A velocidade do vento é determinada pela diferença das duas pressões, uma vez que uma maior diferença de pressão, gera uma maior velocidade do vento. O vento urbano é uma condição criada por arranha-céus, superfícies e grandes quantidades de espaços abertos.

O movimento do ar também é causado por diferenças de temperatura pois o ar se move de áreas mais frias para áreas mais quentes. A forma física das áreas urbanas tem um grande efeito sobre a velocidade do vento e seus padrões.

Edifícios e rugosidade superficial alteram os padrões de vento de várias maneiras. Ventos de nível superior serão retardados devido ao arrasto causado por edifícios de diversas alturas. O vento em áreas rurais se move livremente em altitudes mais elevadas, mas quando o vento atinge a cidade e

entra em contato com edifícios mais altos, é diminuído consideravelmente.

As brisas são mais afetadas pela forma da cidade. Edifícios alteram o vento, criando barreiras sólidas por meio da qual o vento não pode penetrar sendo direcionado para outro local que possa fluir. Isso faz com que o vento mova-se em padrões imprevisíveis e crie maior pressão de ar em torno dos edifícios, aumentando a velocidade do vento.

Pesquisadores constataram que as correntes de ar e os efeitos climáticos dependem da estrutura da superfície da cidade e das condições do tempo (TERJUNG; LOUIE, 1974). Em estudos realizados na cidade de Salvador, Nery et al. (2006) observaram que as áreas de alta densidade ocupacional reduzem a circulação do ar e modificam a direção dos ventos dominantes. Em outro estudo realizado na Alemanha, Nobile (2003) concluiu que as áreas verdes e parques lineares servem para conduzir ar mais fresco dos arredores para os centros, contribuindo para o balanço da energia térmica nos centros das cidades.

Dimoudi e Nikolopoulou (2003) simularam a capacidade da velocidade do ar em distribuir as temperaturas das áreas verdes nas regiões mais áridas da cidade. O maior efeito é a redução da temperatura nas áreas próximas a essas áreas, mas isso depende da morfologia urbana.

Estudos em túnel de vento mostraram que torres altas aumentam a velocidade do vento da cidade em até 150% (BOSSSELMANN, 1998). As superfícies de estradas e estacionamentos da cidade criam pouco atrito do vento, em comparação com a paisagem cheia de árvores do campo. Essas superfícies lisas se alinhadas de modo inadequado, construídas ladeando as ruas da cidade, podem agir como calhas de vento permitindo que os ventos atinjam velocidades muito superiores.

Ao contrário de edifícios, espaços abertos permitem que o vento penetre facilmente com pouco atrito. Bosselmann (1998) sugeriu que a melhor maneira de reduzir o vento urbano é imitar ambientes naturais.

2.3 Conforto Térmico Humano

Os espaços urbanos abertos geralmente contribuem de forma positiva para a saúde humana e o bem-estar e levam a um importante contributo para o conforto térmico humano em espaços exteriores (GEORGI; DIMITRIOU, 2010)

A ASHRAE - *American Society of Heating, Refrigerating and Air- Conditioning Engineers, Inc.* (1992), define conforto térmico como "Condição da mente que expressa satisfação com o meio térmico em que a pessoa está inserida".

A maioria das pesquisas com conforto térmico humano tem girado em torno de ambientes internos, que têm climas razoavelmente estáveis (GIVONI, 1963; OLGAY, 1963). As condições climáticas em constante mutação do ambiente ao ar livre fazem o projeto para o conforto térmico humano muito mais difícil.

Os conceitos gerais e fatores que determinam o conforto térmico, no entanto, são os mesmos para ambientes interiores e exteriores e pode ser utilizado para estimar o conforto de uma pessoa nos espaços abertos ao ar livre da cidade.

A resposta humana para o ambiente térmico é impossível ser expressa como uma função de apenas um fator ambiental (GIVONI, 1963). São vários os elementos que determinam o conforto térmico humano sendo estes ambientais ou característicos do indivíduo. Todos estes variam de pessoa para pessoa e de um lugar para outro, gerando uma dificuldade de eleger um padrão capaz de agradar a todos o tempo todo.

A temperatura do ar, ou temperatura de bulbo seco (TBS), a temperatura radiante média (TRM), a umidade relativa e a velocidade do ar são fatores ambientais. Esses fatores estão relacionados às trocas por convecção (TBS e velocidade do ar), por radiação (TRM) e principalmente à perda de calor latente por evaporação, que depende da umidade relativa e da velocidade do ar (SILVA et al., 2011).

Os fatores do indivíduo são: a atividade física exercida, representada pela taxa metabólica, e a resistência térmica da vestimenta utilizada. Quanto maior a atividade física, maior será o calor gerado pelo metabolismo. As atividades, tanto ativas quanto passivas, dos habitantes urbanos, necessitam de ambientes que sejam confortáveis termicamente (LABAKI, 2011).

Olgay (1963) em sua obra teve como propósito geral o estudo das sensações do conforto humano. O mesmo afirma que os elementos que mais afetam o conforto humano são: temperatura, radiação e ventos; tratando de forma diferenciada os efeitos da umidade, tais como: chuva, névoa, neve, geada e pressão de vapor.

Conforto térmico consiste no conjunto de condições em que os mecanismos de autorregulação são mínimos, ou ainda na zona delimitada por características

térmicas em que o maior número de pessoas manifesta sentir-se bem (GOMES; AMORIM, 2003).

Para Romero (1988), o ser humano possui dois mecanismos de regulação térmica que permite adaptação às variações dos elementos do clima:

1. Mecanismo fisiológico: como batidas cardíacas, suor, dilatação dos vasos, variações de fluxo sanguíneo, contração dos músculos, arrepios e ereção dos pelos;
2. Mecanismo comportamental: com redução da capacidade de trabalho, prostração e sono.

Segundo Bueno (1998) *“o estudo quantitativo da influência das condições térmicas de um ambiente, no ser humano, depende de medições das variáveis desse ambiente e da análise das reações das pessoas à ação dessas variáveis; além disso, é necessário expressar a relação entre causa e efeito, quando possível, com um único valor numérico. Portanto, as condições de conforto térmico são funções de uma série de variáveis”*.

Warner (1991) sugere que devem ser projetados espaços para criar um conforto térmico ideal ou um ambiente confortável para a maioria. Ao projetar visando o conforto térmico ideal, deve-se tentar eliminar extremos climáticos, porque estas são as condições que os pedestres mais querem evitar. Isto significa projetar para oferecer espaços mais frescos no verão atenuando elementos agressivos. A temperatura do ar radiante e vento são os dois fatores que os designers têm maior capacidade de manipular.

O conforto humano depende basicamente da ventilação natural e da não incidência de radiação solar direta tanto nas próprias pessoas como em materiais de construção impermeabilizantes. A quantidade de radiação e do vento que uma pessoa entra em contato pode afetar drasticamente os níveis de conforto térmico da mesma (SPIRN, 1984).

Temperatura radiante é a temperatura criada pela troca de calor radiante de uma superfície para outra. Qualquer objeto com uma temperatura superior a -459°F (-273°C) emite energia radiante (BROWN, 1982). A segunda lei da termodinâmica declara que a energia fluirá de um objeto de maior energia para um de menor energia até que esses níveis de energia sejam igualados. Um objeto frio irá absorver energia térmica a partir de qualquer objeto mais quente do que ele, aquecendo o objeto mais fresco, e resfriando o objeto mais quente. Assim, a temperatura radiante

é a temperatura de uma superfície quando esta ganha ou perde energia radiante para o meio.

O ar acima de um estacionamento asfaltado, por exemplo, é quente no verão, porque o asfalto irradia energia térmica para o ar que está acima desta superfície, elevando a temperatura do ar naquele local. Este ar quente então entra em contato com as pessoas que usam esse espaço podendo provocar a sensação de desconforto.

O vento pode e deve ser manipulado a fim de criar espaços mais confortáveis termicamente. O vento tem a capacidade de transportar calor para ou a partir de uma dada superfície. Em um dia quente de verão, uma brisa vem como um alívio agradável, carregando o calor (Energia) provocando a sensação de frescor. O efeito do vento sobre o conforto térmico humano durante o inverno terá o efeito oposto à medida que se aumenta a taxa a qual o corpo perde calor.

A troca de energia entre uma pessoa e seu ambiente deve ser equalizada para que seja confortável (BROWN, 1982). A constante variação dos elementos do clima no ambiente externo torna impossível criar um equilíbrio de energia constante, mas os esforços podem ser feitos para diminuir a diferença de energia, inserindo elementos atenuantes que têm efeito sobre a temperatura corporal.

A incidência solar direta pode ser interceptada de maneira muito eficaz por meio do sombreamento proporcionado pelas árvores e o vento, que é refrigerado ao entrar em contato com as superfícies foliares e realizar trocas por convecção além do baixo valor de albedo.

2.3.1 Investigando o conforto térmico humano em ambientes abertos

Vários pesquisadores procuraram definir, objetivamente, como as diversas características do elemento de estrutura urbana e as condições climáticas do espaço urbano influenciam na sensação de conforto térmico dos indivíduos nos espaços urbanos abertos.

Nagara, Shimoda e Mizuno (1996) realizaram uma pesquisa, na cidade de Osaka (Japão), com o objetivo de verificar a sensação térmica em espaços urbanos abertos. A pesquisa foi realizada, durante o período da tarde, aproximadamente às 15 horas. O espaço urbano do pedestre foi caracterizado pelas calçadas e ruas subterrâneas (estações de trem e shopping no subsolo). Foram realizadas rotas a pé e coletados dados de temperatura e umidade em diversos pontos. Paralelamente,

foram aplicados questionários com o objetivo de detectar a sensação térmica dos usuários urbanos. Os resultados mostraram que a sensação térmica dos entrevistados é influenciada pelo tempo de exposição ao sol, e a sensação térmica mais desconfortável concentra-se nas proximidades dos cruzamentos de vias.

No trabalho realizado por Givoni e Noguchi (2000), em um parque na cidade de Yokohama, Japão, foi avaliada a relação da sensação térmica e a sensação global de conforto. Foram obtidos dados subjetivos e dados micro-climáticos de temperatura do ar, umidade, velocidade do ar, temperatura superficial do entorno e radiação solar.

Foram distribuídos questionários entre homens e mulheres, em diferentes condições, durante alguns dias, em quatro estações do ano. A partir do levantamento dos dados, foi possível desenvolver uma equação de predição da sensação de conforto do indivíduo em área externa.

Raja e Virk (2001) indicam que as estratégias de condicionamento ambiental para o conforto humano incluem: sol/sombra, controle radiante, vento e evaporação / umidificação.

Katzschner, Bosch e Röttgen (2002) avaliaram como o comportamento das pessoas em espaços abertos, depende das condições de conforto térmico. A pesquisa foi aplicada em uma praça da cidade de Kassel, centro da Alemanha, e utilizou-se de medidas das condições climáticas, combinadas com entrevistas e observações do comportamento das pessoas, em espaços abertos.

Pezzuto (2007) em pesquisa realizada no município de Campinas aplicou questionários com os pedestres nos locais centrais da cidade com objetivo de avaliar a sensação de conforto térmico nestes espaços. Neste estudo foi verificado que o uso do solo urbano interfere tanto na temperatura do ar como na sensação térmica do pedestre da cidade, e que pontos localizados em regiões de uso do solo semelhantes apresentaram valores estatisticamente iguais.

Lin, Matzarakis e Hwang (2010) realizaram um estudo em Taiwan com a finalidade de avaliar como o sombreamento em espaços abertos afeta a percepção das pessoas nesses espaços. A pesquisa contou com 12 experimentos de campo para analisar as condições térmicas de um campus universitário no centro de Taiwan. Foi utilizado o modelo Rayman para prever o conforto térmico aplicando dados meteorológicos para um período de 10 anos utilizando o índice de Temperatura fisiológica equivalente (PET). A faixa de conforto térmico dos

moradores de Taiwan obtidos em uma pesquisa anterior foi aplicado como critério para determinar se um ambiente térmico é confortável ou desconfortável. Os resultados analíticos indicam que o fator de visão do céu (Sky View Factor), que representa a porcentagem de céu livre em locais específicos, afeta significativamente o ambiente térmico ao ar livre. Os resultados analíticos indicam que um alto SVF (mal sombreada) provoca desconforto no verão e um SVF baixo (altamente sombreado) provoca desconforto no inverno. Como Taiwan tem verões quentes e invernos suaves, sombreamento suficiente deve ser fornecido por árvores e edifícios para melhorar o conforto térmico no verão. No entanto, uma vez que os taiwaneses têm pouca tolerância a baixas temperaturas, o planejamento do espaço exterior deve evitar a criação de áreas com sombreamento excessivo. Portanto, as exigências térmicas de moradores e as características do clima local e do meio ambiente devem ser considerados ao criar áreas sombreadas ao ar livre.

2.3.2 Recursos naturais de conforto térmico

2.3.2.1 Ventilação natural

A ventilação natural é o fenômeno da movimentação do ar no interior de edificações ou em ambientes externos sem a indução de nenhum sistema mecânico.

Segundo Brown e Dekay (2000), existem três princípios que definem a movimentação do ar: o resultado do atrito onde o ar se movimenta mais lentamente próximo à superfície da terra do que na atmosfera; o resultado da inércia onde o ar tende a se movimentar na mesma direção que seguia antes de encontrar um obstáculo; e o resultado da pressão flui das zonas de alta para as de baixa pressão.

A modificação da rugosidade do terreno compromete a ventilação, pois cria obstáculos para a passagem de ventos ali predominantes, contribuindo para o aquecimento e promovendo a formação de novos microclimas.

Segundo Andreasi (2007), a ventilação natural é capaz de proporcionar a renovação do ar de um ambiente, provocando a dissipação de calor e a desconcentração de vapores, fumaças e poluentes (SCHIFFER; FROTA, 2003) e a velocidade do ar sobre as pessoas é fundamental para o alcance do conforto térmico.

Mallick (1996) diz que a zona de conforto está intrinsecamente relacionada com a velocidade do ar pois O fluxo de ar sobre a pele provoca a sensação de resfriamento.

Mascaró (2002) relata que a velocidade do vento, está diretamente relacionada com os valores de umidade relativa do ar, podendo amenizar o desconforto quando atingir valores superiores a 1,5m/s, acelerando as trocas térmicas no recinto urbano.

A ventilação natural depende de fatores fixos e fatores móveis. Os fatores fixos são a forma e características construtivas das edificações, a forma e posição das edificações e espaços vizinhos, a localização e orientação da edificação, a posição, tamanho e tipo das aberturas. Já os fatores móveis são a direção, velocidade e frequência dos ventos e a diferença de temperaturas interiores e exteriores (MASCARÓ, 1983).

Segundo Gratia et al. (2004) e Andreasi (2007), a ventilação diurna proporciona uma sensação de resfriamento que auxilia na transpiração, a velocidade máxima aceitável em ambiente interno é de 0.8 m/s, o que provoca a sensação de resfriamento em torno de 3°C. Essas sensações de resfriamento pela ventilação em velocidades de até 0,1 m/s só podem ser sentidas em temperaturas abaixo de 18°C, o que é indesejável. Sendo acima de 0.2 m/s, para temperaturas mais elevadas, que se pode tirar proveito da sensação de resfriamento por meio da velocidade do ar passando pelo corpo.

Para Schiffer e Frota (2003), em regiões de clima quente e úmido, como no Brasil, a ventilação natural é a estratégia mais simples para promover o conforto térmico quando a temperatura interna torna-se elevada.

A ventilação diminui a temperatura efetiva, atuando na evaporação do suor e acelerando as trocas de calor por convecção entre o fluxo de ar e o corpo. Com ventos de baixa velocidade, a temperatura radiante e a temperatura do ar produzem efeitos semelhantes na sensação de conforto térmico; mas, com ventos de alta velocidade, a temperatura do ar domina a percepção de conforto (LÔBO; BITTENCOURT, 2003).

Os benefícios da ventilação parecem ser independentes da direção do vento em relação ao corpo, porém a turbulência do vento foi reconhecida, há algum tempo como uma importante variável de conforto.

Jones e West (2001) consideram como um dos principais benefícios da ventilação natural a redução do consumo de energia, minimizando diretamente o uso de sistemas de ventilação mecânica e ar condicionado.

2.3.2.2 A vegetação

A vegetação é de extrema importância para a melhoria da ambiência devido às funções que executa no meio urbano: absorve o gás carbônico e libera oxigênio, promove a melhoria da qualidade do ar urbano, sombreia, atenua a radiação e ameniza ruídos, embeleza, protege, influencia na direção do vento e interfere positivamente no bem estar do ser humano (salubridade mental), além de proporcionar maior conforto para o lazer e diversão.

Para Bueno (1998) o comportamento dos diferentes materiais em relação à absorção, reflexão (albedo) e transmissão solar, é bastante variável no meio ambiente, e também quando comparado com a vegetação.

Sabe-se que a vegetação desempenha um importante papel no controle da temperatura ambiente, velocidade e direção predominante dos ventos, umidade do ar, radiação solar e precipitações. Dessa forma, o efeito das árvores e áreas verdes deve ser analisado no contexto da constatação de deterioração climática (BERNATZKY, 1982 apud BUENO, 1998).

Segundo Gomes e Amorim (2003), a vegetação é um importante componente regulador da temperatura urbana, pois absorve com muito mais facilidade a radiação solar que é utilizada nos seus processos biológicos: fotossíntese e transpiração.

Se inserida na área urbana de maneira correta, é capaz de combater a aridez do clima urbano pela regulação higrométrica. Assim como as áreas mais arborizadas das cidades, aquelas localizadas próximo aos grandes corpos d'água como os reservatórios e represas, tendem a apresentar temperaturas mais amenas.

2.3.2.3. Atenuação da radiação solar e da temperatura:

Sombra, umidade e evapotranspiração

A radiação solar causa muitos efeitos nos centros urbanos e a vegetação é um dos elementos que pode ser utilizado para bloquear sua incidência e contribuir para o equilíbrio do balanço da energia nas cidades.

Essa função de atenuar a radiação solar é considerada o principal papel da vegetação no meio urbano de acordo com diversos autores (FURTADO, 1994; BUENO, 2003; MASCARÓ, 2004; ABREU, 2008; SHAMS et al., 2009).

As árvores podem ser usadas em áreas urbanas para interceptar a radiação solar via sombreamento antes que esta possa ser absorvida pelos materiais

impermeáveis e também podendo amenizar ilhas de calor urbanas ajudando a reduzir a poluição do ar (SCOTT; SIMPSON; MCPHERSON, 1999).

No geral as árvores são instrumentos muito importantes para a transformação da radiação solar, pois transmite para o meio, de maneira difusa, as ondas curtas emitidas pelo sol que incidem sobre as suas folhas justamente por refletirem parte da radiação, sendo que outra parte, ou seja, determinada faixa espectral, é absorvida e transformada em calor físico e energia química.

Romero (2000) declara que, um espaço vegetado pode absorver maior quantidade de radiação solar e, por sua vez, irradiar uma quantidade menor de calor que qualquer superfície construída, uma vez que grande parte da energia absorvida pelas folhas é utilizada para seu processo metabólico, enquanto em outros materiais toda a energia absorvida é transformada em calor.

Segundo Mascaró (2004), cada árvore responde de maneira diferente no meio que está situada, de acordo com as características inerentes de cada espécie (formato de copa, área e rugosidade foliar, coloração, e deciduidade) e do próprio meio, uma vez que o sombreamento de uma árvore é resultado da área da superfície sombreada e a interação do porte e forma da planta com a trajetória solar diária nas estações do ano.

Oke (1978) afirma que a vegetação deve proporcionar sombra e auxiliar na diminuição da temperatura, a partir do consumo de calor latente por evaporação e pela perda de água através da transpiração.

A vegetação contribui de forma significativa ao estabelecimento dos microclimas. O próprio processo de fotossíntese auxilia na umidificação do ar através do vapor d'água que libera. Em geral, a vegetação tende a estabilizar os efeitos do clima sobre seus arredores imediatos, reduzindo os extremos ambientais, especialmente quando as árvores estão em grandes aglomerados. Quanto mais vegetação maiores serão os efeitos de resfriamento por evapotranspiração percebidos.

As árvores contribuem significativamente para refrigerar nossas cidades, conservar energia e podem fornecer proteção solar às pessoas e casas, enquanto a evapotranspiração pode reduzir as temperaturas urbanas além de criar espaços externos agradáveis à permanência humana.

Diversos estudos relatam o aumento da umidade das áreas vegetadas em relação às não vegetadas (FONTES; DELBIN, 2002; LIMA; ROMERO, 2005;

ABREU, 2008) atribuindo à vegetação a capacidade de conservar a umidade no solo, diminuindo o aquecimento por reter a irradiação.

Segundo Llandert (1982), a conservação da umidade pela vegetação pode ocorrer de três maneiras: evaporação física direta das chuvas, transpiração fisiológica das plantas – inversamente proporcional ao grau higrotérmico do ambiente – e a clorovaporização do vapor de água durante a assimilação clorofílica de CO₂ atmosférico, por meio da ação dos raios solares. Este mesmo autor afirma que a evaporação em campo aberto pode ser até dez vezes maior do que embaixo da copa das árvores.

2.3.2.4 A interferência da vegetação na ventilação

Mascaró (2002) considera que dentre os fatores que determinam o desempenho da vegetação com relação à ventilação, destacam-se as características do local:

1. Permeabilidade e perfil do recinto;
2. Orientação com relação aos ventos predominantes;
3. Densidade da ocupação e gabarito das edificações;
4. O porte, a forma, a permeabilidade, o período de desfolhamento e a idade das espécies arbóreas.

Segundo Robinete (1972) apud Mascaró (2002), são quatro os efeitos básicos da vegetação em relação ao vento:

1. Canalização do Vento: Melhora o condicionamento térmico de edificações e espaços abertos, porém pode ser incômodo se o vento atingir velocidades superiores a 3,5 m/s (12,6 km/h);
2. Deflexão do Vento: A vegetação pode funcionar como defletora do vento, alterando sua direção e sua velocidade, melhorando o conforto térmico do espaço urbano;
3. Obstrução: Serve para bloquear a passagem do vento, reduzindo sua velocidade atenuando seus efeitos na diminuição de temperatura do ar;
4. Filtragem: Barreiras de vegetação têm a capacidade de reduzir a velocidade do vento e de barrar os resíduos por ele transportados.

Algumas pesquisas de Mascaró (2004) ressaltam a importância da vegetação no controle das correntes de ar, associadas às características de filtragem, redirecionamento ou obstrução do caminho do vento e redução da sua velocidade.

Em Teresina, Lopes (2006) constatou que os espaços abertos com vegetação arbórea reduzem a velocidade dos ventos ao nível do usuário.

A utilização da vegetação como quebra-vento é destacada por Lechner (1990) em três momentos: redirecionamento do ar para as áreas superiores, criando turbulências e absorvendo a energia do ar por atrito e de acordo com a altura e densidade da copa das árvores. Boutet (1987) constatou a eficiência dos agrupamentos arbóreos na redução da velocidade do vento em mais de 50% em relação a espaços abertos.

É sabido que a eficiência na redução da velocidade dos ventos depende da disposição dos indivíduos arbóreos nos espaços abertos. Em regiões de clima quente, o efeito da redução da velocidade do vento pelas árvores não é muito desejável. Segundo Yochida et al. (2006) apud Abreu (2008), a falta de brisa ao nível do usuário causa desconforto. Partindo do princípio de que a vegetação funciona como um obstáculo para o fluxo de ar, foi constatado que esse efeito é somente parcial. Quando a velocidade do vento é baixa, as correntes de ar penetram pelas copas das árvores, mas quando a velocidade do ar é alta, o fluxo de ar tende a circundá-las.

2.3 Ambiência Urbana

Os ambientes urbanos sempre acompanharam o cenário econômico e político. A história da humanidade demonstra que nem sempre a interferência humana na paisagem foi marcada por degradação ambiental e insalubridades, porém, atualmente com a urbanização acelerada e com a “globalização” da economia, esses impactos ambientais adquiriram uma escala global, sendo muito mais nefasto seu dano ao planeta (LEFF, 2001).

Passamos de um urbanismo “suportável e problemático” para um urbanismo “caótico, segregador e explosivo” com produtos e serviços de alta entropia. Por causa dessa situação caótica a Ambiência Urbana tem sido amplamente estudada.

O significado de Ambiência Urbana, nada mais é do que o espaço, arquitetonicamente organizado e animado, que constitui um meio físico e, ao mesmo tempo, meio estético, ou psicológico, especialmente preparado para o exercício de atividades humanas no meio urbano. O ser humano por ser um animal homeotérmico é sensível às alterações climáticas bruscas, com grandes variações

de temperatura, pois necessita manter sua temperatura corporal por volta dos 36,5°C.

Mediante isso, trabalhos como os de Mascaro e Mascaro (2009), afirmam que em ambientes onde existem áreas verdes associadas com a arborização urbana contribuem para a melhoria da ambiência urbana de varias maneiras, principalmente relacionadas à diminuição do desconforto térmico. Segundo esses mesmo autores em recintos urbanos arborizados, as copas das árvores diminuem o fator de visão do céu (SVF) e, conseqüentemente, gera o resfriamento passivo do recinto.

Muitos urbanistas têm desconsiderado os recursos que a natureza coloca à disposição, ignorando o fato de que tais recursos são capazes de colaborar de forma eficaz no conforto térmico ambiental.

Georgi e Tzouri (2008) registraram as medidas de temperatura e umidade durante os meses de verão na cidade de Drama, na Grécia em dois pontos distintos: um deles no parque central da cidade, rico em vegetação e recursos hídricos e o outro numa praça com pouca vegetação e muitos edifícios. Concluíram que as condições microclimáticas foram muito mais favoráveis no parque central rico em vegetação e recursos hídricos por este apresentar temperatura 2°C inferior com relação à praça cercada por edifícios, cuja umidade relativa foi 4% superior.

Estudos realizados em locais de climas áridos como Marrakesh, na África e Phoenix-Arizona, na América do Norte, indicaram que a radiação solar influencia as atividades praticadas em ambientes ao ar livre, principalmente no verão. Ambientes com presença de vegetação permitem que pessoas gastem mais tempo realizando atividades que aqueles com ausência desta (ALJAWABRA; NIKOLOUPOULOU, 2009).

Segundo Nikolopoulou (2001), as condições de conforto térmico afetam o comportamento das pessoas e o uso dos espaços abertos. Estudos realizados por este mesmo autor em Atenas e Cambridge revelaram que os parâmetros microclimáticos influenciaram fortemente a sensação de conforto e por conseqüência o uso do espaço, de maneira que em dias de altas temperaturas, locais pouco arborizados e sem sombreamento são pouco utilizados afetando o desenvolvimento de cidades turísticas.

Dacanal et al. (2010) investigaram o papel dos maciços florestais urbanos (bosques) no conforto térmico dos usuários. Os resultados microclimáticos confirmaram que o microclima dos locais é relativamente estável ao longo das

estações, o que é positivo para a adaptação térmica humana. Os índices de conforto PMV (*predicted mean vote*) e PET (*physiological equivalent temperature*) confirmaram a prevalência do conforto térmico no interior dos bosques. A PET, mais apropriada para espaços abertos, mostrou boa correlação com os votos de conforto obtidos por meio de questionários, confirmando o intervalo proposto por Jendritzky et al. (1990) e calibrado por Monteiro e Alucci (2007) para São Paulo.

As soluções construtivas e os materiais utilizados na indústria da construção civil são responsáveis diretos pelo consumo de energia das edificações. Desta forma a utilização correta dos recursos naturais possibilita a minimização dos gastos energéticos com sistemas de climatização. Nesse contexto, é de interesse da indústria da construção a discussão do uso de alternativas que utilizem recursos naturais de conforto térmico desde a concepção dos projetos até a construção.

Segundo Baltar et al. (2006), o conforto térmico no ambiente também pode proporcionar economia de energia elétrica. Medidas de redução de consumo e aproveitamento racional dos recursos naturais ficam atualmente sob a responsabilidade dos projetistas, que pela indiferença ou até mesmo pelo desconhecimento de técnicas naturais de conforto não projetam edificações energeticamente eficientes.

Donovan e Butry (2009) observaram que as árvores quando devidamente posicionadas no entorno das casas, proporcionam economia de energia tanto para o consumidor final (US\$ 167,00 em 20 anos) quanto para as empresas fornecedoras (US\$63,00 em 20 anos).

Segundo Mascaró (2006), a principal função da arborização no meio ambiente urbano, principalmente no clima subtropical úmido, é de sombreamento. Quando a rua tem árvores de grande porte que se igualam com a altura dos edifícios, o sombreamento da vegetação é mais significativo, reduzindo a importância dos efeitos da geometria e da orientação do recinto urbano, diminuindo a assimetria das sombras decorrentes da orientação do eixo da rua. Devido ao baixo valor do albedo, a energia que gasta nos processos fisiológicos e a quantidade de vapor de água que produz, a vegetação constitui o material ideal para ser utilizado como sombreamento de verão da cidade.

O programa de plantio de árvores representa uma rara oportunidade de melhorar a qualidade de vida simultaneamente do cidadão e do ambiente urbano

através da diminuição dos custos de energia elétrica, principalmente nas regiões úmidas (MCPHERSON; SIMPSON, 2003).

Entretanto, não há planos precisos e completos de plantio de árvores urbanas que levem em consideração a função ambiental da vegetação que estejam sendo aplicados entre nós. As ações realizadas estão mais voltadas para atender aqueles aspectos de embelezamento da área urbana (BOMMEL et al., 2006), que a dar resposta aos aspectos ambientais e energético do recinto urbano.

2.4 Floresta Urbana

A terminologia Floresta urbana ainda não é bem definida. Existe um conflito entre pesquisadores sobre o conceito de Arborização Urbana e Florestas Urbanas.

Alguns pesquisadores discordaram da idéia considerar o conjunto de árvores isoladas da cidade, como integrantes de uma floresta. Para eles, árvores e florestas devem ser entendidas como componentes distintos, principalmente para o seu tratamento e administração.

Neste trabalho Floresta Urbana é considerada como definido por Miller (1997) *“é o conjunto de toda a vegetação arbórea e suas associações dentro e ao redor das cidades, desde pequenos núcleos urbanos até as grandes regiões metropolitanas”*. Incluem as árvores do viário, praças, parques, unidades de conservação, áreas de preservação, áreas públicas ou privadas, remanescentes de ecossistemas naturais ou plantadas. E ainda o Nowak et al. (2001) considera que as florestas urbanas são ecossistemas compostos pela interação entre sistemas naturais e sistemas antropogênicos.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Localização e caracterização da área de estudo

A cidade de Rio Claro, SP foi escolhida por apresentar características de alta heterogeneidade quanto a cobertura do solo e permitir avaliação de fragmentos florestais próximos ao tecido urbano.

O município de Rio Claro está localizado segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE (2009) entre as coordenadas geográficas -22,41139° S, -47,56139° W a uma altitude de 625 m, na região centro-oeste do Estado de São Paulo e faz parte de uma micro-região bastante desenvolvida e em constante expansão econômica (Figura 1). A área do município é de 499 km² sendo que a

área urbana compõe 28,4 km² da área total do município (Figura 2) e a Floresta Estadual Edmundo Navarro de Andrade (FEENA), antigo Horto Florestal de Rio Claro compõe 22,3 km².

O clima predominante, de acordo com a classificação de Köeppen, é o tipo Cwa – tropical com duas estações definidas, com ocorrência de seca no inverno e chuva no verão (GUIMARÃES, 2002). O Ribeirão Claro é responsável pelo abastecimento urbano de água do município e por este motivo é um rio de grande expressão na região. O relevo é predominantemente plano e a vegetação natural é composta por cerrado quase totalmente degradado e a paisagem modificada, predominando a lavoura de cana-de-açúcar e as pastagens, restando poucos fragmentos de matas próximos aos cursos d'água e as nascentes (MACHI; CUNHA, 2006).

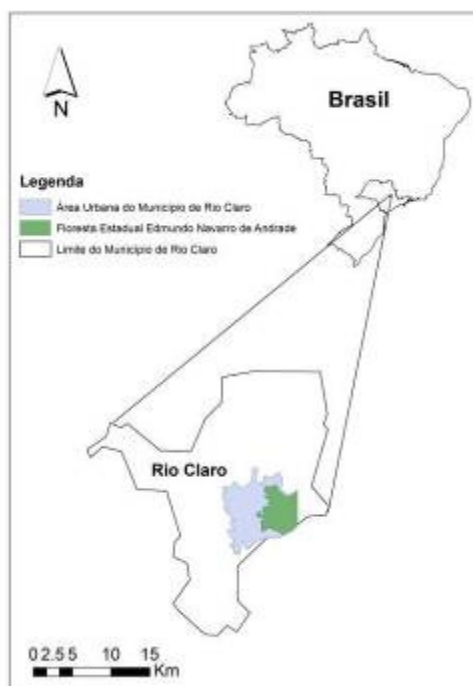


Figura 1 - Localização do município de Rio Claro no Estado de São Paulo. Preparado pela autora, com base em IBGE (2010) e PMRC (2006)



Figura 2 - Vias e perímetro urbano do município de Rio Claro. Preparado pela autora com base em PMRC (2006)

3.2 Descrição das unidades amostrais

A escolha das áreas de estudo se deu por análise visual por meio da imagem de satélite adquirida e posterior visita aos locais (Figura 3, 4 e 5). Os arranjos florestais estão inseridos em uma área de uso predominantemente residencial e com construções de baixo gabarito, com o intuito de homogeneizar as áreas de estudo e minimizar a interferência de variações climáticas dos locais (OKE, 2006). Para esta pesquisa foram selecionadas três unidades amostrais:

- 1) Uma Avenida totalmente arborizada – Av. da Saudade;
- 2) Uma praça ajardinada – Praça do Lazer Edmundo Pignatari;
- 3) um trecho da Floresta Peri-urbana Edmundo Navarro de Andrade.

1) Avenida arborizada: A Avenida da Saudade (Figura 3 A) está situada em uma zona mista de características residencial e comercial ocupando uma área de 8.430 m². Recebe este nome, pois é a Avenida que permite a chegada até o Cemitério mais antigo da cidade. É densamente arborizada sendo composta principalmente por espécies de *Tipuana tipu* (Benth.) O.Kuntze, *Ficus* sp. e *Caesalpinia ferrea* Mart. ex Tul. var. *férrea*. As espécies foram dispostas em duas fileiras margeando todo o canteiro central da Avenida, dessa maneira este arranjo

possibilita um excelente sombreamento da área e principalmente da superfície asfaltada. No canteiro central entre as duas fileiras de árvores, existe um calçamento de cimento que possibilita o passeio dos pedestres (Figura 3 B). Este “corredor verde” está conectado a uma praça também bem arborizada (Figura 3 C).



Figura 3 – (A) Vista aérea da Av. da Saudade. (B) Disposição das árvores e calçamento do canteiro central da Av. da Saudade. (C) Praça conectada ao “corredor verde” na Av. da Saudade

2) Praça: Situada no Bairro Residencial Copacabana, um bairro nobre de Rio Claro, uma rua divide a praça em duas e estas recebem nomes diferentes. A Parte 1 é conhecida como Praça do Lazer da Garotada e fica entre as Ruas 6/7 e Avenidas 33/35 com uma área de Área: 5.031,60 m². A Parte 2 recebe o nome de Praça Dr. Godofredo Renato Waldomiro Pignatari fica entre as Ruas 5/6 e Avenidas 33/35 em uma área de 5.643,63 m². As duas apresentam uma configuração semelhante e aqui neste trabalho estão sendo consideradas como uma só praça

(Figura 4 A). Apresenta algumas árvores e arbusto espaçados. Na Parte 1 (Figura 4 B) o solo é pouco impermeabilizado e é composto principalmente por areia e grama, devido a quadra esportiva. A parte 2 (Figura 4 C) apresenta mais de 70% da área impermeabilizada com calçamento de cimento apresentando poucos jardins gramados.



Figura 4 – (A) Vista aérea da Praça estudada. (B) Praça do Lazer e (C) Edmundo Pignatari

3) Floresta Peri-Urbana: Rio Claro possui uma área peri-urbana de 22,3 km² de Floresta com plantios antigos de diversas espécies do gênero *Eucalyptus* na forma de talhões (SAMPAIO; CHRISTOFOLETTI; ZANCHETTA, 2009), o Horto Florestal de Rio Claro foi criado em 1909 por Edmundo Navarro de Andrade e fez do local centro de diversas pesquisas sobre o eucalipto, onde foram arquivados os

resultados de seus trabalhos, dando origem ao Museu do Eucalipto em 1916. A partir de 2002, pelo Decreto Estadual nº 46.819, o antigo Horto Florestal de Rio Claro foi classificado na categoria de Florestal, que visa o manejo sustentável dos recursos, a pesquisa e a visitação pública, tornando-se a FEENA (Floresta Estadual Edmundo Navarro de Andrade). Foi selecionado apenas um trecho desta floresta com 468000 m², que está inserida em uma parte urbana, como é possível visualizar na figura 5.



Figura 5 – (A) Vista aérea do trecho da Floresta Edmundo Navarro de Andrade. (B) Floresta (Ao fundo), local: azimute Leste onde 5 registradores foram alocados

Durante a apresentação dos resultados e discussão dos mesmos a configuração da Avenida bem arborizada é denominada Saudade e é abreviada com a letra S. A Praça é mantida como praça e abreviada com a letra P e o trecho da

Florestal Estadual Edmundo Navarro de Andrade é tratada como Horto e abreviada com a letra H.

3.3 Procedimentos

3.3.1 Sensoriamento remoto e sistemas de informação geográfica

Sensores são dispositivos capazes de detectar e registrar a radiação eletromagnética em determinada faixa do espectro eletromagnético criando informações que possam ser transformadas em um produto passível de interpretação, como por exemplo, na forma de imagem (MOREIRA, 2005; COSTA, 2010).

Técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento facilitam a obtenção de informações referentes à visualização e quantificação da arborização urbana e sua estrutura, possibilitando avaliar as áreas periodicamente além de permitir uma visão total das áreas estudadas (SILVA FILHO, 2004; COSTA, 2010).

Existem três níveis em que os sensores podem ser utilizados: terrestre, suborbital e orbital para obter as propriedades espectrais dos alvos da superfície terrestre (MOREIRA, 2005).

Os satélites são sensores orbitais, e, neste trabalho foram utilizadas as imagens multiespectrais produzidas pelo satélite World-view II, operado pela empresa DigitalGlobe do ano de 2010. O sistema WorldView-2 é capaz de recolher até 975.000 quilômetros quadrados de dados por dia em uma resolução pancromática de 0,5 metros e no multiespectro de 1,8 metros, além de incorporar quatro bandas multiespectrais clássicas (vermelho, azul, verde e infravermelho próximo) e também incluir quatro novas bandas (litoral, amarelo, vermelho borda, infravermelho próximo-2), a capacidade adicional nas bandas multiespectrais suporta níveis de identificação e extração de recurso e exibe com maior precisão a cor vista por humanos, o que deve melhorar a velocidade e a taxa das imagens oferecidas para os mercados governamentais e comerciais devido a sua capacidade de coleta em grande escala e taxas de revisita diárias (DIGITALGLOBE, 2012).

Os Sistemas de Informações Geográficas (SIGs) são ferramentas utilizadas para realizar o geoprocessamento, que é a utilização de técnicas matemáticas e computacionais para tratar dados obtidos de objetos ou fenômenos, quando eles são observados por um sistema sensor (MOREIRA, 2005; COSTA, 2010).

SIGs são de grande valia para elaboração de mapas urbanos e hoje é considerada uma ferramenta indispensável ao planejamento urbano, pois pode realizar entrada de dados, gerenciamento de informações, recuperação de informações, manipulação e análise, exibição e produção de saídas, tratamento de imagens digitais (COSTA, 2010).

As imagens de satélite ao serem adquiridas necessitam serem processadas para a extração de alvos urbanos das imagens de maneira satisfatória. Dentro destes processamentos têm-se, como exemplo, processos de fusão e classificação automática de imagens, além de aplicação de índices de vegetação.

Costa (2010) diz que *“o processo de classificação é realizado para se obter informações da imagem que garantam uma análise satisfatória do território. Existem variados tipos de classificação automática, desde aquelas que necessitam de maior intervenção do usuário e a necessidade de coleta de amostras de pixels que constituem o treinador, as classificações supervisionadas e aquelas que apenas necessitam da definição de alguns parâmetros, as classificações não supervisionadas”*.

Neste estudo optou-se pelo processo de classificação automática de imagens do tipo supervisionada. Dentro das classificações supervisionadas é possível citar os métodos de Máxima Verossimilhança (*Maximum Likelihood*) e Stepwise Linear. O método utilizado neste trabalho foi o Stepwise Linear que faz uso de análise linear discriminante para encontrar a classe referente a determinado conjunto de pixels (MICROIMAGES, 2006).

3.3.2 Classificação supervisionada

Como método, foi proposto a coleta de dados por meio de imagens aéreas multiespectrais de alta resolução de alvos intra-urbanos correspondentes a totalidade urbana e a área correspondente a Floresta Estadual Edmundo Navarro de Andrade do município de Rio Claro/SP, antigo Horto Floresta Estadual Edmundo Navarro de Andrade.

Para a quantificação da cobertura arbórea da área urbana de Rio Claro foi adquirida uma imagem de satélite de alta resolução da empresa GLOBALGEO, coletada no dia 27 de julho de 2010, nas bandas do vermelho (R), verde (G), azul (B) e infravermelho próximo (NIR), já fusionada e georreferenciada no sistema de Projeção Transversal Universal de Mercator (UTM), datum *World Geodetic System*

1984 (WGS 1984), zona 23 e ortoretificada. A imagem multiespectral de alta resolução do satélite *WorldView-2*, possui resolução espacial por pixel de 50 centímetros na banda pancromática e 2 metros nas multiespectrais (Tabela 1).

Para delimitação da área urbana e periurbana, a Prefeitura Municipal de Rio Claro (PMRC) forneceu um mapa base que foi atualizado em janeiro de 2006 com informações sobre perímetro urbano, malha viária, perímetro do Horto Florestal, áreas do campus da UNESP, hidrografia, loteamentos implantados, localização das áreas públicas incluindo parques e praças dentro da área urbana dentre outras informações em arquivo CAD (extensão .dwg) georreferenciados em sistema UTM, no *South America Datum 1969 (SAD69)*.

A imagem de satélite, obtida em uma única cena com 0% de cobertura de nuvens, foi analisada no *software* TNTmips 2011. Para averiguação da exatidão dos mapeamentos temáticos, foram confeccionadas matrizes de erro, dendrogramas por distância euclidiana e foi usado o índice de precisão Kappa (LANDIS; KOCH, 1977).

Tabela 1 - Características do imageador WorldView-2

Especificações técnicas básicas WorldView-2	
Informações de lançamento	Data: 08/10/2009 Veículo de lançamento: Delta II 7920 Local de lançamento: Base aérea de Vandenberg, Califórnia, EUA
Órbita	Altitude: 770 km Tipo: Heliosíncrona, 10:30 AM, passagem descendente Período: 100 minutos
Bandas do sensor	Pancromática, Multiespectral e 4 novas bandas [azul costal (coastal), amarelo, vermelho limítrofe, e infravermelho-2].
Resolução Espacial	50 cm (pancromático) 2,00 m (multiespectral)
Resolução Radiométrica	11 bits por pixel
Comprimento da faixa	16,4 km no nadir
Capacidade de gravador de bordo	2199 Gigabites
Ângulo máximo de visada	+/- 45° off-nadir = 1036 km
Capacidade de coleta	975 mil km por dia
Resolução temporal (revisita)	1,1 dias 30° off nadir 3,7 dias 20° off nadir
Acurácia posicional	Especificações de 6,5m CE90, com performance prevista de 4,6 a 10,7m CE90, excluindo efeitos de terreno. Utilização de pontos de controle de imagem: 2 metros

Fonte: Global Geo (2010)

O uso técnica da estatística kappa no sensoriamento remoto, como proposto por Congalton et al. (1983), mensura a diferença entre a acurácia observada na classificação (P_o) e a proporção de concordância esperada ao acaso (P_c), conceitualmente representada pela equação (1):

$$K = \frac{P_o - P_c}{1 - P_c} \quad (1) \quad P_o = \frac{\sum_{i=1}^M n_{ii}}{N} \quad (2) \quad P_c = \frac{\sum_{i=1}^M n_{i+} \cdot n_{+i}}{N^2} \quad (3) \quad (1)$$

Sendo:

P_o a exatidão geral;

P_c , a proporção de unidades que concordam por casualidade;

M , o número de classes presentes na matriz de erro;

n_{ii} , o número de observações na linha i e coluna j ;

n_{i+} e n_{+i} , os totais marginais da linha i e da coluna j , respectivamente;

e N , o número total de unidades amostrais contempladas pela matriz (LANDIS; KOCH, 1977).

E formalmente computada como:

$$K_{hat} = \frac{N \sum_{i=1}^r n_{ii} - \sum_{i=1}^r n_{i+} n_{+i}}{n^2 - \sum_{i=1}^k n_{i+} n_{+i}} \quad (2)$$

Onde:

r = número de colunas na matriz de erro

n_{ii} = número de observações na linha i e na coluna i (na maior diagonal)

n_{i+} = total de observações na linha i (total a direita da matriz)

n_{+i} = total de observações na coluna i (total na parte de baixo da matriz)

N = número de observações incluídas na matriz

Em outras palavras esta técnica mede o quanto uma dada classificação está de acordo com o dado de referência (CONGALTON; KASS, 2009) e quanto mais próximo de 1 (também expressada em termos de porcentagem) for o resultado, melhor a qualidade do mapeamento (LILLESAND et al., 2004). A interpretação deste

resultado seguiu a escala adaptada de Landis e Koch (1977), conforme descrito na tabela 2.

Com o uso de ferramentas do próprio TNTmips, também foram obtidos os dendrogramas de cada uma das classificações para verificação da separabilidade das classes.

Tabela 2 - Interpretação da qualidade do mapeamento temático, conforme valor do kappa

Valor do Kappa	Qualidade do mapeamento
0%	Pobre
0% - 20%	Leve
21% - 40%	Médio
41% - 60%	Moderado
61% - 80%	Boa/Substancial
81% - 100%	Ótima

Para análise da distribuição da vegetação na área urbana, além da classificação supervisionada da imagem, também foi extraído o Índice de Vegetação Normalizada (*Normalized Difference Vegetation Index* – NDVI).

O NDVI é utilizado para caracterizar grandes áreas em termos de densidade de vegetação, permitindo que se tenha uma visão global da região e, a partir daí, localizar possíveis áreas de estudo. Um exemplo foi um estudo feito por Kawashima (1990/91) no Japão o qual relacionou a presença de vegetação na cidade de Tokyo com temperatura de superfície. A cidade, que é uma das maiores do mundo, foi caracterizada em termos de densidade de vegetação através da aplicação do índice e, por conseguinte, os resultados foram cruzados com dados de temperatura de superfície.

Moreira (2005) afirma que a principal finalidade dos índices é a de ressaltar o comportamento espectral da vegetação em relação ao solo e a outros alvos da superfície terrestre (intensificando o contraste). O autor cita diversos estudos que atestam que o índice NDVI é um dos mais utilizados, sendo mais sensível à vegetação esparsa.

O índice de vegetação NDVI, de acordo com Deering et al. (1975) *apud* Moreira (2005), consiste em uma equação que tem como variáveis as bandas do vermelho e infravermelho próximo, como segue:

$$\text{NDVI: } (IR - R) / (IR + R)$$

(3)

Sendo,

IR: Infrared (Infravermelho próximo)

R: Red (vermelho)

Este índice de vegetação baseia-se nos princípios do comportamento espectral da vegetação sadia nos comprimentos de onda do visível, especialmente do vermelho e do infravermelho próximo. Nestas duas bandas, a vegetação mostra um evidente contraste em relação às demais características presentes nas imagens (MOREIRA, 2005).

A imagem do satélite World View II, adquirida foi reduzida seguindo a delimitação oficial do perímetro urbano e peri-urbano (FEENA) fornecida pela Prefeitura Municipal de Rio Claro (Figura 6).

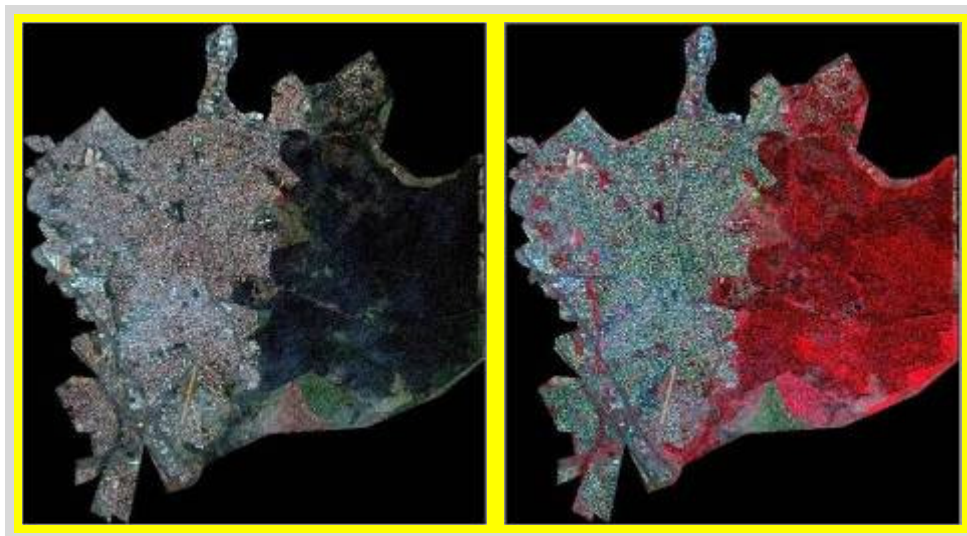


Figura 6 – (A) Imagem do satélite World-view 2, área urbana e peri-urbana (Floresta Estadual Edmundo Navarro de Andrade). Bandas 1,2 e 3. (B) Recorte de área urbana do município de Rio Claro em composição falsa-cor, com as bandas 4,1,2 (infravermelho próximo, vermelho e verde) do satélite Worldview2 para realce da vegetação (marcada em vermelho)

Logo após, realizou-se uma classificação supervisionada da área selecionada, com a finalidade de analisar quantitativamente a imagem digital, categorizando cada um de seus pixels em classes de uso de solo por meio de algoritmos baseados em método estatísticos, para por fim, obter um mapa temático com a representação e

distribuição espacial destas (RICHARDS; JIA, 2006; SCHOWENGERDT, 2007; POLIZEL, 2009). Nesta pesquisa, fez-se o uso do algoritmo de classificação *Stepwise Linear* (regressão múltipla linear) do *software* TNTmips 2011.

Este processo foi realizado em duas fases distintas, a de treinamento onde o analista fornece ao algoritmo de classificação amostras representativas de cada classe de uso do solo, denominadas como treinadores e o da classificação propriamente dita, onde cada pixel é rotulado conforme a chave de interpretação fornecida ao algoritmo de classificação (LILLESAND et al., 2004; MOREIRA, 2005).

Segundo Lillesand et al. (2004) é comum que imagens classificadas por métodos pixel-a-pixel apresentem um aparência “sal e pimenta”, ou seja, pixels de uma classe distinta da dominante isoladas em uma dada região, por conta da variabilidade espectral inerente as imagens multiespectrais. Para minimizar este problema, após a classificação os mapas temáticos foram suavizados com o uso de um filtro modal do TNTmips 2011, em janela 3x3, que modifica o pixels no centro da janela não pertencentes a classe dominante, reclassificando-os (MICROIMAGES, 2011).

3.3.3 Dados microclimáticos

Para coleta dos dados microclimáticos foram adquiridos 60 registradores de temperatura e umidade relativa com sensores protegidos da marca ETI, modelo ThermaData com display (Figura 7 A) e um “Kit ThermaData” contendo um cabo USB para transpor os dados do sensor para o computador e um Software ETI para configuração do dispositivo e visualização dos dados.

Este tipo de aparelho possui sensores Termistor e Capacitivo, muito sensíveis (Tabela 3) e se expostos diretamente ao sol ou à chuva apresentam grandes chances de erro ao registrar os dados, não condizendo com a realidade. Por este motivo foram confeccionados 60 abrigos meteorológicos de madeira pintados de branco (30cm X 20cm) tipo veneziana para promover a circulação do ar, sobre um pé de madeira entre 1,5 m e 2 m de altura acima do nível do solo. Em geral considera-se a esta altura a temperatura representativa das condições experimentadas pelos seres humanos que vivem à superfície do globo terrestre (RETALLACK, 1979 apud ALCOFORADO, 1992; CRUZ, 2009) (Figura 8).

O registro da velocidade e direção do vento Global durante os dias de coleta dos dados microclimáticos, foram concedidos pelo CEAPLA/UNESP obtidos pela

estação meteorológica do Campus da Universidade Estadual de São Paulo de Rio Claro (Figura 7B).

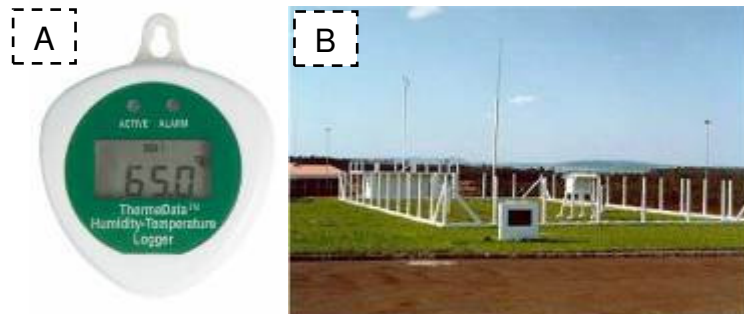


Figura 7 - (A) Registrador de temperatura e umidade relativa do ar ThermoData. (B) Estação Meteorológica CEAPLA



Figura 8 - Abrigo meteorológico confeccionado de madeira tipo veneziana, pintado de branco com pé de 1,5m a partir do solo

Tabela 3 - Características do registrador de temperatura e umidade relativa do ar ThermoData

Registrador de temperatura e umidade ThermoData

Modelo: Registrador ThermoData – HTB com display LCD		
Marca ETI		
Especificações:		
	TEMPERATURA	UMIDADE
Faixa	- 20 a + 85°C	0 a 100 % Rh
Resolução	0,1 °C	0,1 % Rh
Precisão	+/- 0,5 °C (0 to + 45 °C)	+/- 2 %rh (25 % to 90% rh)
	+/- 1 °C (- 20 to + 70 °C)	
	+/- 1,5 °C (+ 70 to + 85 °C)	
Histeresis	n/a	+/- 1% Rh
Tipo sensor	Termistor	Capacitivo
Memória	2 x 8.000 leituras	
Intervalo de coleta	0.1 to 255 minutos	
Bateria	3.6 volt ½ AA lithium	
Vida bateria	2 anos	
Display	10 mm LCD	
Dimensão	Ø 76 x 23 mm	
Peso	80 gramas	

Em campo os registradores ThermoData foram inseridos cada um em um abrigo meteorológico e posicionados em cada área de estudo em 4 transectos de 200 m (Norte, Sul, Leste e Oeste) partindo da borda de cada maciço, exceto na Av. da Saudade que por motivos de configuração da área tiveram os registradores dos Azimutes Leste e Oeste posicionados no interior da Avenida. Em cada transecto os registradores foram alocados em cinco intervalos de 40 metros de distância (Figuras 9, 10 e 11). Os dados microclimáticos foram memorizados nos registradores de minuto em minuto no período das 07:00 AM às 06:00 PM durante três dias consecutivos na estação seca e na chuvosa.



Figura 9 - Disposição dos registradores (pontos vermelhos) em um trecho da Floresta Estadual Edmundo Navarro de Andrade (FEENA)



Figura 10 - Disposição dos registradores (pontos vermelho) na Av. da Saudade



Figura 11 - Disposição dos registradores (pontos vermelhos) na Praça do Lazer.

Os registradores foram calibrados seguindo o mesmo princípio metodológico executado por Kachanoski e De Jong (1988), Vauchaud et al. (1985) e Rocha (2004) na calibração de um Tensiômetro. A calibração dos registradores de temperatura e umidade ocorreu da seguinte maneira: os sessenta aparelhos foram plaqueados aleatoriamente de 1 a 60 e foram submetidos às mesmas condições de temperatura e umidade, em uma sala fechada, climatizada. Os registros foram obtidos de 1 em 1 minuto durante 4 dias de acordo com o indicado por Tanner (1990). Foram obtidas as médias, desvio padrão e desvio relativo de cada registrador, e posteriormente averiguada a diferença relativa média entre os aparelhos. Os valores do desvio padrão e diferença relativa estão apresentados na figura 12.

Apesar dos aparelhos serem novos, fabricados e adquiridos em 2011 no gráfico é perfeitamente visível que os registradores 23 e 60 apresentam discrepância com os demais registradores em relação ao sensor Capacitivo, que registra os valores da Umidade Relativa. Analisando os dados da planilha foi possível afirmar que o registrador 23 apresenta um erro sistêmico. Durante os 4 dias de medição, todas as médias horárias referentes a umidade relativa deste aparelho foram inferiores aos demais apresentando um erro que varia entre 0,05 a 0,07 menor.

Já o registrador 60 apresenta uma característica contrária ao registrador 23, a umidade relativa desse aparelho é quase sempre superior as demais, mas com uma

tendência de superestimar os valores nos horários mais frios do dia como na madrugada e na parte da manhã até por volta das 06:00 AM. Nos horários mais quentes do dia ele tende a normalizar. Isso pode ser explicado por uma dependência muito forte do sensor capacitivo à temperatura.

O fator de correção foi aplicado aos dados de umidade relativa fornecidos do aparelho somente para o registrador 23 (0,06). Não foi aplicado ao registrador 60, pois como o experimento de campo só abrangeu os horários das 07:00 AM às 06:00 PM não incluindo as horas da madrugada (horas mais frias) não houve necessidade de modificar os dados registrados pelo aparelho.

É aconselhável que sempre que sejam realizados experimentos utilizando esses mesmos aparelhos, seja feito este mesmo processo de calibração, pois com o tempo de uso e armazenamento há um aumento do acúmulo de poeira no sensor capacitivo devido às trocas eletromagnéticas, principalmente, e o registro passa a não ser condizente com a realidade. É indicada a manutenção desses aparelhos de tempos em tempos para limpeza ou até mesmo troca do sensor capacitivo.

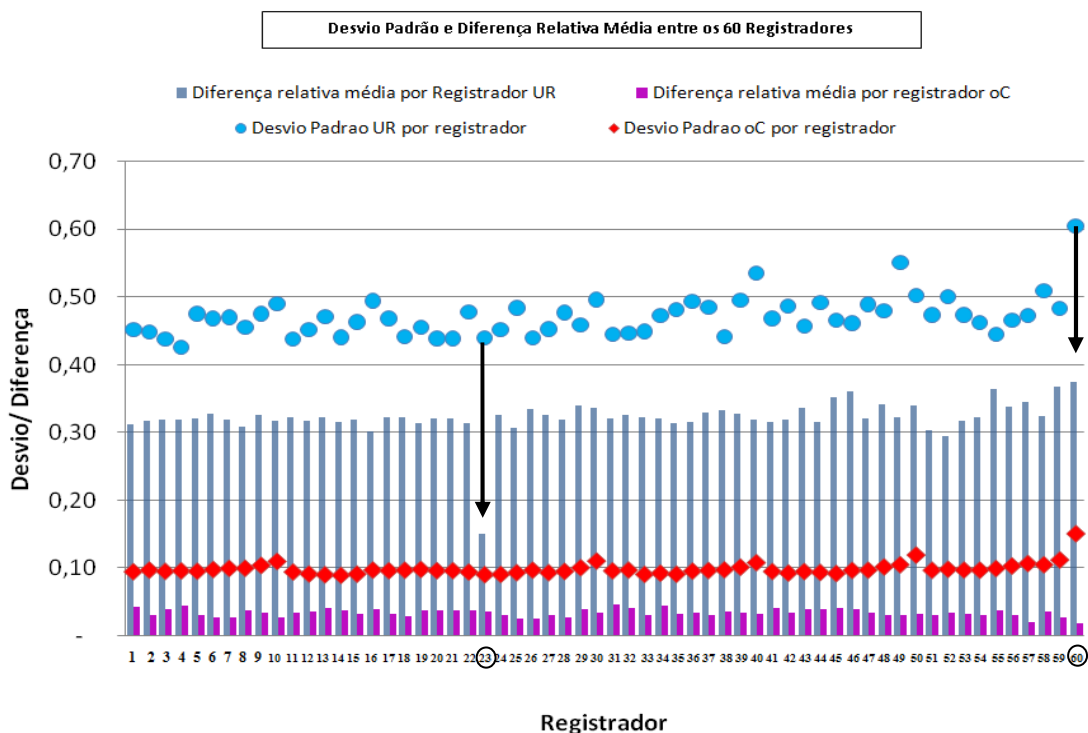


Figura 12 - Gráfico ilustrando a variação no desvio padrão e diferença relativa média entre os 60 aparelhos registradores de temperatura e umidade ThermaData. A Flecha aponta os registradores com maior variação para Umidade Relativa

Após o processo de calibração, os registradores ThermoData foram levados pra campo e inseridos cada um em um abrigo meteorológico e posicionados em cada área de estudo conforme já descrito (Figura 13). Foram registrados os dados referentes à temperatura e umidade relativa minuto a minuto de cada ponto simultaneamente nos dias 15,16 e 17 de setembro de 2011 na estação seca e posteriormente nos dias 29 de fevereiro e 01 e 02 de março de 2012 na estação chuvosa.



Figura 13 - Exemplo dos abrigos meteorológicos contendo em cada um registrador ThermoData, dispostos a cada 40m na direção Leste (A) – Oeste (B) na Av. da Saudade

Os mapas temáticos apresentados nos itens 4.2.1 e 4.2.2 foram gerados por meio do ArcMap que é o aplicativo do ArcGIS voltado para o desenho e a investigação de mapas, para a análise dos mesmos de modo a resolver questões geográficas, e para a produção de mapas que expressam essa análise.

Método utilizado foi o de Interpolação por Vizinhança Natural (Natural Neighbor). A interpolação por vizinhança natural encontra o subconjunto mais próximo de pontos amostrais a um ponto principal e aplica-lhes pesos baseados em áreas proporcionais a fim de interpolar um valor (SIBSON, 1981 *apud* CRONEMBERGER, 2009).

Sua propriedade básica é que é local, usando somente um subconjunto das amostras que cercam o ponto principal, e que as alturas interpoladas são garantidas

para estar dentro da escala das amostras usadas. Adapta-se localmente à estrutura dos dados de entrada, não requerendo nenhuma entrada do usuário sobre o raio da busca, contagem da amostra, ou forma. Trabalha igualmente bem com dados regularmente e irregularmente distribuídos (WATSON, 1992 *apud* CRONEMBERGER, 2009).

Inicialmente, um diagrama de Voronoi é construído de todos os pontos dados, representado pelos polígonos coloridos verde-oliva. Um polígono novo de Voronoi, cor bege, é criado então em torno do ponto da interpolação (estrela vermelha). A proporção da sobreposição entre este polígono novo e os outros polígonos iniciais é usada então como os pesos (Figura 14).

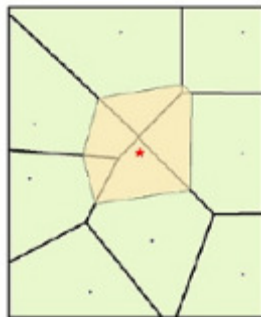


Figura 14 - Exemplo de interpolação por vizinhança natural

Por comparação, um interpolador baseado em distância tal como IDW (Inverso do quadrado da distância) atribuiria pesos similares aos pontos do norte e ao ponto no nordeste baseado em sua distância similar do ponto de interpolação. A interpolação por vizinho natural, entretanto, atribui pesos de 19.12% e de 0.38% respectivamente, que é baseado na porcentagem da sobreposição.

Afim de buscar explicações para o comportamento dos dados microclimáticos foi utilizada uma ferramenta disponível no site <http://www.sunearthtools.com> que permitiu visualizar a posição solar nos dias da coleta de dados e tentar correlacionar com o comportamento das temperaturas e umidade, do local.

3.3.4 Análises estatísticas dos dados microclimáticos em função da distância

A análise dos dados coletados foi realizada por meio do software estatístico SAS versão 9.2 onde foram geradas análises de variância (ANOVA), para confirmar ou refutar a hipótese.

ANOVA é uma forma particular de testes de hipóteses muito utilizada na análise de dados experimentais. Um teste de hipótese estatística é um método para

tomada de decisões com os dados. Um resultado do teste (calculado a partir da hipótese nula e da amostra) é chamado estatisticamente significativo se for considerado improvável que tenha ocorrido, *assumindo a verdade da hipótese nula*. Um resultado estatisticamente significativo (quando uma probabilidade (p-valor) é inferior a um limiar (nível de significância)) justifica a rejeição da hipótese nula.

3.3.5 Análise estatística para verificar o efeito da direção do vento e o arrefecimento do entorno em função da distância

Para verificar se a direção do vento global auxilia no arrefecimento do entorno foram realizadas regressões lineares no programa estatístico R.

Primeiramente os dados foram organizados em uma planilha atribuindo os valores de 0, 1 e -1. Por exemplo, se o vento estava na direção de Norte para Sul, os transectos ao Norte receberam o valor -1, de onde o vento estava vindo com uma temperatura mais elevada e umidade reduzida, os transectos ao sul receberam o valor 1, representando a região arrefecida após o vento ter permeado a área verde com temperatura do ar mais amena e umidade elevada, e para os transectos ao Leste e Oeste foi atribuído o valor 0 que no caso não recebeu nem o vento com temperatura mais elevada e menor umidade e nem o vento com umidade mais elevada e temperatura mais amena (Figura 15).

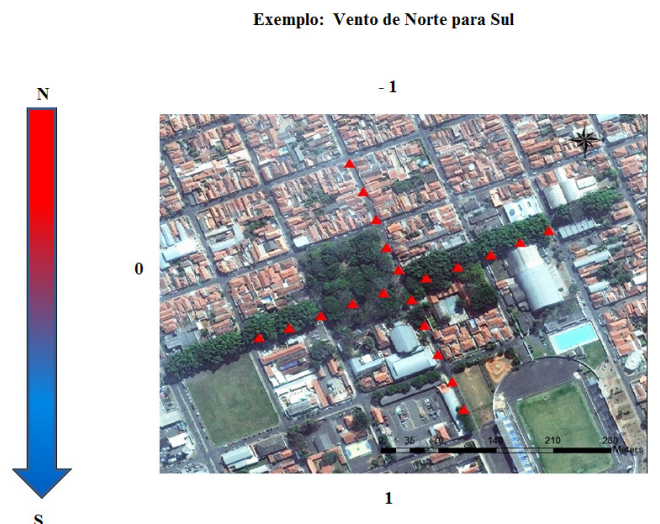


Figura 15 - Esquema ilustrando a atribuição de valores de -1 (maiores temperaturas e menor umidade), 0 (não sofre influência) e 1 (menores temperaturas e maior umidade) em função da direção do vento no sentido de Norte para Sul e o comportamento esperado da temperatura do ar após permear a área vegetada exemplificado pela coloração da flecha.

No modelo estatístico só foram utilizados os dados dos transectos que foram atribuídos os valores 1 e -1 para verificar o fenômeno de causa e efeito.

3.3.6 Questionários

Em Rio Claro/SP, a percepção de conforto térmico foi avaliada por meio de um questionário (ANEXO B) aplicado simultaneamente ao registro dos dados quantitativos das variáveis temperatura e umidade, buscando encontrar uma relação entre os valores obtidos nas medições e as respostas fornecidas.

Ao todo foram 347 questionários, sendo 119 na Av. da Saudade, 120 no Horto e 108 na Praça durante os dias de coleta dos dados microclimáticos. O questionário foi composto por questões do tipo abertas e fechadas baseado na metodologia do projeto RUROS – *Rediscovering the urban and realm open spaces*, realizado na Europa (NIKOLOPOLOU; LYKOUDIS, 2006 apud DACANAL et al., 2010) com algumas adaptações, sendo composto dos seguintes itens: Parte 1: gênero, idade, antropometria do entrevistado, atividade, escolaridade, tipo de vestimentas; Parte 2: percepção do clima, microclima e condições de tempo; Parte 3: sensação térmica; Parte 4: imagem do lugar, motivos de uso, frequência de uso, problemas relacionados ao espaço, topofilia.

Foram aplicados 180 questionários, 60 por dia, pelos 12 auxiliares de campo contratados no mesmo período da coleta dos dados microclimáticos. Os dados foram tabulados em planilha Excel e foram posteriormente analisados. As entrevistas foram feitas com homens e mulheres durante os dias de campo. Os entrevistados foram usuários ou moradores próximos aos locais de estudo entre 18 e 80 anos conforme exigido pelo comitê de ética (Anexo A).

3.3.7 Imagens termográficas

A temperatura da superfície é a medida do fluxo de condução de calor. O fluxo de calor na superfície depende, basicamente, da sua condutividade térmica, de seu calor específico e de sua emissividade, sofrendo influências de fatores intrínsecos como tipo de solo ou superfície, relevo e tipo de cobertura e fatores externos como irradiância solar global, temperatura do ar, nebulosidade, chuva e vento.

Observações precisas da temperatura da superfície podem fornecer muita informação sobre a relação com o clima. No entanto, devido a complexidade, é extremamente difícil obter medições representativas por causa do número de

superfícies que precisam ser amostradas. Para contornar este problema, pesquisadores frequentemente fazem medições remotas da temperatura de superfície utilizando radiômetros. Estes aparelhos medem a radiação proveniente da superfície e podem ser acoplados em satélites, aviões, torres ou no chão e são capazes de fornecer imagens da temperatura da superfície.

A utilização de radiômetros para medir a temperatura da superfície das áreas urbanas ou superfícies da terra não é simples pois o caráter tridimensional da estrutura representa uma dificuldade adicional. Ao alterar a direção, diferentes porções da superfície são detectadas, ou seja, a medição da temperatura de superfície se altera conforme a direção de observação (VOOGT; OKE, 2003; SAMUELS, 2010).

Estudos do comportamento das Ilhas de Calor de Superfícies nas cidades por meio de imagens de alta resolução obtidas por satélites que possuem banda termal têm sido vastamente exploradas. Muitos estudos tem dado destaque a variação da temperatura em áreas urbanas por meio da utilização de imagens de alta resolução por técnicas de sensoriamento remoto (ELIASSON, 1992; QUATTROCHI; RIDD, 1998; LOPES, 2008; POLIZEL, 2009).

O uso de imagens provindas de câmeras termográficas (infravermelho) a partir do solo, há pouco tempo, vêm sendo pesquisadas. Dentre os poucos estudos com esta metodologia, a maioria está voltado à eficiência energética em edificações. A introdução deste método nas investigações sobre clima urbano e conforto e ambientes abertos é recente.

Voogt e Oke (2003) e Lopes(2008) consideram a temperatura de superfície de suma importância para estudos da climatologia urbana. Os autores dizem que as temperaturas de superfície modulam a temperatura do ar das camadas mais baixas da atmosfera urbana, sendo fundamental para o balanço energético da superfície, ajudando a determinar o clima interno das edificações, afetando as trocas de energia que, por sua vez, refletem no conforto dos moradores da cidade. A urbanização geralmente conduz a um clima térmico modificado que é mais quente do que nos arredores ou zonas não urbanizadas.

Hoje as pesquisas com temperatura de superfície estão voltadas a questão das ilhas de calor urbanas; planejamento urbano; impactos da temperatura de superfície sobre os climas locais e conforto humano e fluxos de calor.

Em Sidney, na Austrália, foi desenvolvido um projeto piloto cuja intenção foi contribuir para o conhecimento do desempenho térmico em microescala urbana para tomada de decisões de planejamento e design na tentativa de contrariar os fenômenos do aquecimento global e urbano, e mitigar as repercussões nocivas por meio do arrefecimento do ambiente urbano. Foi investigada a transitoriedade térmica de vários elementos urbanos por meio de uma câmera termográfica para visualização e medição empírica da emissividade radiante em diferentes momentos do dia e da noite em diferentes orientações de fachada. Foi criado um índice de desempenho térmico dos elementos. Como já esperado a água absorve calor, e a menos que a energia térmica seja transformada pela vegetação, o dilema do excesso de calor no ambiente urbano e no clima persiste (SAMUELS, 2010).

Para captura das imagens termais foi utilizada uma câmera termográfica de infravermelho marca FLIR modelo SC660 (Figura 16 e Tabela 4).



Figura 16 - Câmera termográfica (marca FLIR modelo SC660)

Tabela 4 - Característica da câmera termográfica utilizada no estudo

Descrição FLIR 660 SC
<30 mk Sensibilidade, precisão + / - 1% de leitura
Padrão de 12 °, 24 ° ou 45 ° de lente
Zoom digital 8x
Funções avançadas de medição
Apontador a Laser avançado
Definir alarmes de temperatura
Gravação em seqüência na câmera
GPS Embutido
Otimizador de contraste

A metodologia seguida nesta pesquisa foi a captura de imagens com emissividade radiante em microescala urbana-climática, em diferentes momentos do dia nos três locais do estudo e nos 4 azimutes nos horários entre 9:00h/10:00h, 12:00h/13:00h e 17:30h/18:30h, simultaneamente a coleta da temperatura e umidade e das entrevistas.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Classificação supervisionada

Os resultados obtidos com as classificações supervisionadas são apresentados na tabela 5 e os mapas temáticos de cada classificação nas figuras 17 e 18. As respectivas matrizes de erro e dendrogramas são apresentadas no Anexo C.

Ao todo foram gerados 2 mapas temáticos. O primeiro incluindo a área urbana e a área periurbana da FEENA. No segundo excluiu-se a área periurbana com o objetivo de classificar somente a área urbana. O uso destes diferentes recortes para a classificação teve como objetivo avaliar as diferenças na cobertura arbórea com a inclusão do horto, e a queda na porcentagem de cobertura arbórea sem a presença deste (Figura 1).

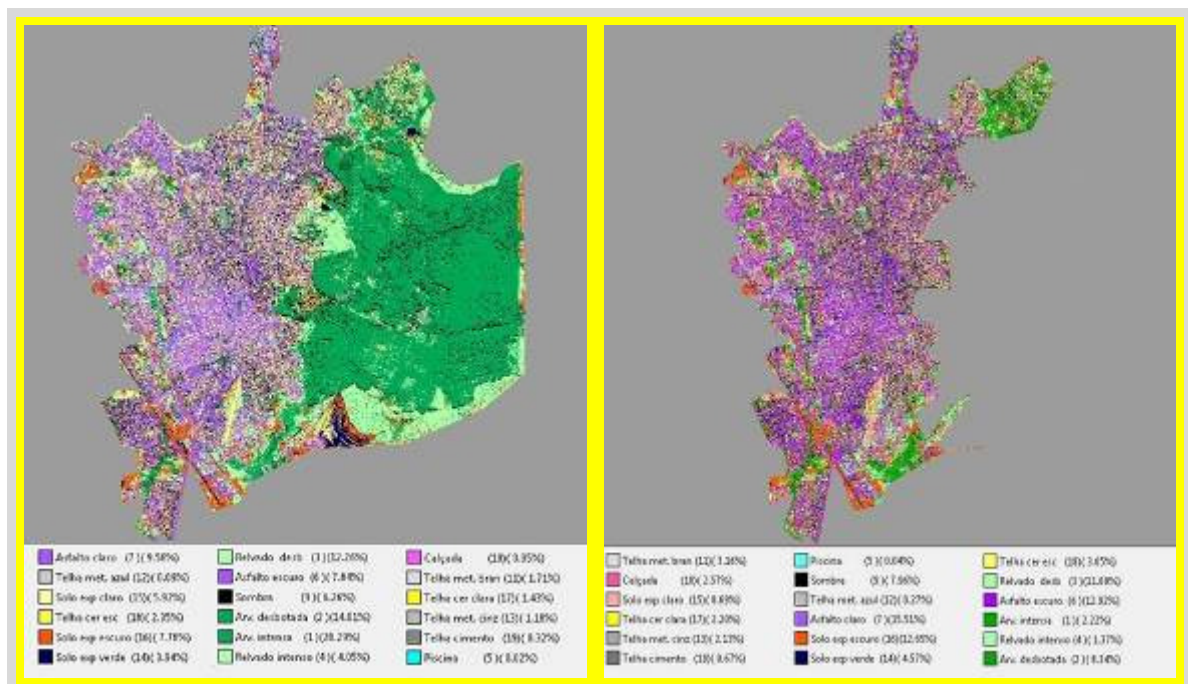


Figura 17 – (A) Mapa temático obtido após classificação supervisionada com método Stepwise Linear, considerando toda área urbana oficial do município de Rio Claro, SP. (B) Mapa temático obtido após classificação supervisionada com método Stepwise Linear, sem a presença da FEENA

Para verificação da acurácia do mapeamento obtido, foi extraída uma matriz de erro de cada uma das classificações e a estatística Kappa. A partir da primeira são obtidos os valores de acurácia geral, calculado por meio da razão entre os pixels classificados corretamente e o total de pixels amostrados, de acurácia do produtor (*producer's accuracy*) e a acurácia do usuário (*user's accuracy*), representados em valores individuais de cada classe, analisados por linha e coluna da matriz, respectivamente (CONGALTON; KASS, 2009).

Os resultados deste índice variam de -1 a +1, com valores negativos para áreas com nuvens e corpos d'água e próximo de zero no solo nu. Quanto maior o vigor e a densidade da vegetação, mais este se aproxima de 1.

Foram gerados dois mapas temáticos, um abrangendo a área urbana e periurbana e o outro somente a área urbana (Figura 18).

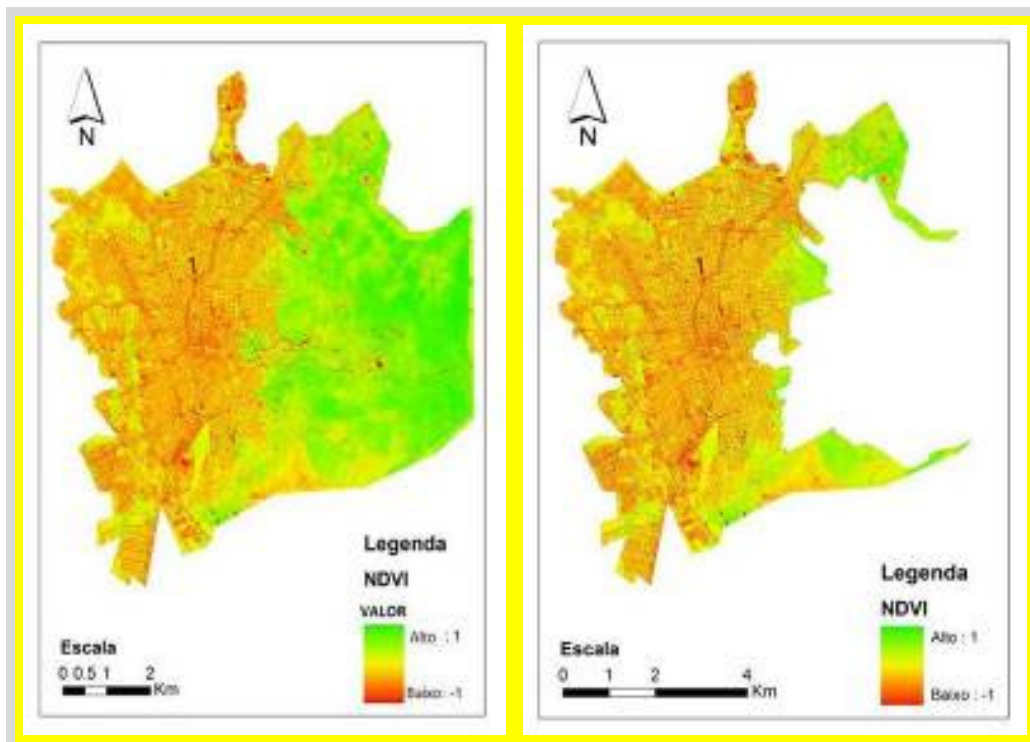


Figura 18 – (A) NDVI aplicado na área urbana e à área periurbana da FEENA do município de Rio Claro. (B) NDVI aplicado somente à área urbana do município de Rio Claro

Na tabela 5 é possível visualizar que a porcentagem de cobertura arbórea sofre um decréscimo de 23,59% se a área da Floresta Edmundo Navarro de Andrade for desconsiderada.

Tabela 5 - Porcentagem total de uso do solo, acurácia de classificação e estatística kappa, nos diferentes recortes utilizados para classificação da imagem

Classes de uso do solo	Recorte Utilizado	
	Área urbana com a FEENA	Área urbana sem a FEENA
Copa de árvores vermelho intenso	19,78%	2,22%
Copa de árvores vermelho opaco	14,37%	8,34%
Relvado vermelho intenso	4,26%	1,37%
Relvado vermelho opaco	11,95%	11,09%
Piscina	0,02%	0,04%
Asfalto cinza claro	9,16%	15,51%
Asfalto cinza escuro	7,60%	12,92%
Solo exposto claro	5,85%	8,69%
Solo exposto escuro	7,07%	12,65%
Solo exposto verde	4,08%	4,57%
Telha metálica de cor branca	1,91%	3,16%
Telha metálica azulada	0,13%	0,27%
Telha metálica cinza	1,20%	2,13%
Telha cimento	0,35%	0,67%
Telha cerâmica clara	1,35%	2,20%
Telha cerâmica escura	2,30%	3,65%
Calçada	1,31%	2,57%
Sombra	6,45%	7,96%
Acurácia geral	90,90%	88,30%
Estatística Kappa	89,01%	86,20%

Se considerarmos porcentagem de cobertura arbórea incluindo a FEENA estaremos superestimando a cobertura arbórea da malha urbana já que a área da Floresta é quase que a mesma da zona contruída da cidade.

Atualmente Rio Claro apresenta somente 10,56% de cobertura arbórea, uma porcentagem baixa e que necessita ser ampliada.

4.2 Dados Microclimáticos

Aqui são apresentados somente os mapas com as máximas de temperatura e mínimas de umidade nos locais referentes ao Campo I (Estação Seca) e Campo II

(Estação Chuvosa), pelo motivo de que na região Sudeste do Brasil a problemática do conforto está quase sempre relacionada à sensação provocada por temperaturas máximas e umidade geralmente baixa. Além disso, os mapas apresentados demonstram o comportamento das médias dos 3 dias da estação seca e a média dos 3 dias da estação chuvosa somente nos horários 09:00 AM, 12:00 PM, 03:00 PM e 05:00 PM.

Esses mapas ilustram como as variáveis se comportam com a alteração do período permitindo a visualização do fenômeno. É apresentada também uma tabela para cada estação (Tabela 6 e 7) comparando os três locais nas diferentes horas. Os mapas de amplitude, médias e temperatura mínima e umidade máxima dos locais estão como Anexo D da dissertação.

4.2.1 Estação Seca

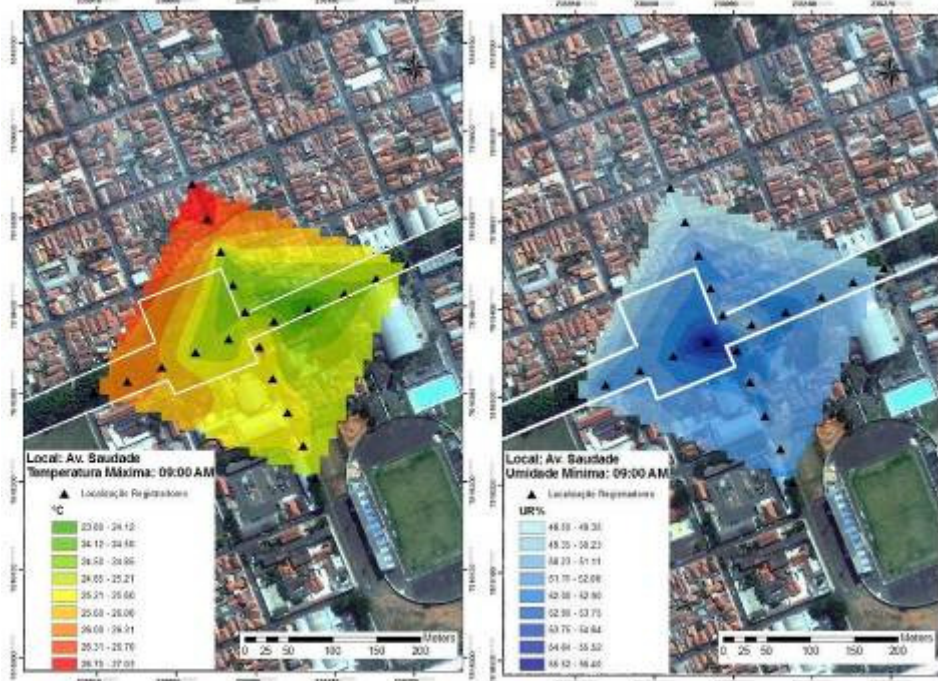


Figura 19 – Mapa gerado com a ferramenta do Arcmap Natural Neighbor: Campo I - Estação Seca – Máximas de temperatura e mínimas de umidade. Avenida da Saudade 09:00 AM. A linha branca representa o limite da área verde estudada.

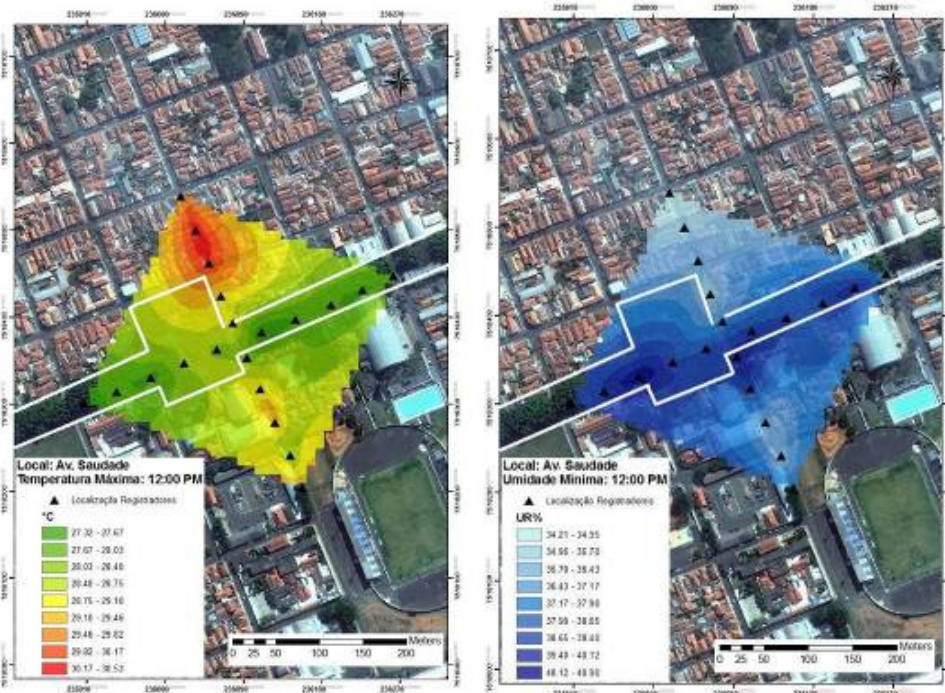


Figura 20 - Mapa gerado com a ferramenta do Arcmap Natural Neighbor: Campo I - Estação Seca – Máximas de temperatura e mínimas de umidade. Avenida da Saudade 12:00 PM. A linha branca representa o limite da área verde estudada.

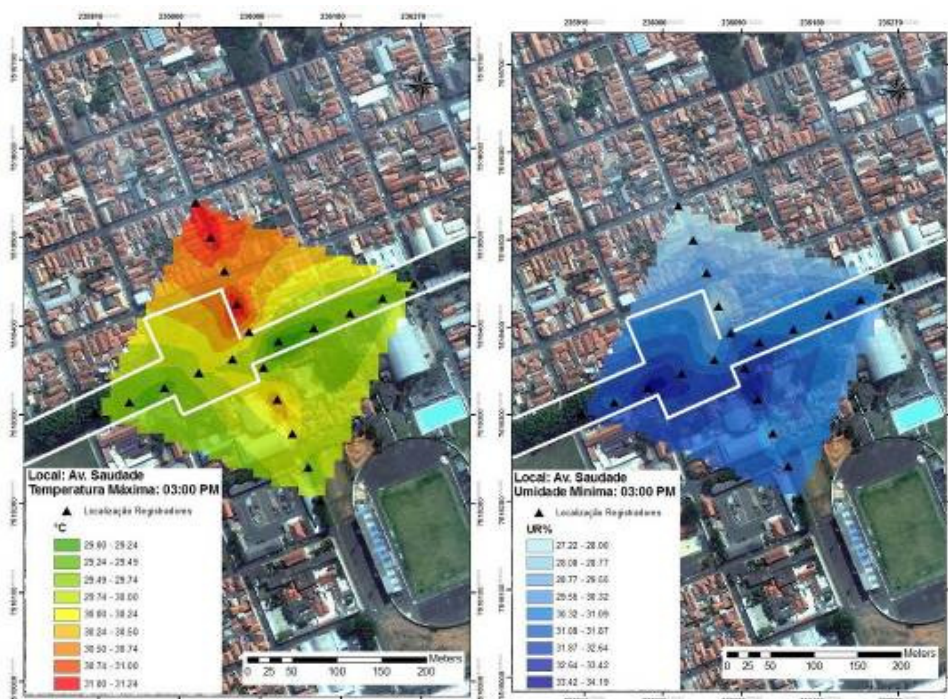


Figura 21 - Mapa gerado com a ferramenta do Arcmap Natural Neighbor: Campo I - Estação Seca – Máximas de temperatura e mínimas de umidade. Avenida da Saudade 03:00 PM. A linha branca representa o limite da área verde estudada.

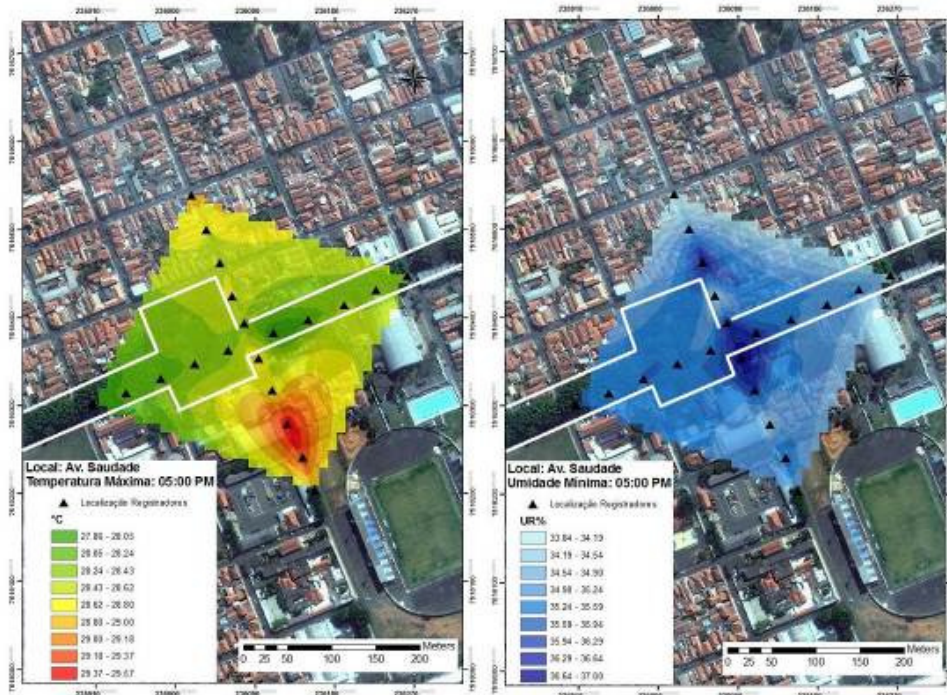


Figura 22 - Mapa gerado com a ferramenta do Arcmap Natural Neighbor: Campo I - Estação Seca – Máximas de temperatura e mínimas de umidade. Avenida da Saudade 05:00 PM. A linha branca representa o limite da área verde estudada.

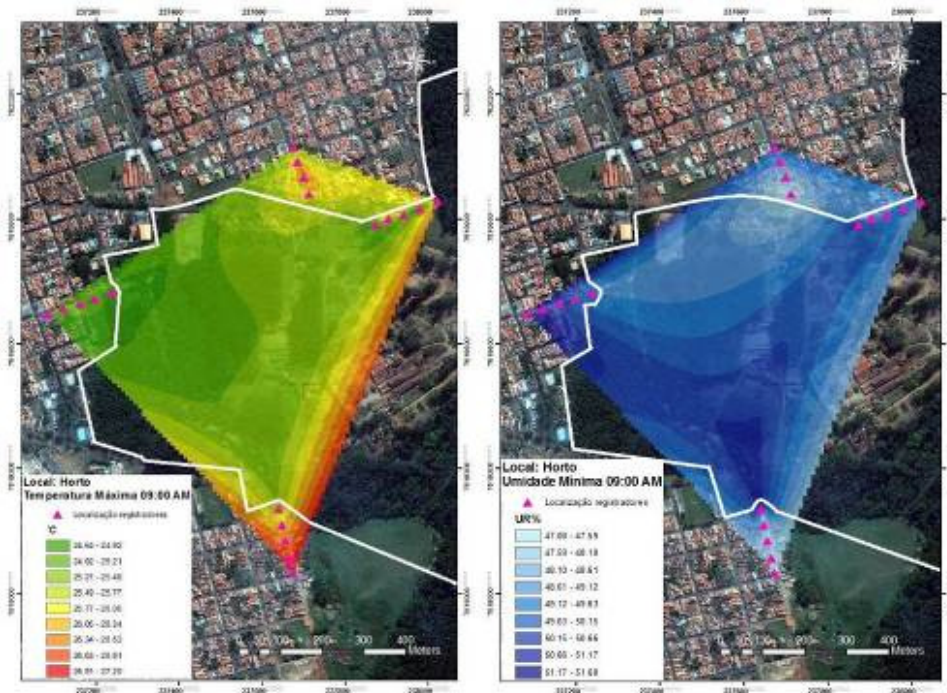


Figura 23 - Mapa gerado com a ferramenta do Arcmap Natural Neighbor: Campo I - Estação Seca – Máximas de temperatura e mínimas de umidade. Horto 09:00 AM. A linha branca representa o limite da área verde estudada.

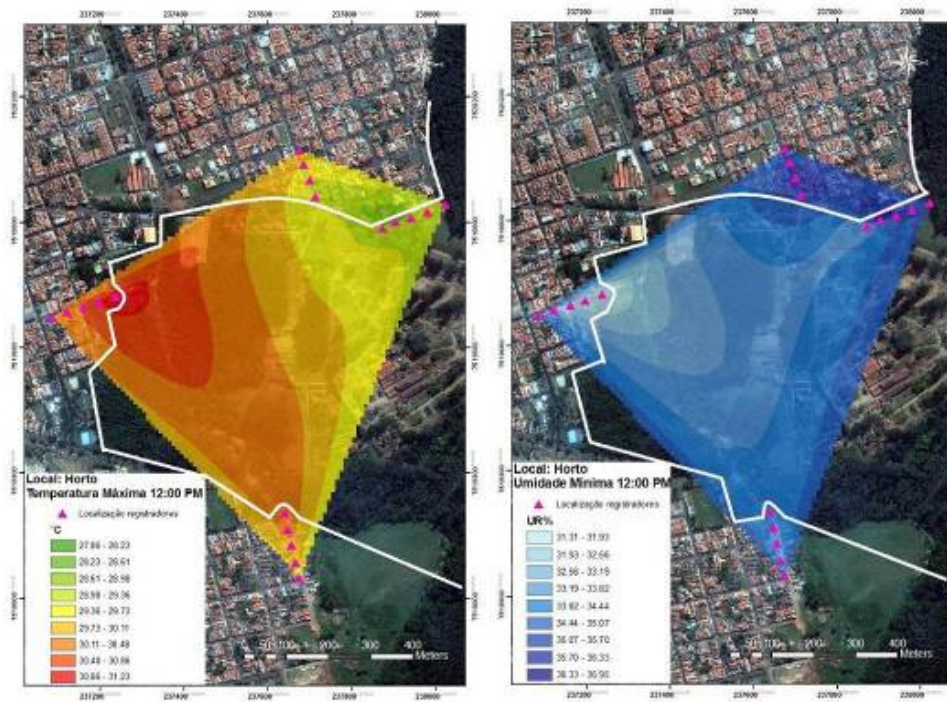


Figura 24 - Mapa gerado com a ferramenta do Arcmap Natural Neighbor: Campo I - Estação Seca – Máximas de temperatura e mínimas de umidade. Horto 12:00 PM. A linha branca representa o limite da área verde estudada.

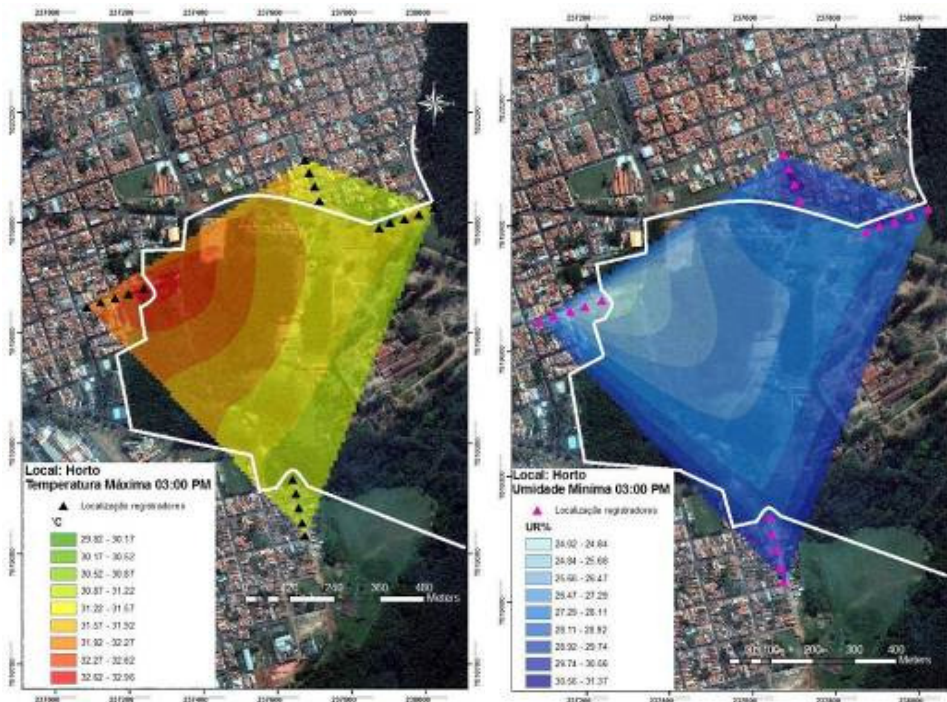


Figura 25 - Mapa gerado com a ferramenta do Arcmap Natural Neighbor: Campo I - Estação Seca – Máximas de temperatura e mínimas de umidade. Horto 03:00 PM. A linha branca representa o limite da área verde estudada.

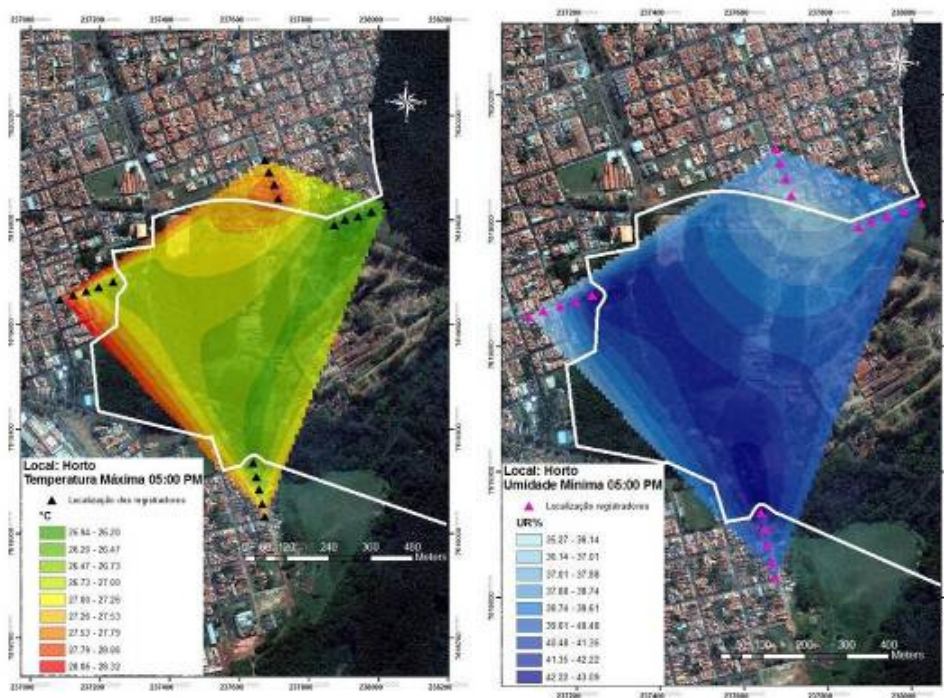


Figura 26 - Mapa gerado com a ferramenta do Arcmap Natural Neighbor: Campo I - Estação Seca – Máximas de temperatura e mínimas de umidade. Horto 05:00 PM. A linha branca representa o limite da área verde estudada.

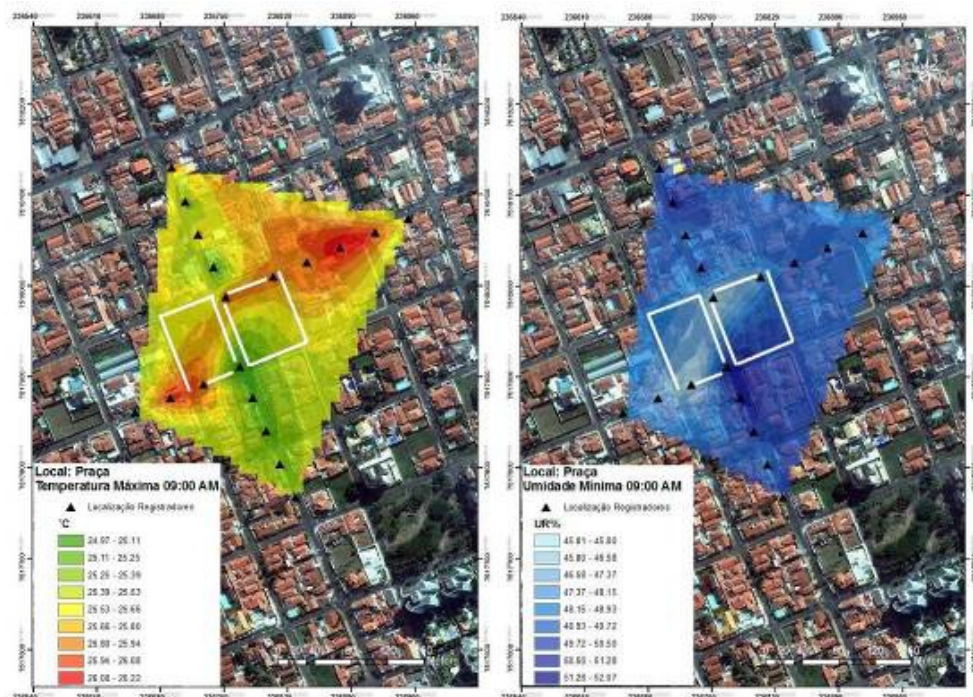


Figura 27 - Mapa gerado com a ferramenta do Arcmap Natural Neighbor: Campo I - Estação Seca – Máximas de temperatura e mínimas de umidade. Praça 09:00 AM. A linha branca representa o limite da área verde estudada.

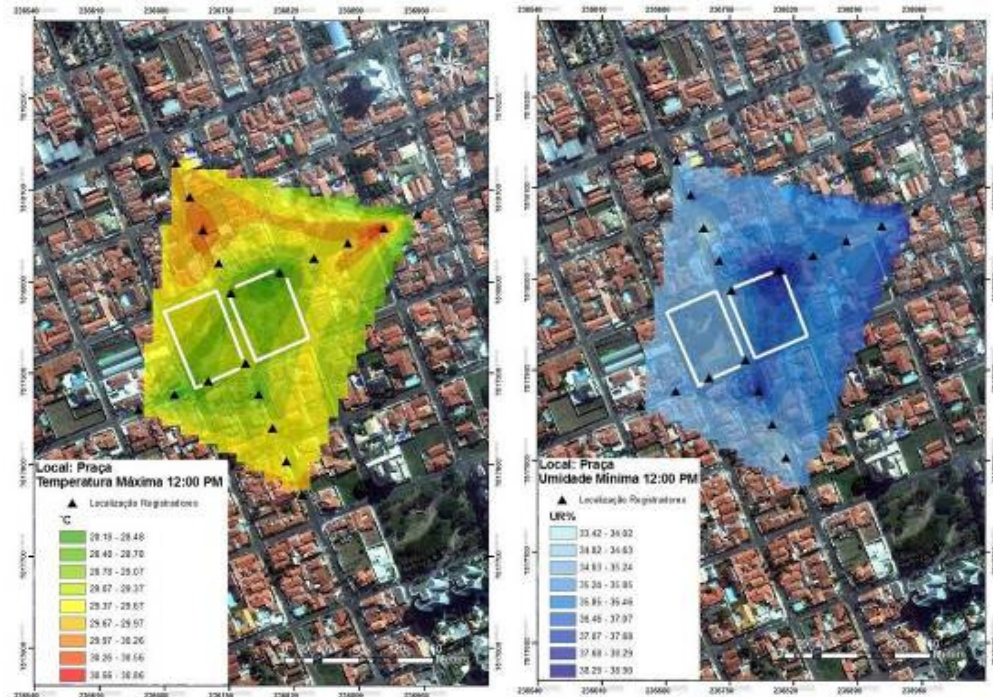


Figura 28 - Mapa gerado com a ferramenta do Arcmap Natural Neighbor: Campo I - Estação Seca – Máximas de temperatura e mínimas de umidade. Praça 12:00 PM. A linha branca representa o limite da área verde estudada.

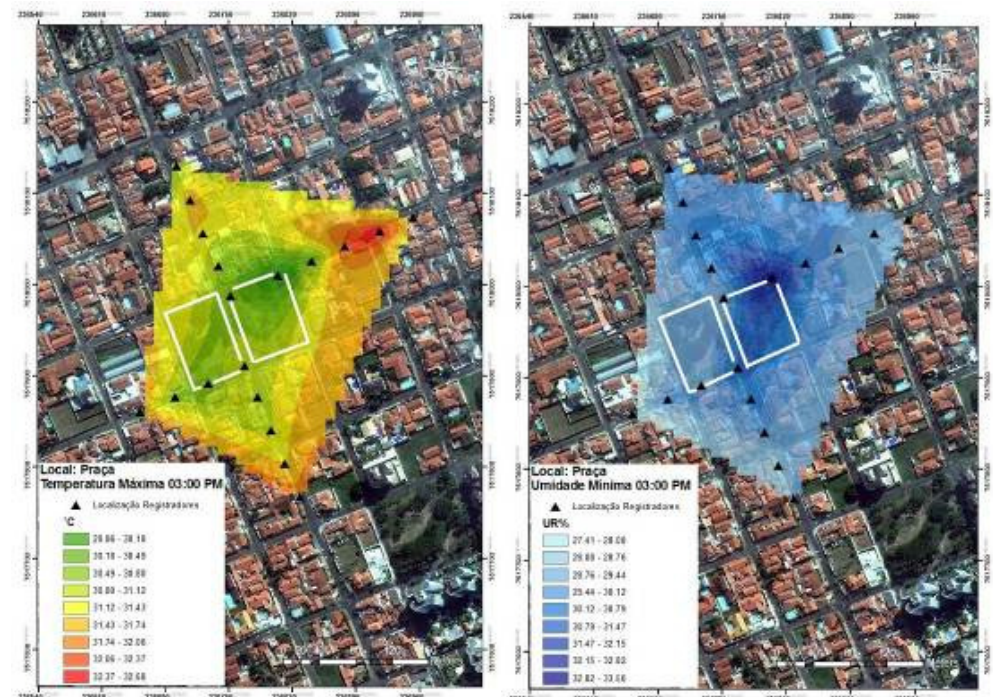


Figura 29 - Mapa gerado com a ferramenta do Arcmap Natural Neighbor: Campo I - Estação Seca – Máximas de temperatura e mínimas de umidade. Praça 03:00 PM. A linha branca representa o limite da área verde estudada.

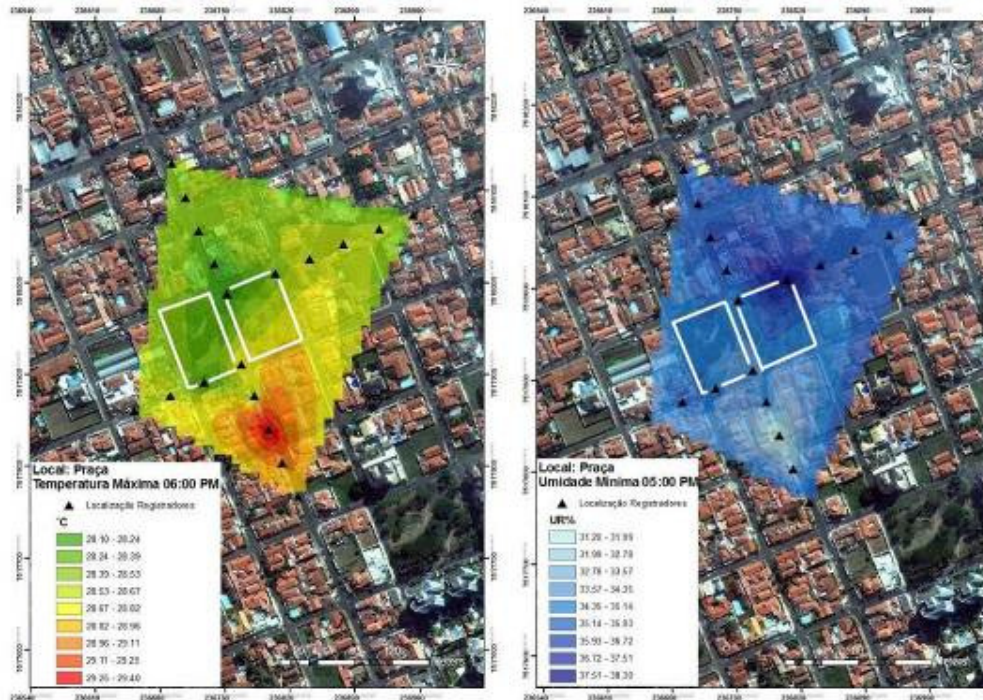


Figura 30 - Mapa gerado com a ferramenta do Arcmap Natural Neighbor: Campo I - Estação Seca – Máximas de temperatura e mínimas de umidade. Praça 05:00 PM. A linha branca representa o limite da área verde estudada.

Tabela 6 - Comparação entre as temperaturas e umidades dos três locais de estudo na estação Seca de acordo com a legenda dos mapas temáticos apresentados acima

Locais	Hora															
	09:00 AM		12:00 PM				03:00 PM		05:00 PM							
	(^C)		(%)		(^C)		(%)		(^C)		(%)		(^C)		(%)	
S	23.8	27.0	48.5	56.4	27.3	30.2	34.2	40.9	29.0	31.2	27.2	34.1	27.8	29.5	33.8	37.0
H	24.6	27.2	47.8	51.7	27.9	31.2	31.3	36.9	29.8	32.9	24.0	31.4	25.9	28.3	35.2	43.9
P	24.9	26.2	45	52	28.2	30.9	33.4	38.9	29.8	32.7	27.4	33.5	28.1	29.4	31.2	38.3

Onde: S = Av. Saudade; H = Horto e P = Praça

(^C) = Variação da temperatura dos pontos no local

(%) = Variação da umidade dos pontos no local

A Av. da Saudade, pela configuração de corredor e devido a densidade de árvores maduras com copa ampla conectadas a uma praça no local, promove o sombreamento das áreas construídas, cimentadas e do asfalto, que hoje é considerado o maior vilão das cidade por absorver muito a radiação e ter baixo albedo, contribuindo para o aumento da temperatura e ilhas de calor nas cidade.

Acredita-se que por este motivo as temperaturas neste tipo de configuração foram menores do que nas demais, mesmo no horário mais quente, o das 03:00 PM

a temperatura na região florestada ficou na casa dos 29°C e a do entorno por volta dos 31°C. Já nas configurações da Praça e do Horto a temperatura da região florestada foi de quase 30°C e a do entorno por volta dos 33°C.

A Umidade relativa na Av. da Saudade também manteve-se maior das 09:00 AM às 03:00 PM do que nos demais locais, com exceção do horário das 05:00 PM.

Na Av. da Saudade nos períodos das 09:00 AM, 12:00 PM e 03:00 PM o azimute Norte é o que apresentou maiores valores de temperatura e menores de umidade sendo que no azimute Sul isso aconteceu somente na hora 05:00 PM. Este comportamento é devido muito provavelmente à posição solar no local nos dias de coleta (Figura 31).



Figura 31 - Posição solar na Av. da Saudade nos dias de coleta dos dados microclimáticos – Estação Seca. Fonte: <http://www.sunearthtools.com>

De acordo com os bolsões de temperatura e umidade gerados nos mapas dos três locais, aparentemente, a distância parece ser significativa apenas no entorno da Av. da Saudade, isso salienta que as áreas do viário necessitam de maior atenção e colaboração dos moradores para que haja uma manutenção e implantação correta das árvores. Isso será confirmado ou refutado na análise estatística a seguir.

O Horto teve um comportamento diferente ao esperado. Mesmo cobrindo uma vasta área, seu efeito na temperatura do ar é basicamente local. O entorno não é muito beneficiado, com exceção dos transectos alocados no azimute Leste e Sul. Os transectos Norte e Oeste, com cobertura arbórea quase nula, registraram os maiores

4.2.2 Estação Chuvosa

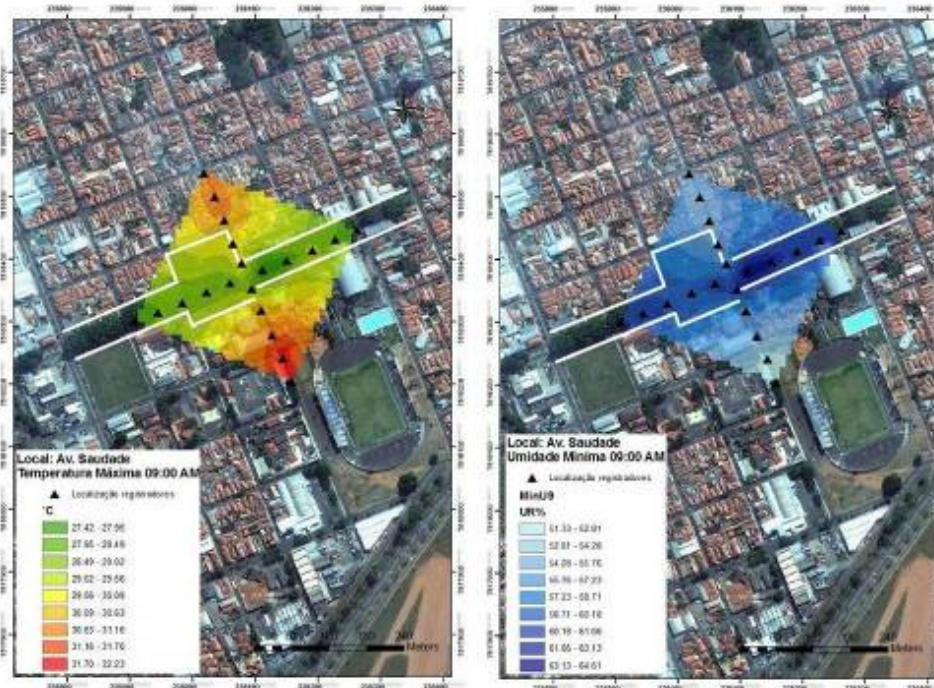


Figura 33 - Mapa gerado com a ferramenta do Arcmap Natural Neighbor: Campo II - Estação Chuvosa – Máximas de temperatura e mínimas de umidade. Av. Saudade 09:00 AM. A linha branca representa o limite da área verde estudada.

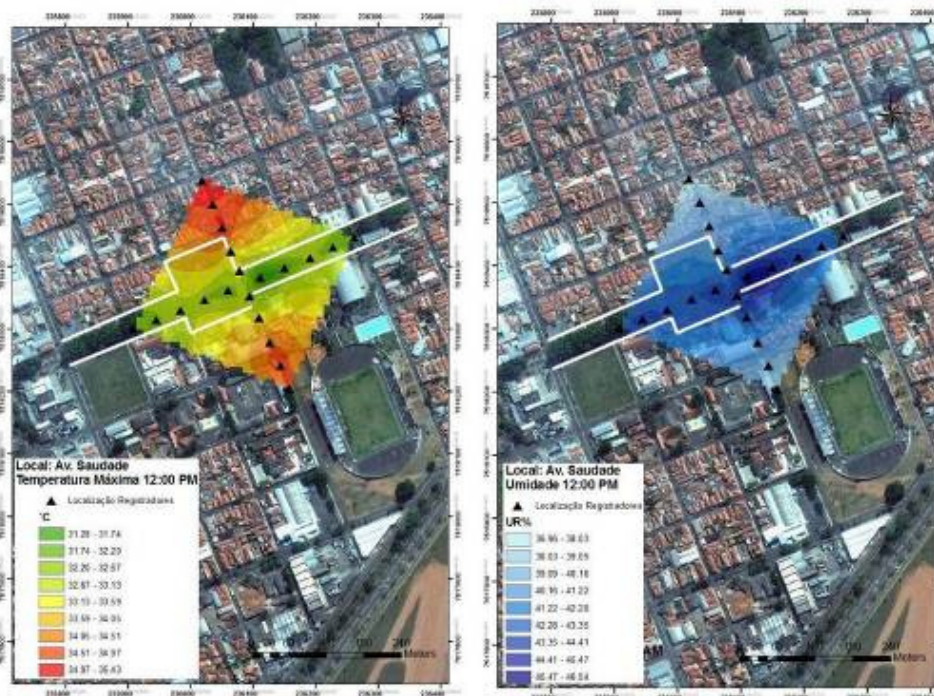


Figura 34 - Mapa gerado com a ferramenta do Arcmap Natural Neighbor: Campo II - Estação Chuvosa – Máximas de temperatura e mínimas de umidade. Av. Saudade 12:00 PM. A linha branca representa o limite da área verde estudada.

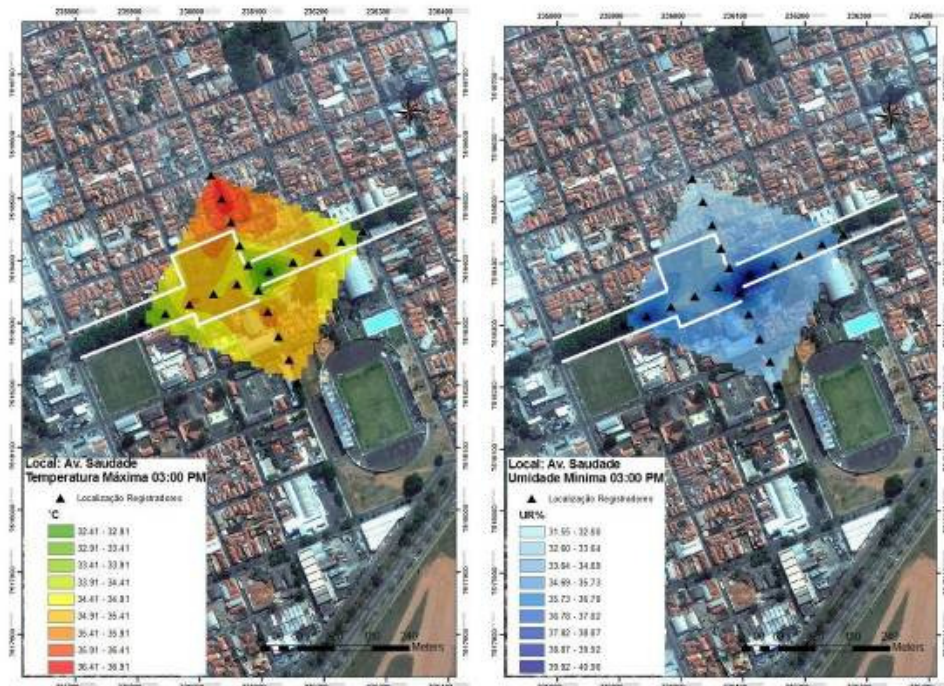


Figura 35 - Mapa gerado com a ferramenta do Arcmap Natural Neighbor: Campo II - Estação Chuvosa – Máximas de temperatura e mínimas de umidade. Av. Saudade 03:00 PM. A linha branca representa o limite da área verde estudada.

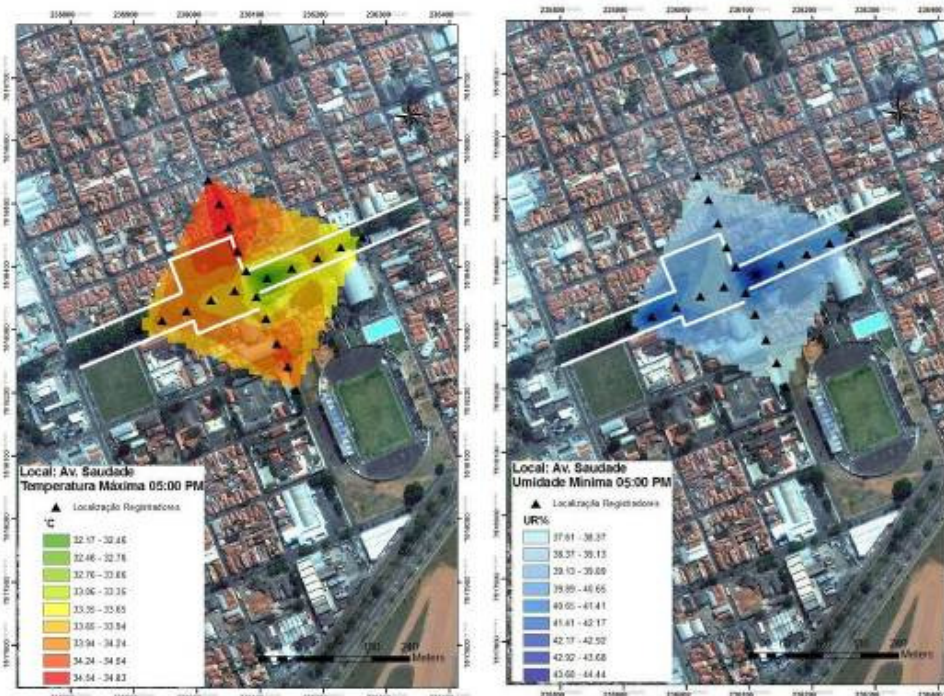


Figura 36 - Mapa gerado com a ferramenta do Arcmap Natural Neighbor: Campo II - Estação Chuvosa – Máximas de temperatura e mínimas de umidade. Av. Saudade 05:00 PM. A linha branca representa o limite da área verde estudada.

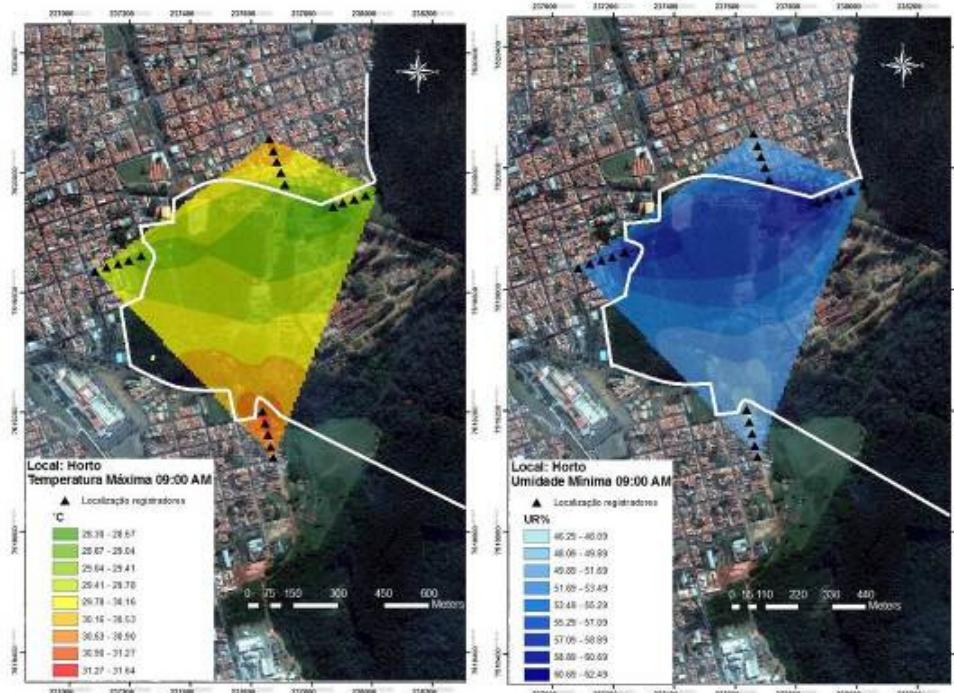


Figura 37 - Mapa gerado com a ferramenta do Arcmap Natural Neighbor: Campo II - Estação Chuvosa – Máximas de temperatura e mínimas de umidade. Horto 09:00 AM. A linha branca representa o limite da área verde estudada.

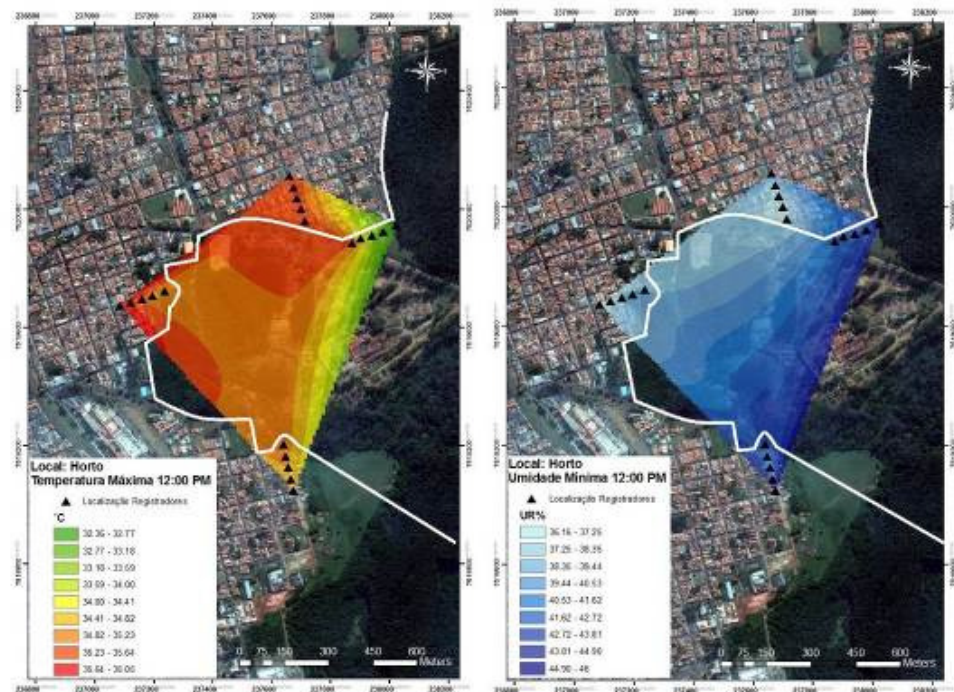


Figura 38 - Mapa gerado com a ferramenta do Arcmap Natural Neighbor: Campo II - Estação Chuvosa – Máximas de temperatura e mínimas de umidade. Horto 12:00 PM

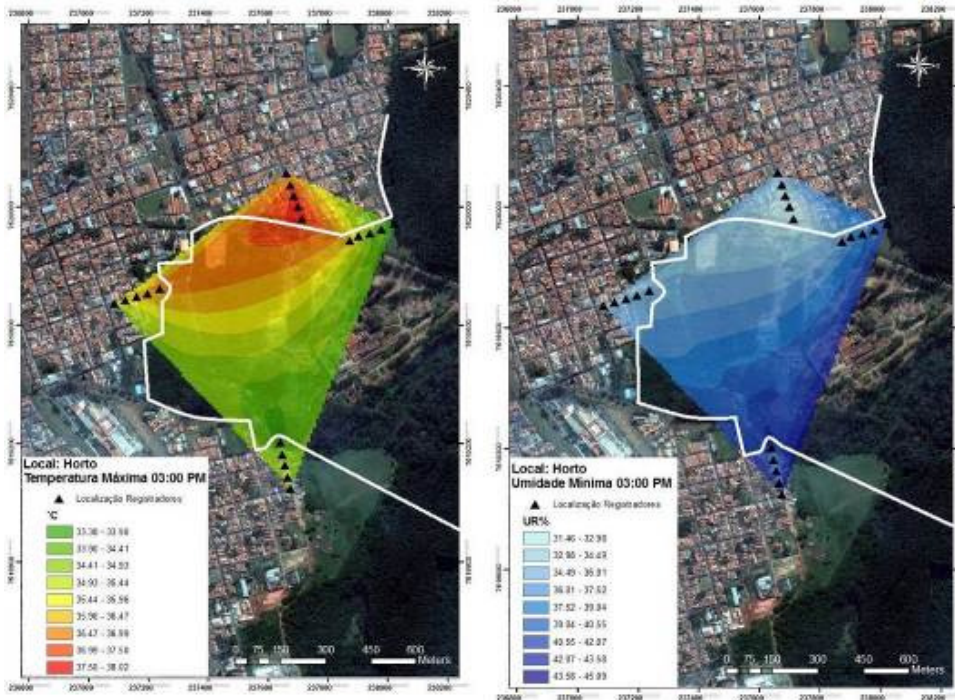


Figura 39 - Mapa gerado com a ferramenta do Arcmap Natural Neighbor: Campo II - Estação Chuvosa – Máximas de temperatura e mínimas de umidade. Horto 03:00 PM. A linha branca representa o limite da área verde estudada.

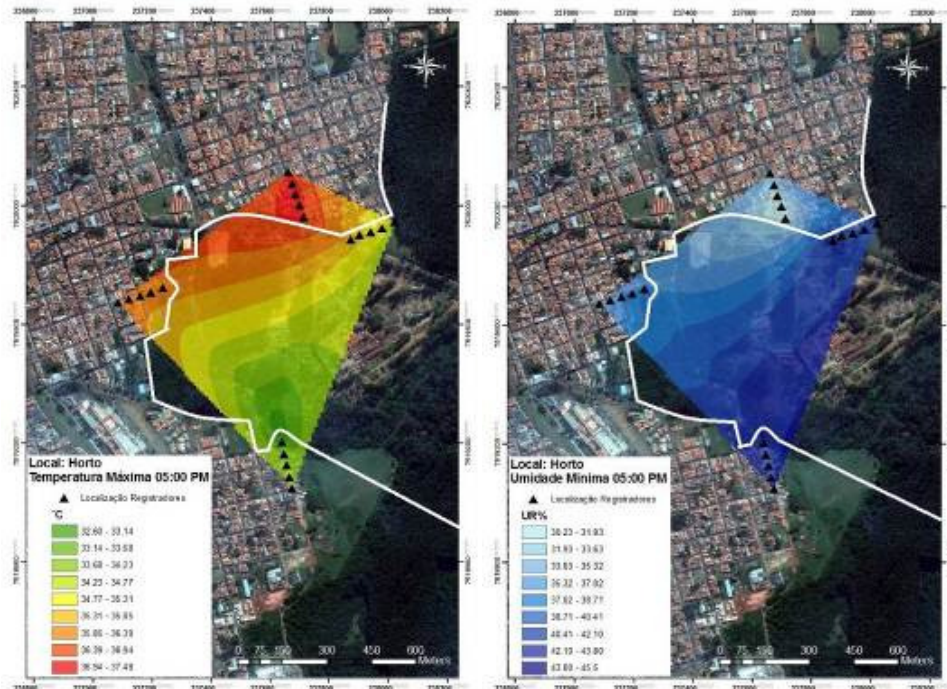


Figura 40 - Mapa gerado com a ferramenta do Arcmap Natural Neighbor: Campo II - Estação Chuvosa – Máximas de temperatura e mínimas de umidade. Horto 05:00 PM. A linha branca representa o limite da área verde estudada.

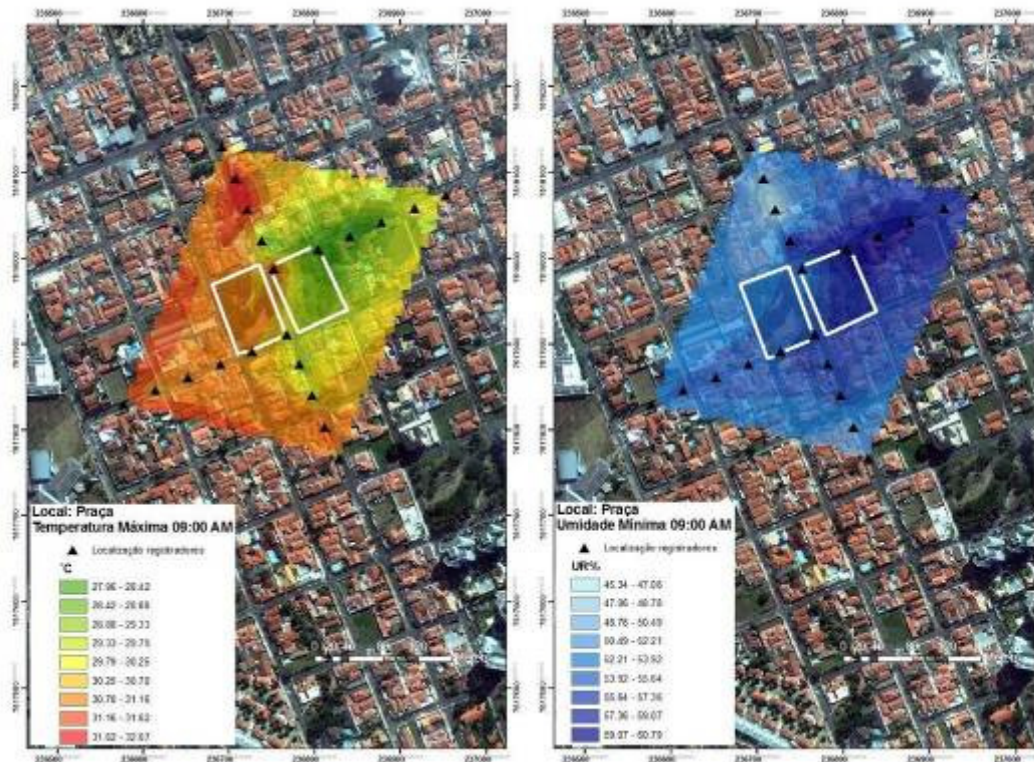


Figura 41 - Mapa gerado com a ferramenta do Arcmap Natural Neighbor: Campo II - Estação Chuvosa – Máximas de temperatura e mínimas de umidade. Praça 09:00 AM. A linha branca representa o limite da área verde estudada.

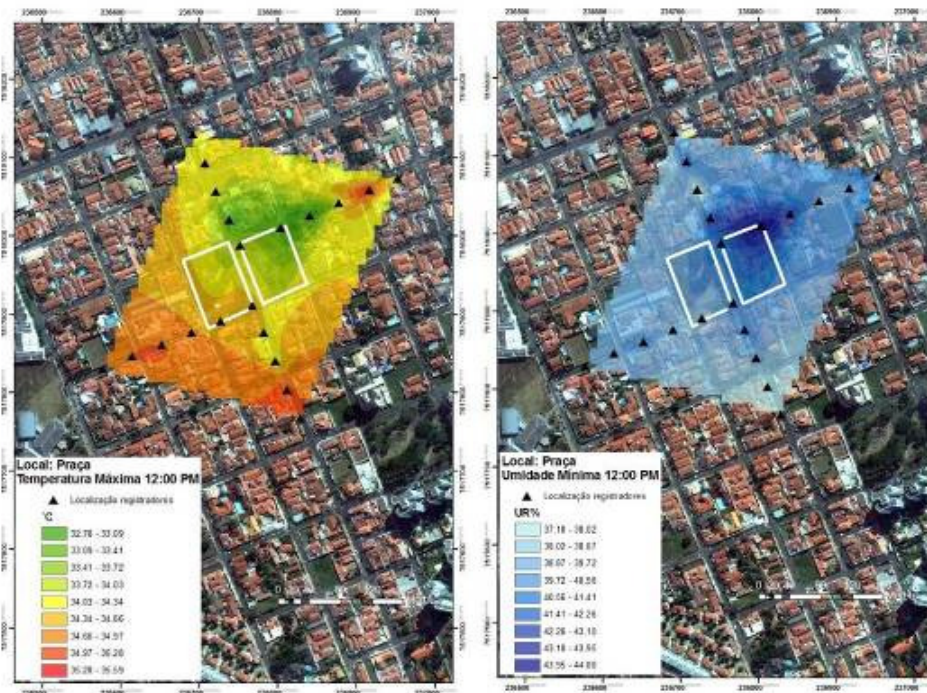


Figura 42 - Mapa gerado com a ferramenta do Arcmap Natural Neighbor: Campo II - Estação Chuvosa – Máximas de temperatura e mínimas de umidade. Praça 12:00 PM. A linha branca representa o limite da área verde estudada.

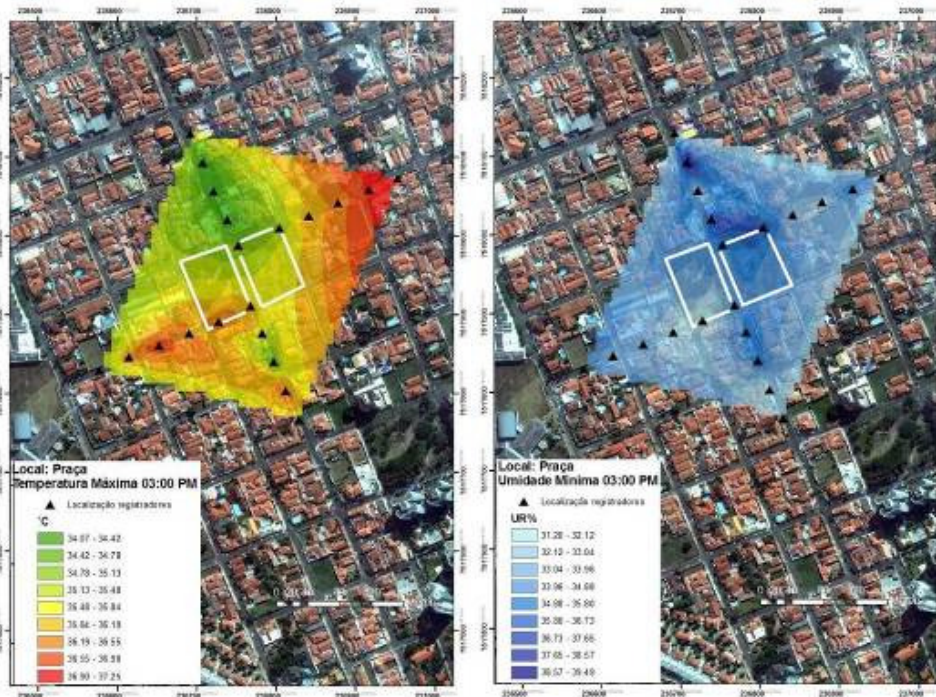


Figura 43 - Mapa gerado com a ferramenta do Arcmap Natural Neighbor: Campo II - Estação Chuvosa – Máximas de temperatura e mínimas de umidade. Praça 03:00 PM. A linha branca representa o limite da área verde estudada.

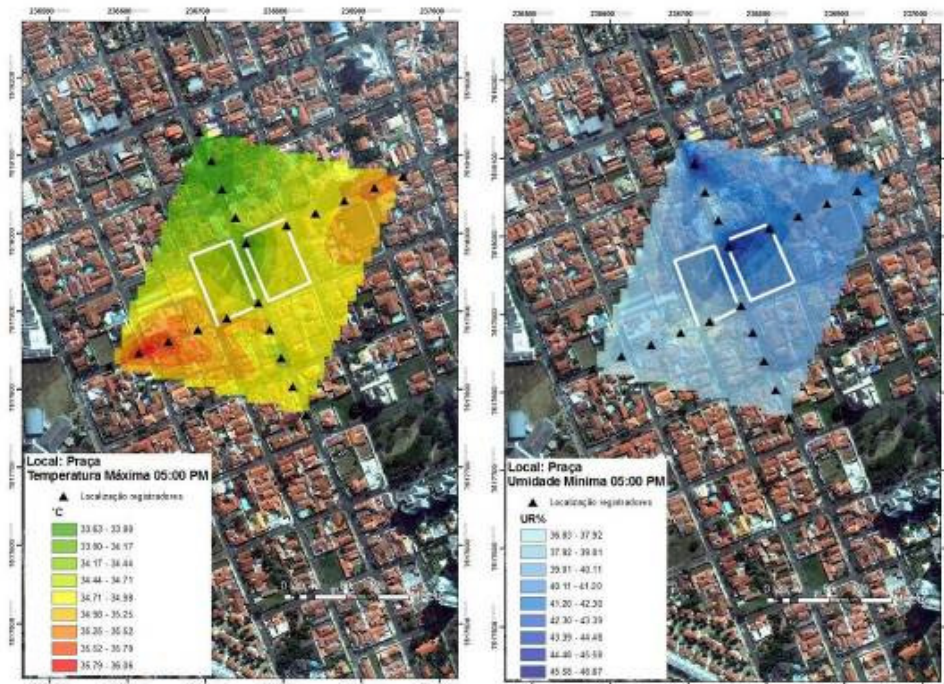


Figura 44 - Mapa gerado com a ferramenta do Arcmap Natural Neighbor: Campo II - Estação Chuvosa – Máximas de temperatura e mínimas de umidade. Praça 05:00 PM. A linha branca representa o limite da área verde estudada.

No Horto, no período das 09:00 AM a temperatura foi mais baixa e a umidade mais alta no azimutes Leste e Oeste e por volta dos 40m no azimute Norte. Ao meio-dia as temperaturas do azimute Oeste e Norte foram as mais críticas assim como a umidade relativa. As 03:00 PM e 05:00 PM os azimutes Leste e Sul continuam sendo os mais beneficiados e o azimute Norte continua sendo o que mantém as temperaturas mais altas e umidade mais baixa.

Já na praça, ocorreu um comportamento anômalo. Nos horários mais críticos o Azimute Norte foi o que registrou temperaturas mais amenas. Isso pode ter acontecido devido ao posicionamento dos abrigos meteorológicos, que podem ter sofrido sombreamento dos muros das casas nos horários 03:00 PM e 05:00 PM (Figura 46), já a Praça não contribui para o arrefecimento. Nos horários 09:00 AM e 12:00 PM o azimute Leste foi o que registrou maiores valores de umidade e menores de temperatura, muito provavelmente por apresentar a maior cobertura arbórea do local.



Figura 46 - Posição solar Praça durante os dias de coleta dos dados microclimáticos na estação chuvosa. Fonte: <http://www.sunearthtools.com>

Os mapas gerados foram de grande importância para visualização do fenômeno. A interpolação dos dados de temperatura e umidade nos mapas confirma a hipótese de que os aglomerados arbóreos auxiliam no arrefecimento do entorno e que cada área de estudo comporta-se de maneira diferenciada por causa do desenho e muito provavelmente também devido a composição e adensamento arbóreo dos locais.

4.3 Análises estatísticas dos dados microclimáticos em função da distância

4.3.1 ANOVA

ANOVA é uma coleção de modelos estatísticos no qual a variância amostral é particionada em diversos componentes devido a diferentes fatores (variáveis), que nas aplicações estão associados a um processo. Através desta partição, a ANOVA estuda a influência destes fatores na característica de interesse.

A Análise de variância (tabela 8), para comparação das médias foi feita pelo teste Tukey-Kramer para experimentos desbalanceados (houve perda de dados em um dos dias de coleta, choveu na hora 05:00 PM no dia 1 de março de 2012). Na análise o coeficiente de variação geral foi 7,17% considerado baixo.

Tabela 8 – ANOVA – Análise de variância para comparação das médias

Fonte de Variação (Source)	q.l.	Pr > F (MUmid)	Pr> F (MTemp)
Estação (E)	1	<.0001	<.0001
Resíduo (a)	2	<.0001	<.0001
Local (L)	2	<.0001	<.0001
Resíduo (b)	4	<.0001	<.0001
Distância (D)	4	<.0001	<.0001
Azimute (A)	3	<.0001	<.0001
Período (P)	4	<.0001	<.0001
Estação do ano x Distância	4	0.0003	<.0001
Estação do ano x Local	2	<.0001	0.0005
Estação do ano x Azimute	3	<.0001	<.0001
Estação do ano x Período	4	<.0001	<.0001
Local x Distância	8	0.0071	<.0001
Local x Azimute	6	<.0001	<.0001
Local x Período	8	<.0001	<.0001
Resíduo	1697		
Total	1754		

A tabela 9 nos mostra a significância da variável distância no modelo. Na análise geral a distância estabelecida entre os registradores foi significativa até somente 40m para a média de temperatura e umidade. Quando especificamos as

análises para Estação do ano e Locais de estudo percebemos que essa variável adquire um comportamento distinto da análise geral. Na estação chuvosa a temperatura é significativa até cerca de 80m e a umidade 40m. Nos locais H (Horto) e P(Praça) a distância não foi significativa nem para temperatura e nem para umidade. S(Saudade) a única configuração cuja distância foi significativa até cerca de 80m tanto para temperatura como para umidade.

Tabela 9 - Comparação de medias (Tukey-kramer) da Temperatura e Umidade nas diferentes distâncias estudadas

Distância	Geral		Estação				Local					
			Seca		Chuvosa		H		P		S	
	MTemp	Mumid	Mtemp	Mumid	Mtemp	Mumid	Mtemp	Mumid	Mtemp	Mumid	Mtemp	Mumid
40	A	a	A	a	A	a	A	a	A	a	A	a
80	B	b	B	b	A	b	A	a	A	a	A	a b
120	B C	b	A C	a b	B	b	A	a	A	a	B	b
160	C	b	A B C	a b	B	b	A	a	A	a	B	b
200	B C	b	B C	a b	B	b	A	a	A	a	B	b

Mtemp= Média de Temperatura (C), Mumid=Média de Umidade (%)

Obs.: Letras iguais não apresentaram diferença significativa ($p < 0,05$).

Interpretação da tabela: orientação vertical (por colunas).

A área florestada é responsável pelo arrefecimento das áreas adjacentes, sendo que de modo geral as três áreas em questão alteram o microclima do entorno em uma faixa de até 40m. Quando a análise é especificada somente entre os locais, o arranjo da Av. da Saudade foi o que promoveu melhor benefício já que sua influência na temperatura e umidade foi comprovada até uma faixa de 80m. No Horto e na Praça a distância não foi significativa.

Os dados estatísticos aqui apresentados corroboram com os trabalhos de Givoni (1972), Honjo e Takakura (1990), Shashua-Bar e Roffman (2000).

Embora os autores destes trabalhos tenham utilizado metodologias diferenciadas, explorando outros recursos como os da modelagem matemática, os

dados obtidos aqui nesta pesquisa por meio de metodologia fixa de registradores e resultados extraídos a partir de dados brutos de temperatura e umidade, são bastante semelhantes.

4.3.2 Regressões lineares: efeito da direção do vento e o arrefecimento do entorno em função da distância

As análises apresentadas são em função da temperatura e posteriormente em função da umidade. Os resultados de número 1 são em relação ao vento que chega na área verde, e o resultado de número 2 é referente ao vento que já passou pela área verde.

Tabela 10. Relação da direção do vento com as variáveis temperatura e umidade nos resultados das regressões lineares

<i>Relação da direção do vento com a temperatura e umidade</i>	
Resultado 1	Vento que chega ao fragmento
Resultado 2	Vento que sai do fragmento

Foi criado um modelo no qual Y – temperatura ou umidade - é a variável dependente (resposta) em função de X – distância - que é a variável independente (explicativa).

Tabela 11. Formula utilizada no modelo estatístico processado no software R

Fórmulas
Temperatura ~ distância
Umidade ~ distância

4.3.2.1 Temperatura

4.3.2.1.1 Campo 1 - Estação seca - Av. da Saudade

Foi encontrada uma relação apenas na hora 05:00 PM da influência do vento no arrefecimento do entorno (tabela figura).

Tabela 12 – Regressão linear, resultado 2, Av. Saudade 05:00 PM

Resultado 2		05:00 PM		
Coefficientes:				
	Estimativa	Erro padrão	T value	Pr(> t)
(Intercepto)	2.616e+01	1.167e-01	224.267	1.95e-07 ***
Distância	3.400e-03	8.794e-04	3.866	0.0306 *
Significado dos códigos: 0 '****' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 '.' 1				

Erro padrão residual: 0.1112 em 3 graus de liberdade; R quadrado múltiplo: 0.8329; R quadrado ajustado: 0.7771; F-statistic: 14.95 on 1 and 3 DF; p-value: 0.0306

Vento de Oeste para Leste 05:00 PM

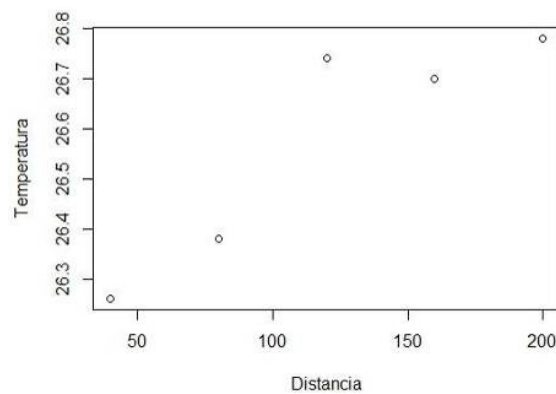


Figura 47 – Av. Saudade - Estação seca – Temperatura - Resultado 2 – 05:00 PM – Vento de Oeste para Leste

4.3.2.1.2 Campo 2 - Estação Chuvosa – Av. da Saudade

Foi encontrada uma relação entre os horários 09:00 AM (Resultado 2), e 05:00 PM (Resultado 1 e 2).

Hora 09:00 AM:

Tabela 13 – Regressão linear, resultado 2, Av. Saudade, Estação chuvosa, 09:00 AM

Resultado 2		09:00 AM		
Coefficientes:				
	Estimativa	Erro padrão	T value	Pr(> t)
(Intercepto)	2.456e+01	1.295e-01	189.701	3.23e-07 ***
Distância	2.475e-03	9.759e-04	2.536	0.085 .
Significado dos códigos: 0 '****' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 '.' 1				

Erro padrão residual: 0.1234 em 3 graus de liberdade; R quadrado múltiplo: 0.682, R quadrado ajustado: 0.5759; F-statistic: 6.433 on 1 and 3 DF; p-value: 0.08496



Figura 48 – Av. Saudade – Estação chuvosa – Temperatura - Resultado 2 – 09:00 AM – Vento de Oeste para Leste

Hora 05:00 PM:

Tabela 14 – Regressão linear, resultado 1, Av. Saudade, Estação chuvosa 05:00 PM

Resultado 1	05:00 PM			
Coefficientes:				
	Estimativa	Erro padrão	T value	Pr(> t)
(Intercepto)	31.854000	0.280093	113.727	1.5e-06 ***
Distância	0.009300	0.002111	4.405	0.0217 *

Significado dos códigos: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Erro padrão residual: 0.2671 em 3 graus de liberdade; R quadrado múltiplo: 0.8661; R quadrado ajustado: 0.8215 ; F-statistic: 19.4 on 1 and 3 DF; p-value: 0.0217

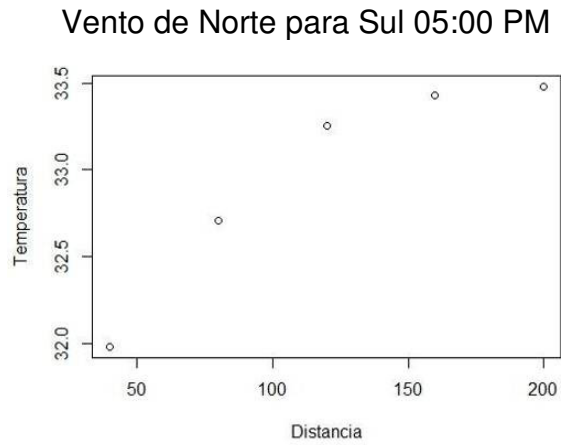


Figura 49 – Av. Saudade – Estação chuvosa – Temperatura Resultado 1 – 05:00 PM – Vento de Norte para Sul

Tabela 15 – Regressão linear, resultado 2, Av. Saudade, Estação chuvosa 05:00 PM

Resultado 2		05:00 PM		
Coefficientes:				
	Estimativa	Erro padrão	T value	Pr(> t)
(Intercepto)	32.158000	0.223997	143.564	7.45e-07 ***
Distância	0.004350	0.001688	2.576	0.082 .

Significado dos códigos: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Erro padrão residual: 0.2136 em 3 graus de liberdade; R quadrado múltiplo: 0.6887, R quadrado ajustado: 0.585; F-statistic: 6.638 on 1 and 3 DF; p-value: 0.08204

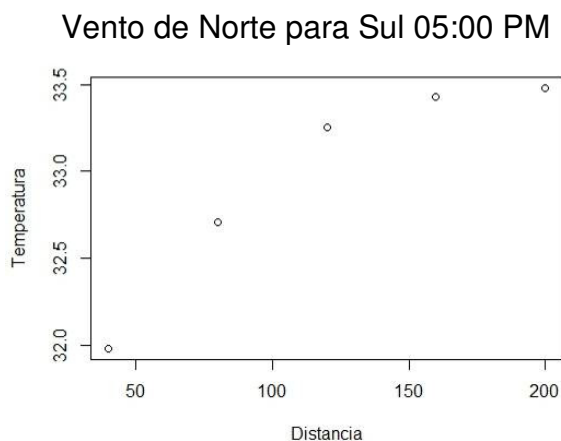


Figura 50 – Temperatura - Resultado 2 – 05:00 PM – Av. Saudade – Estação chuvosa - Vento de Norte para Sul

4.3.2.1.3 Campo 1 – Estação Seca - Praça no campo 1

Foi encontrada uma relação nas horas 03:00 PM e 05:00 PM para o resultado número 1.

Hora 03:00 PM:

Tabela 16 – Regressão linear, resultado 1, Praça, Estação seca 03:00 PM

Resultado 1		03:00 PM		
Coefficientes:				
	Estimativa	Erro padrão	T value	Pr(> t)
(Intercepto)	28.773333	0.099778	288.375	0.00221 **
Distância	0.010500	0.001155	9.093	0.06973 .
Significado dos códigos: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1				

Erro padrão residual: 0.06532 em 1 grau de liberdade; R quadrado múltiplo: 0.9881, R quadrado ajustado: 0.9761; F-statistic: 82.69 on 1 and 1 DF; p-value: 0.06973

Vento de Oeste para Leste 03:00 AM

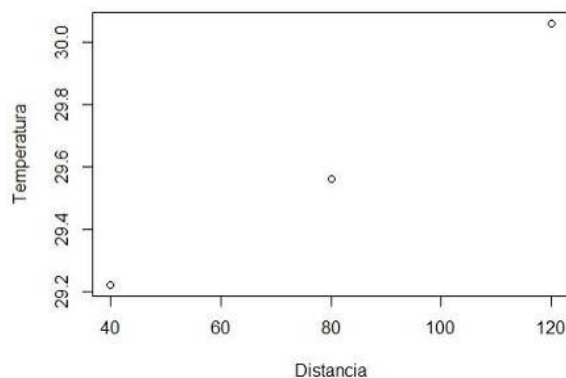


Figura 51 – Temperatura - Resultado 1 – 03:00 PM – Praça – Estação seca - Vento de Oeste para Leste

Hora 05:00 PM:

Tabela 17 – Regressão linear, resultado 1, Praça, Estação seca 05:00 PM

Resultado 1		05:00 PM		
Coefficientes:				
	Estimativa	Erro padrão	T value	Pr(> t)
(Intercepto)	2.666e+01	6.236e-03	4275.6	0.000149 ***
Distância	8.125e-03	112.6	112.6	0.005655 **
Significado dos códigos: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1				

Erro padrão residual: 0.004082 em 1 grau de liberdade; R quadrado múltiplo: 0.9999; R quadrado ajustado: 0.9998; F-statistic: 1.267e+04 on 1 and 1 DF; p-value: 0.005655

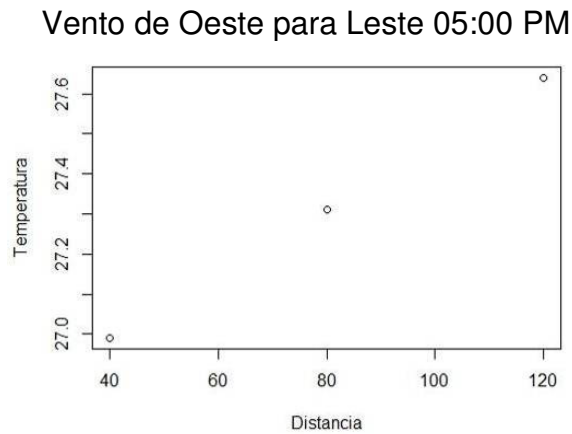


Figura 52 – Temperatura - Resultado 1 – 05:00 PM – Praça - Estação seca – Vento de Oeste para Leste

4.3.2.1.4 Campo 2 - Estação Chuvosa - Praça

A relação foi encontrada para ambos os resultados na hora 09:00 AM.

Hora 09:00 AM:

Tabela 18 – Regressão linear, resultado 1, Praça, Estação chuvosa 09:00 AM

Resultado 1		09:00 AM		
Coeficientes:				
	Estimativa	Erro padrão	T value	Pr(> t)
(Intercepto)	25.09600	0.40996	61.22	9.6e-06 ***
Distância	0.00890	0.00309	2.88	0.0635 .
Significado dos códigos: 0 '****' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1				

Erro padrão residual: 0.3909 em 3 graus de liberdade; R quadrado múltiplo: 0.7344; R quadrado ajustado: 0.6459 ; F-statistic: 8.295 on 1 and 3 DF; p-value: 0.06352

Vento de Oeste para Leste 09:00 AM

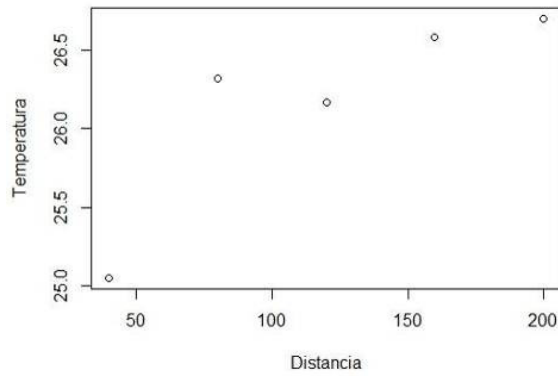


Figura 53– Temperatura Resultado 1 – 09:00 AM – Praça – Estação chuvosa – Vento de Oeste para Leste

Tabela 19 – Regressão linear, resultado 2, Praça, Estação chuvosa 09:00 AM

Resultado 2		09:00 AM		
Coefficientes:				
	Estimativa	Erro padrão	T value	Pr(> t)
(Intercepto)	23.655000	0.287069	82.402	3.94e-06 ***
Distância	0.007625	0.002164	3.524	0.0388 *

Significado dos códigos: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Erro padrão residual: 0.2737 em 3 graus de liberdade; R quadrado múltiplo: 0.8054; R quadrado ajustado: 0.7405; F-statistic: 12.42 on 1 and 3 DF; p-value: 0.03881

Vento de Oeste para Leste 09:00 AM

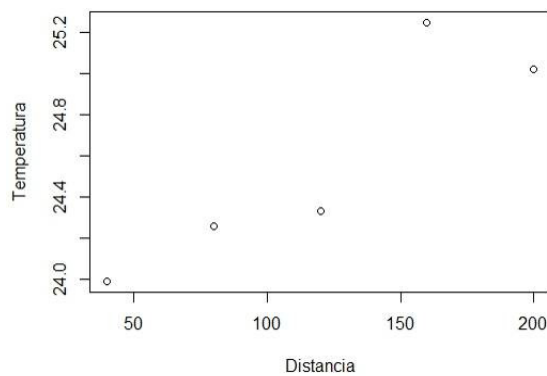


Figura 54 – Temperatura - Resultado 2 – 09:00 AM – Praça – Estação chuvosa - Vento de Oeste para Leste

4.3.2.1.5 Campo 1 – Estação Seca – Horto

Foi encontrada uma relação para o resultado 1 nas horas 12:00 PM, 03:00 PM e 05:00 PM.

Hora 12:00 PM:

Tabela 20 – Regressão linear, resultado 1, Horto, Estação seca 12:00 PM

Resultado 1		12:00 PM		
Coeficientes:				
	Estimativa	Erro padrão	T value	Pr(> t)
(Intercepto)	29.488000	0.277066	106.430	1.83e-06 ***
Distância	-0.006350	0.002088	-3.041	0.0558 .

Significado dos códigos: 0 '****' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Erro padrão residual: 0.2642 em 3 graus de liberdade; R quadrado múltiplo: 0.755; R quadrado ajustado: 0.6733; F-statistic: 9.245 on 1 and 3 DF; p-value: 0.05584

Vento de Oeste para Leste 12:00 PM

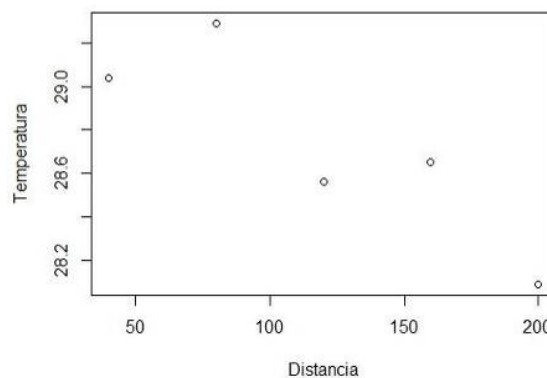


Figura 55 – Temperatura - Resultado 1 – 12:00 PM – Horto – Estação seca – Vento de Oeste para Leste

Hora 03:00 PM:

Tabela 21 – Regressão linear, resultado 1, Horto, Estação seca 03:00 PM

Resultado 1		03:00 PM		
Coeficientes:				
	Estimativa	Erro padrão	T value	Pr(> t)
(Intercepto)	31.420000	0.198148	158.568	5.53e-07 ***
Distância	-0.007800	0.001494	-5.222	0.0137 *

Significado dos códigos: 0 '****' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Erro padrão residual: 0.1889 em 3 graus de liberdade; R quadrado múltiplo: 0.9009;
R quadrado ajustado: 0.8679; F-statistic: 27.27 on 1 and 3 DF; p-value: 0.01366

Vento de Oeste para Leste 03:00 PM

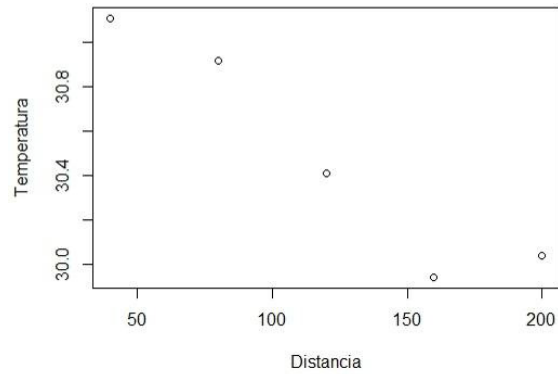


Figura 56 – Temperatura - Resultado 1 – 03:00 PM – Horto – Estação seca – Vento de Oeste para Leste

Hora 05:00 PM:

Tabela 22 – Regressão linear, resultado 1, Horto 05:00 PM

Resultado 1	05:00 PM			
Coefficientes:				
	Estimativa	Erro padrão	T value	Pr(> t)
(Intercepto)	24.740000	0.157111	157.468	5.65e-07 ***
Distância	0.010650	0.001184	8.993	0.0029 **

Significado dos códigos: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Erro padrão residual: 0.1498 em 3 graus de liberdade; R quadrado múltiplo: 0.9642;
R quadrado ajustado: 0.9523; F-statistic: 80.87 on 1 and 3 DF; p-value: 0.002903

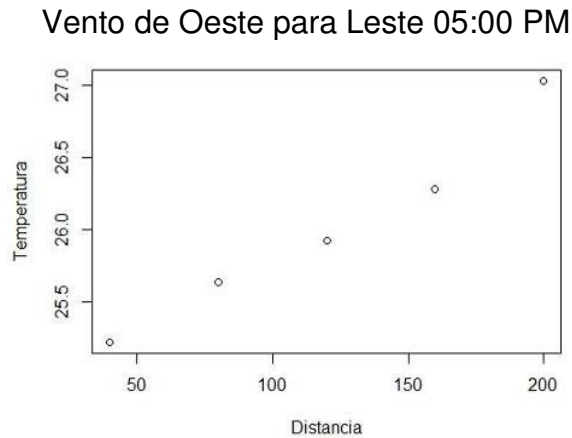


Figura 57 – Temperatura - Resultado 1 – 05:00 PM – Horto – estação seca – Vento de Oeste para Leste

4.3.2.1.6 Campo 2 – Estação chuvosa – Horto

Foi encontrada uma relação no resultado 1 para as horas 03:00 PM e 05:00 PM e para o resultado 2 às 09:00 AM e 12:00 PM.

Hora 09:00 AM:

Tabela 23 – Regressão linear, resultado 2, Horto, Estação chuvosa 09:00 AM

Resultado 2	09:00 AM			
Coefficientes:				
	Estimativa	Erro padrão	T value	Pr(> t)
(Intercepto)	23.282000	0.387293	60.115	1.01e-05 ***
Distância	0.008250	0.002919	2.826	0.0664 .

Significado dos códigos: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Erro padrão residual: 0.3693 em 3 graus de liberdade; R quadrado múltiplo: 0.7269; R quadrado ajustado: 0.6359; F-statistic: 7.986 on 1 and 3 DF; p-value: 0.06641

Vento de Oeste para Leste 09:00 AM

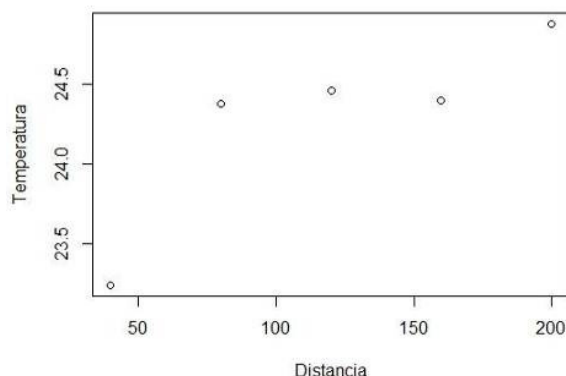


Figura 58 – Temperatura - Resultado 2 – 09:00 AM – Horto – Estação chuvosa – Vento de Oeste para Leste

Hora 12:00 PM:

Tabela 24 – Regressão linear, resultado 2, Horto, Estação chuvosa 12:00 PM

Resultado 2	12:00 PM			
Coefficientes:				
	Estimativa	Erro padrão	T value	Pr(> t)
(Intercepto)	33.764000	0.234552	143.951	7.39e-07 ***
Distância	-0.011800	0.001768	-6.674	0.00686 **

Significado dos códigos: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Erro padrão residual: 0.2236 em 3 graus de liberdade; R quadrado múltiplo: 0.9369; R quadrado ajustado: 0.9159; F-statistic: 44.54 on 1 and 3 DF; p-value: 0.006859

Vento de Oeste para Leste 12:00 PM

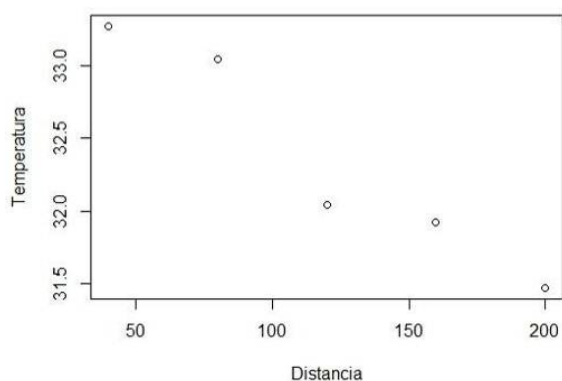


Figura 59 – Temperatura - Resultado 2 – 12:00 PM – Horto – Estação chuvosa – Vento de Oeste para Leste

Hora 03:00 PM:

Tabela 25 – Regressão linear, resultado 1, Horto, Estação chuvosa 03:00 PM

Resultado 1		03:00 PM		
Coefficientes:				
	Estimativa	Erro padrão	T value	Pr(> t)
(Intercepto)	33.6680000	0.0636239	529.2	1.49e-08 ***
Distância	-0.0094000	0.0004796	-19.6	0.00029 ***

Significado dos códigos: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Erro padrão residual: 0.06066 em 3 graus de liberdade; R quadrado múltiplo: 0.9923;
R quadrado ajustado: 0.9897; F-statistic: 384.2 on 1 and 3 DF; p-value: 0.0002902

Vento de Oeste para Leste 03:00 PM

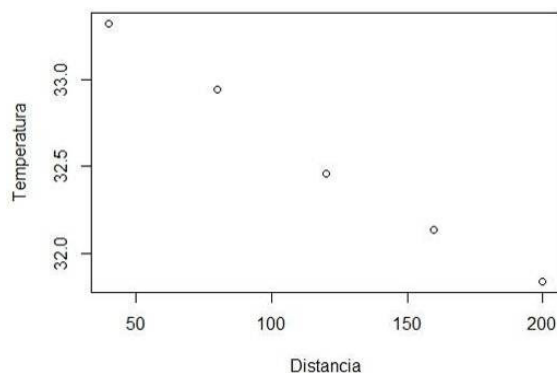


Figura 60 – Temperatura - Resultado 1 – 03:00 PM – Horto – Estação chuvosa – Vento de Oeste para Leste

Hora 05:00 PM:

Tabela 26 – Regressão linear, resultado 1, Horto, Estação chuvosa 05:00 PM

Resultado 1		05:00 PM		
Coefficientes:				
	Estimativa	Erro padrão	T value	Pr(> t)
(Intercepto)	3.381e+01	9.495e-02	356.097	4.88e-08 ***
Distância	4.575e-03	7.157e-04	6.392	0.00775 **

Significado dos códigos: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Erro padrão residual: 0.09054 em 3 graus de liberdade; R quadrado múltiplo: 0.9316;
R quadrado ajustado: 0.9088; F-statistic: 40.86 on 1 and 3 DF; p-value: 0.007755

Vento de Norte para Sul 05:00 PM

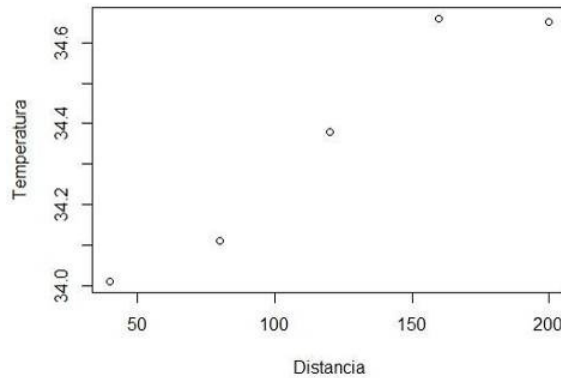


Figura 61 – Temperatura - Resultado 1 – 05:00 PM – Horto – Estação chuvosa – Vento de Norte para Sul

4.3.2.2 Umidade

4.3.2.2.1 Campo 1 - Estação Seca - Av. Saudade

Foi encontrada uma relação na hora 09:00 AM para o resultado 1 e na hora 05:00 PM para o resultado 2.

Hora 09:00AM:

Tabela 27 – Regressão linear, resultado 1, Av. Saudade, Estação seca 09:00 AM

Resultado 1		09:00 AM		
Coeficientes:				
	Estimativa	Erro padrão	T value	Pr(> t)
(Intercepto)	61.536000	0.732096	84.055	3.71e-06 ***
Distância	-0.014500	0.005518	-2.628	0.0785 .

Significado dos códigos: 0 ('***') 0.001 ('**') 0.01 ('*') 0.05 ('.') 0.1 (' ') 1

Erro padrão residual: 0.698 em 3 graus de liberdade; R quadrado múltiplo: 0.6971; R quadrado ajustado: 0.5961; F-statistic: 6.904 on 1 and 3 DF; p-value: 0.07849

Vento de Norte para Sul 09:00 AM

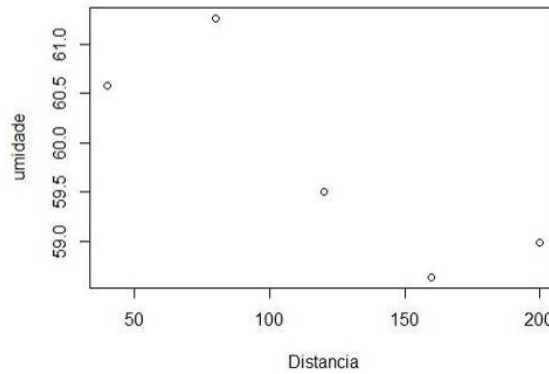


Figura 62 – Umidade - Resultado 1 – 09:00 AM – Av. Saudade – Estação seca – Vento de Norte para Sul

Hora 05:00 PM:

Tabela 28 – Regressão linear, resultado 2, Av. Saudade, Estação seca 05:00 PM

Resultado 2	05:00 PM			
Coefficientes:				
	Estimativa	Erro padrão	T value	Pr(> t)
(Intercepto)	43.761000	0.411186	106.426	1.83e-06 ***
Distância	-0.008475	0.003099	-2.734	0.0717 .
Significado dos códigos: 0 '****' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1				

Erro padrão residual: 0.3921 em 3 graus de liberdade; R quadrado múltiplo: 0.7137; R quadrado ajustado: 0.6182; F-statistic: 7.477 on 1 and 3 DF; p-value: 0.07168

Vento de Oeste para Leste 05:00 PM

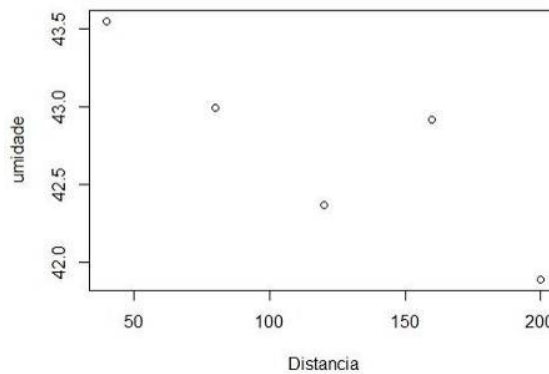


Figura 63 – Umidade - Resultado 2 – 05:00 PM – Av. Saudade – Estação seca - Vento de Oeste para Leste

4.3.2.2.2 Campo 2 - Estação Chuvosa - Av. Saudade

Nas horas 09:00 AM e 03:00 PM foi encontrada um relação com o resultado 2 e na hora 05:00 PM para ambos os resultados.

Hora 09:00 AM:

Tabela 29 – Regressão linear, resultado 2, Av. Saudade, Estação chuvosa 09:00 AM

Resultado 2		09:00 AM		
Coefficientes:				
	Estimativa	Erro padrão	T value	Pr(> t)
(Intercepto)	72.495000	0.341484	212.294	2.3e-07 ***
Distância	-0.006425	0.002574	-2.496	0.088 .

Significado dos códigos: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Erro padrão residual: 0.3256 em 3 graus de liberdade; R quadrado multiplo: 0.675; R quadrado ajustado: 0.5667; F-statistic: 6.23 on 1 and 3 DF; p-value: 0.08801

Vento de Oeste para Leste 09:00 AM

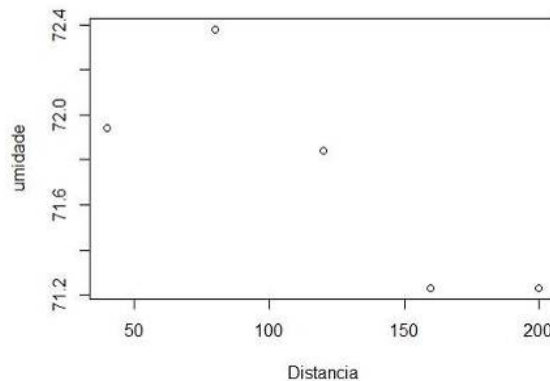


Figura 64 – Umidade - Resultado 2 – 09:00 AM – Av. Saudade - Estação chuvosa – Vento de Oeste para Leste

Hora 03:00 PM:

Tabela 30 – Regressão linear, resultado 2, Av. Saudade, Estação chuvosa 03:00 PM

Resultado 2		03:00 PM		
Coefficientes:				
	Estimativa	Erro padrão	T value	Pr(> t)
(Intercepto)	48.120000	1.302253	36.951	4.36e-05 ***
Distância	-0.023300	0.009816	-2.374	0.0982 .

Significado dos códigos: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Erro padrão residual: 1.242 em 3 graus de liberdade; R quadrado múltiplo: 0.6525;
R quadrado ajustado: 0.5367; F-statistic: 5.634 on 1 and 3 DF; p-value: 0.09818

Vento de Oeste para Leste 03:00 PM

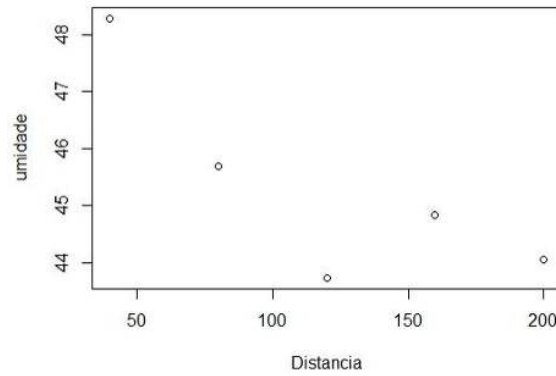


Figura 65 – Umidade - Resultado 2 – 03:00 PM – Av. Saudade – Estação chuvosa – Vento de Oeste para Leste

Hora 05:00 PM:

Tabela 31 – Regressão linear, resultado 1, Av. Saudade, Estação chuvosa 05:00 PM

Resultado 1		05:00 PM		
Coeficientes:				
	Estimativa	Erro padrão	T value	Pr(> t)
(Intercepto)	47.933000	0.616223	77.78	4.68e-06 ***
Distância	-0.017325	0.004645	-3.73	0.0336 *

Significado dos códigos: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Erro padrão residual: 0.5875 em 3 graus de liberdade; R quadrado múltiplo: 0.8226;
R quadrado ajustado: 0.7635; F-statistic: 13.91 on 1 and 3 DF; p-value: 0.03358

Vento de Norte para Sul 05:00 PM

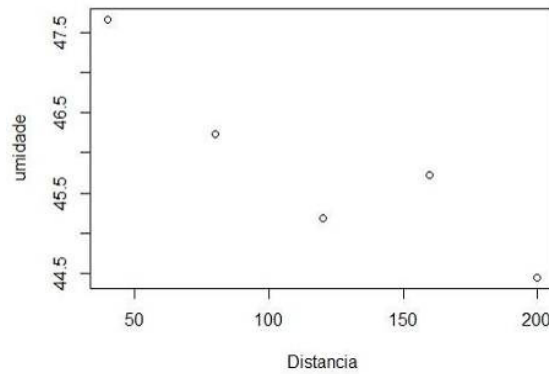


Figura 66 – Umidade - Resultado 1 – 05:00 PM – Av. Saudade – Estação chuvosa - Vento de Norte para Sul

Tabela 32 – Regressão linear, resultado 2, Av. Saudade 05:00 PM

Resultado 2		05:00 PM		
Coefficientes:				
	Estimativa	Erro padrão	T value	Pr(> t)
(Intercepto)	48.14000	0.31977	150.543	6.46e-07 ***
Distância	-0.01270	0.00241	-5.269	0.0133 *

Significado dos códigos: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Erro padrão residual: 0.3049 em 3 graus de liberdade; R quadrado múltiplo: 0.9025; R quadrado ajustado: 0.87; F-statistic: 27.76 on 1 and 3 DF, p-value: 0.01333

Vento de Norte para Sul 05:00 PM

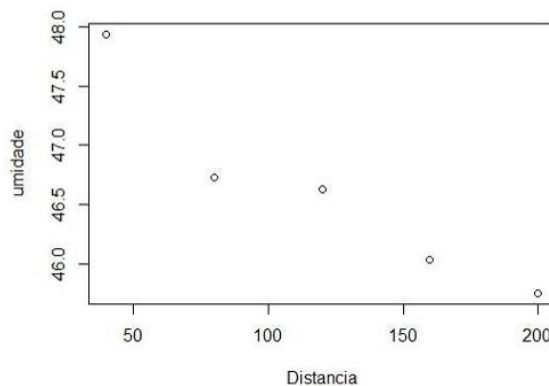


Figura 67 – Umidade - Resultado 2 – 05:00 PM – Av. Saudade – Estação chuvosa – Vento de Norte para Sul

4.3.2.2.3 Campo 1 – Estação Seca – Horto

Nas horas 12:00 PM, 03:00PM e 05:00PM houve uma relação com o resultado 1.

Hora 12:00 PM:

Tabela 33 – Regressão linear, resultado 1, Horto, Estação seca 12:00 PM

Resultado 1		12:00 PM		
Coeficientes:				
	Estimativa	Erro padrão	T value	Pr(> t)
(Intercepto)	38.071000	1.020262	37.315	4.23e-05 ***
Distância	0.018775	0.007691	2.441	0.0924 .

Significado dos códigos: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Erro padrão residual: 0.9728 em 3 graus de liberdade; R quadrado múltiplo: 0.6652; R quadrado ajustado: 0.5536; F-statistic: 5.96 on 1 and 3 DF; p-value: 0.09239

Vento de Oeste para Leste 12:00 PM

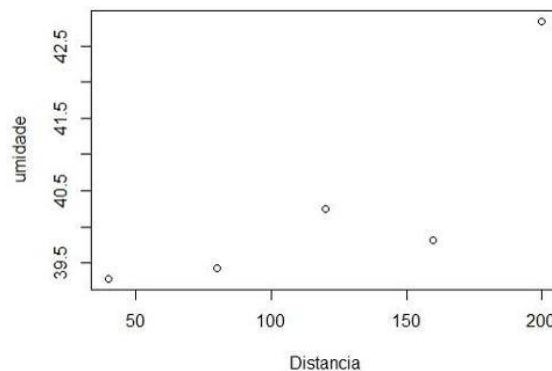


Figura 68 – Umidade - Resultado 1 – 12:00 PM – Horto – Estação seca – Vento de Oeste para Leste

Hora 03:00 PM:

Tabela 34 – Regressão linear, resultado 1, Horto, Estação seca 03:00 PM

Resultado 1		03:00 PM		
Coeficientes:				
	Estimativa	Erro padrão	T value	Pr(> t)
(Intercepto)	31.47900	0.57704	54.55	1.36e-05 ***
Distância	0.01823	0.00435	4.19	0.0248 *

Significado dos códigos: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Erro padrão residual: 0.5502 em 3 graus de liberdade; R quadrado múltiplo: 0.8541;
R quadrado ajustado: 0.8054; F-statistic: 17.56 on 1 and 3 DF; p-value: 0.02479

Vento de Oeste para Leste 03:00 PM

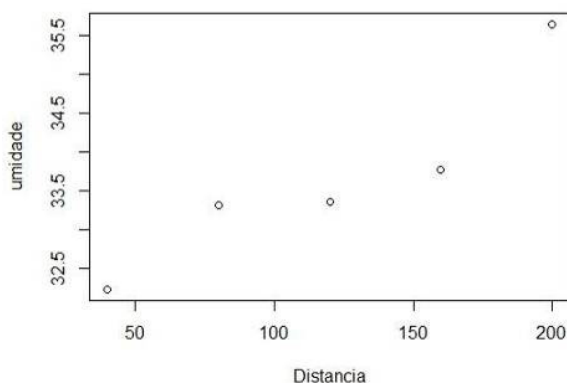


Figura 69 – Umidade - Resultado 1 – 03:00 PM – Horto – Estação seca – Vento de Oeste para Leste

Hora 05:00 PM:

Tabela 35 – Regressão linear, resultado 1, Horto, Estação seca 05:00 PM

Resultado 1		05:00 PM		
Coeficientes:				
	Estimativa	Erro padrão	T value	Pr(> t)
(Intercepto)	52.295000	0.719320	72.701	5.74e-06 ***
Distância	-0.043625	0.005422	-8.046	0.00401 **

Significado dos códigos: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Erro padrão residual: 0.6858 em 3 graus de liberdade; R quadrado múltiplo: 0.9557;
R quadrado ajustado: 0.9409; F-statistic: 64.73 on 1 and 3 DF; p-value: 0.00401

Vento de Oeste para Leste 05:00 PM

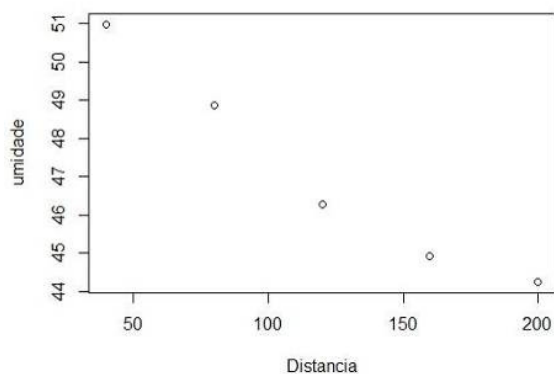


Figura 70 – Umidade - Resultado 1 – 05:00 PM – Horto – Estação seca – Vento de Oeste para Leste

4.3.2.2.4 Campo 2 - Estação Chuvosa - Horto

Relação na hora 09:00 AM em ambos os resultados e na hora 03:00PM somente no resultado 1.

Hora 09:00 AM:

Tabela 36 – Regressão linear, resultado 1, Horto, Estação chuvosa 09:00 AM

Resultado 1		09:00 AM		
Coeficientes:				
	Estimativa	Erro padrão	T value	Pr(> t)
(Intercepto)	79.96000	0.50549	158.182	5.57e-07 ***
Distância	-0.03320	0.00381	-8.713	0.00318 **

Significado dos códigos: 0 '****' 0.001 '***' 0.01 '**' 0.05 '.' 0.1 '.' 1

Erro padrão residual: 0.482 em 3 graus de liberdade; R quadrado múltiplo: 0.962, R quadrado ajustado: 0.9493; F-statistic: 75.92 on 1 and 3 DF; p-value: 0.003182

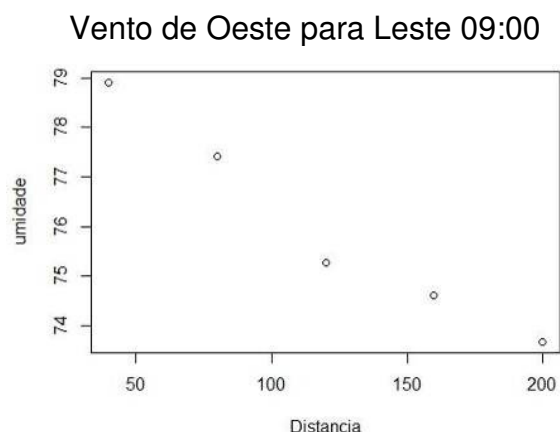


Figura 71 – Umidade - Resultado 1 – 09:00 AM – Horto – Estação chuvosa – Vento de Oeste para Leste

Tabela 37 – Regressão linear, resultado 2, Horto, Estação chuvosa 09:00 AM

Resultado 2		09:00 AM		
Coeficientes:				
	Estimativa	Erro padrão	T value	Pr(> t)
(Intercepto)	81.55100	1.81934	44.824	2.44e-05 ***
Distância	-0.03793	0.01371	-2.765	0.0698 .

Significado dos códigos: 0 '****' 0.001 '***' 0.01 '**' 0.05 '.' 0.1 '.' 1

Erro padrão residual: 1.735 em 3 graus de liberdade; R quadrado múltiplo: 0.7183;

R quadrado ajustado: 0.6243; F-statistic: 7.648 on 1 and 3 DF; p-value: 0.06983

Vento de Oeste para Leste 09:00 AM

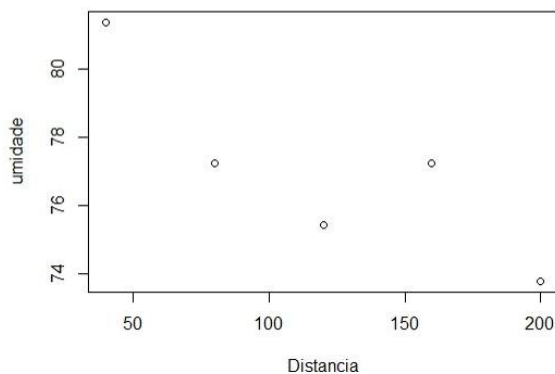


Figura 72 – Umidade - Resultado 2 – 09:00 AM – Horto – Estação seca – Vento de Oeste para Leste

Hora 03:00 PM:

Tabela 38 – Regressão linear, resultado 1, Horto 03:00 PM

Resultado 1	03:00 PM			
Coeficientes:				
	Estimativa	Erro padrão	T value	Pr(> t)
(Intercepto)	49.047000	0.790821	62.020	9.24e-06 ***
Distância	-0.017125	0.005961	-2.873	0.0639 .

Significado dos códigos: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Erro padrão residual: 0.754 em 3 graus de liberdade; R quadrado multiplo: 0.7334; R quadrado ajustado: 0.6445; F-statistic: 8.253 on 1 and 3 DF; p-value: 0.0639

Vento de Oeste para Leste 03:00 PM

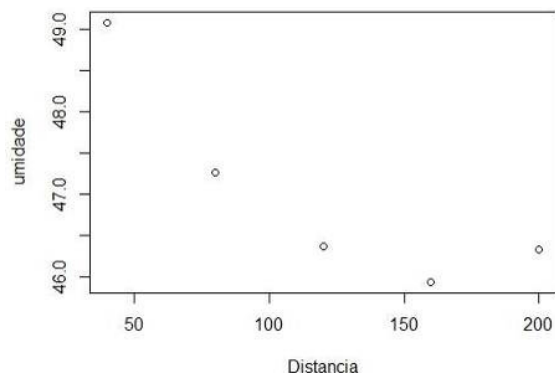


Figura 73 – Umidade - Resultado 1 – 03:00 PM – Horto – Estação chuvosa – Vento de Oeste para Leste

Baseado nos resultados das regressões lineares é possível sim afirmar que a direção do vento influencia no arrefecimento do entorno. Conforme o vento se aproxima do aglomerado arbóreo, em determinados horários, a umidade relativa aumenta e a temperatura diminui. Da mesma forma após o vento ultrapassar a área verde conforme a distância a umidade relativa diminui e a temperatura aumenta.

Na relação direção do vento global x registros de temperatura local, na Av. da Saudade foi obtido apenas uma relação significativa no campo 1 (estação seca) e três no campo 2 (estação chuvosa). Na Praça houve duas relações significativas em ambas estações (seca e chuvosa). No Horto houveram três relações significativas no campo 1 e quatro no campo 2.

Já na relação direção do vento global x registros de umidade local na Av. da Saudade ocorreram dois resultados significativos para o campo 1 e quatro para o campo 2. Na Praça não houve relação em ambos períodos (estações) e no Horto ocorreram três registros significativos no campo 1 e quatro no campo 2.

O Horto foi a área de estudo que apresentou maiores registros significativos nos modelos de regressão em relação a direção do vento global registrada pela estação meteorológica do CEAPLA/UNESP. Isto pode ter ocorrido pela proximidade do Horto à UNESP, já que os outros locais estudados estavam situados mais distantes e o vento muito provavelmente até atingir os demais locais de estudo encontrou muitas barreiras como edifícios podendo ter sido canalizado ou tido seu trajeto/direção alterados.

4.3.3 Correlação entre as variáveis Temperatura e Umidade com as porcentagens de cobertura do solo

No local de fixação dos abrigos meteorológicos foram feitos polígonos circulares com 20m de raio (Área de 628 m²) para a correlação entre a porcentagem de cobertura e a variação da temperatura e umidade nos pontos (Figura 74).



Figura 74 - Disposição do polígono circular com 20m de raio sobre a imagem multiespectral do Satélite World-view 2 do azimute Sul da Av. da Saudade no ponto 15 de coleta da temperatura e umidade

Por meio dos polígonos circulares foram extraídas da imagem classificada, as porcentagens de classes de cobertura, conforme figura 75:

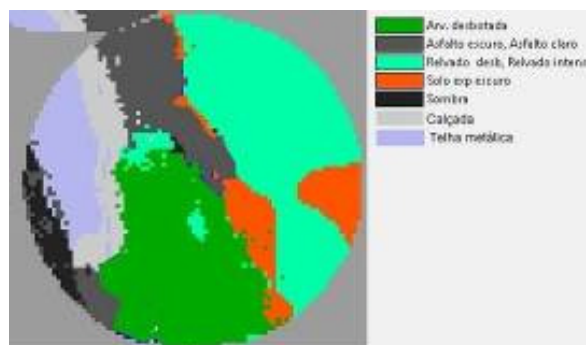


Figura 75 - Polígono circular com raio de 20 metros, extraído da classificação supervisionada com as classes de cobertura do ponto 15 de coleta da Temperatura e umidade na Av. da Saudade. Elaborado pelo autor

As classes de cobertura foram agrupadas separadas por locais (Figura 75), a fim de correlacionar os tipos de classes de cobertura com a amplitude térmica medida nos pontos por meio do termo-higrômetro. As porcentagens estão ilustradas na tabela abaixo:

Tabela 39 - Porcentagem de cobertura extraída da classificação supervisionada por ponto/registrator de um polígono circular dom 20m de raio.

(continua)

Local	Tabela % de cobertura por ponto	Copa arvore	Asfalto Claro	Asfalto escuro	Calçada	Piscina	Relvado	Solo Exposto Claro	Solo exposto escuro	Sombra	Cerâmica Clara	Cerâmica Escura	Telha Cimento	Telha Metálica
Av. Saúde	1	25.30	5.07	6.13	0.02	-	8.19	3.19	20.57	31.53	-	-	-	-
	2	31.90	5.52	9.17	0.02	-	15.09	5.10	20.97	7.14	0.06	4.86	-	0.16
	3	0.52	23.50	28.13	0.18	-	11.02	17.51	11.88	2.54	0.64	3.31	-	0.76
	4	-	21.76	19.48	3.34	-	1.10	29.24	4.68	0.04	3.30	16.37	-	0.70
	5	-	43.03	41.51	0.38	-	-	10.45	0.06	0.08	-	0.10	-	4.40
	6	72.85	-	-	-	-	2.22	-	12.03	12.91	-	-	-	-
	7	36.73	-	-	-	-	0.14	-	12.52	50.61	-	-	-	-
	8	43.31	3.83	6.42	-	-	7.82	-	0.24	38.10	-	-	-	0.28
	9	48.67	1.28	5.13	0.10	-	12.06	-	-	28.98	-	-	-	3.79
	10	42.47	0.10	4.28	-	-	10.20	-	0.14	42.77	-	-	-	0.04
	11	50.81	1.97	0.20	-	-	10.67	0.02	10.81	25.52	-	-	-	-
	12	26.72	3.66	4.34	0.06	-	12.67	0.22	10.64	35.33	0.12	1.89	0.80	3.54
	13	0.30	8.23	17.75	0.80	-	3.02	7.33	21.53	14.08	0.02	1.32	11.72	13.88
	14	2.30	12.92	18.29	0.18	-	27.98	0.26	9.15	12.28	6.19	2.66	1.22	6.55
	15	22.53	5.72	8.24	-	-	30.68	-	11.15	6.82	-	-	7.66	7.22
	16	74.28	-	-	-	-	2.29	-	-	23.43	-	-	-	-
	17	63.76	-	-	-	-	5.28	-	3.76	27.20	-	-	-	-
	18	32.23	0.66	1.03	-	-	7.48	-	8.69	49.86	-	-	-	0.04
	19	41.94	1.23	13.99	4.55	-	10.69	-	0.04	13.97	-	-	-	13.60
	20	30.74	6.37	13.48	-	-	18.76	-	0.66	24.27	-	-	-	5.71
Praça	21	28.24	2.26	13.33	-	-	17.45	-	9.37	29.26	-	-	-	0.10
	22	0.66	30.23	22.05	0.66	2.33	10.43	1.26	2.47	17.71	-	-	0.22	11.98
	23	6.06	6.94	19.88	0.08	-	33.27	1.99	16.33	9.41	-	0.30	-	5.73
	24	-	9.89	35.67	2.09	0.56	2.87	4.54	17.39	7.00	5.55	8.58	0.14	5.73
	25	-	16.97	22.47	11.27	1.57	5.06	5.60	15.42	9.76	-	5.02	0.82	6.04
	26	33.55	7.28	8.71	-	-	18.08	0.22	20.20	11.42	-	0.50	-	0.04
	27	2.31	4.79	9.91	-	-	5.20	0.24	22.87	26.50	10.95	17.15	-	0.08
	28	1.46	4.01	3.69	-	-	5.98	6.54	23.98	39.47	3.19	10.23	-	1.44
	29	3.17	24.06	21.79	7.21	-	8.89	8.89	10.94	4.41	3.75	5.21	-	1.68
	30	1.77	13.43	19.17	4.80	-	6.78	7.61	11.96	2.63	14.17	12.69	0.62	4.38
	31	27.29	2.16	17.31	-	-	11.85	0.42	25.37	15.32	-	-	-	0.28
	32	0.66	6.94	25.21	0.36	0.80	8.35	6.46	21.46	6.08	0.56	14.97	0.08	8.09
	33	11.81	5.09	14.02	0.04	-	21.98	1.83	19.68	10.45	0.10	14.86	-	0.14
	34	4.28	10.33	20.86	5.00	-	1.94	12.97	16.03	9.33	5.18	10.41	-	3.68
	35	1.62	5.26	24.99	1.30	-	16.77	10.63	14.80	7.26	4.07	12.42	-	0.86
	36	19.43	0.30	4.60	0.12	-	26.54	2.75	16.90	13.38	14.53	1.45	-	-
	37	-	22.01	15.25	6.22	-	-	8.45	14.10	2.83	7.40	15.69	-	8.06
	38	-	20.25	19.06	0.62	-	4.99	12.33	19.67	3.42	2.39	10.38	-	6.90
	39	0.10	12.15	31.00	4.65	-	21.06	7.22	6.34	13.28	1.59	1.93	-	0.68
	40	0.46	4.40	17.57	0.18	-	35.90	4.06	13.41	12.23	4.60	5.36	-	1.82

Tabela 39 - Porcentagem de cobertura extraída da classificação supervisionada por ponto/registrator de um polígono circular dom 20m de raio

(conclusão)

Local	Tabela % de cobertura por ponto	Copa arvore	Asfalto Claro	Asfalto escuro	Calçada	Piscina	Relvado	Solo Exposto Claro	Solo exposto escuro	Sombra	Cerâmica Clara	Cerâmica Escura	Telha Cimento	Telha Metálica
Horto Florestal	41	10.22	21.70	14.47	0.38	-	14.45	3.39	5.53	7.43	3.67	11.78	-	6.97
	42	1.08	16.47	11.80	0.80	-	12.12	6.17	20.06	3.33	9.82	15.71	-	2.64
	43	-	14.95	24.37	0.10	-	25.17	3.86	16.05	0.60	7.27	6.27	-	1.35
	44	9.45	14.55	26.83	0.58	-	8.13	8.21	7.74	6.28	9.53	3.41	0.34	4.96
	45	-	24.71	27.99	1.74	-	4.95	2.40	13.26	1.90	12.33	9.65	-	1.08
	46	33.60	7.52	10.66	-	-	12.95	0.04	12.45	18.54	0.99	3.26	-	-
	47	18.13	1.64	16.95	0.10	-	31.68	0.02	14.14	13.70	0.98	1.34	-	1.30
	48	22.51	6.37	8.60	0.30	-	19.18	2.44	12.57	12.61	8.58	5.60	-	1.25
	49	28.92	6.04	0.81	0.04	-	7.94	1.09	25.36	19.32	5.48	3.54	-	1.45
	50	34.33	4.42	2.26	-	-	2.48	-	1.70	54.82	-	-	-	-
	51	17.85	13.30	8.78	-	-	3.14	6.81	10.17	39.95	-	-	-	-
	52	-	20.94	-	0.22	-	3.41	30.33	32.54	0.64	7.60	3.33	-	0.98
	53	0.28	42.69	1.02	3.81	-	3.67	19.28	15.01	1.10	8.24	1.12	-	3.77
	54	-	30.70	1.50	4.22	-	1.74	23.71	15.15	0.38	8.93	11.31	-	2.36
	55	-	51.38	3.42	2.78	-	8.15	13.24	9.74	3.40	2.29	0.85	-	4.75
	56	47.87	2.25	-	-	-	28.96	0.58	15.88	4.00	-	0.46	-	-
	57	17.58	14.67	3.68	0.70	-	28.83	3.28	12.13	17.36	-	0.54	-	1.23
	58	1.49	21.70	20.98	7.55	-	20.16	2.83	6.00	14.19	0.38	2.39	-	2.33
	59	-	27.33	6.55	0.94	-	0.30	10.16	20.80	5.04	15.16	11.89	-	1.83
	60	0.06	37.05	19.78	2.53	-	3.51	10.16	4.24	0.46	10.06	8.07	-	4.08

A Figura 76 representa a diferença de porcentagem das coberturas entre os locais de estudo.

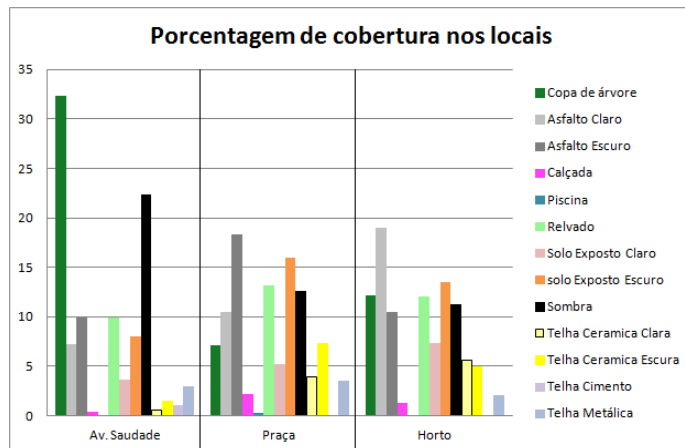


Figura 76 - Comparação de porcentagem de cobertura extraídas da classificação supervisionada entre os locais de estudo

A análise dos dados coletados foi realizada por meio do software estatístico SAS versão 9.2. Em estatística, a regressão Stepwise inclui modelos de regressão em que a escolha de variáveis preditivas é realizada por um procedimento automático. Normalmente, isso toma a forma de uma seqüência de testes F. O STEPWISE com as 13 variáveis de cobertura do solo discriminadas na tabela 39, selecionou as variáveis de cobertura que seriam mais significativas no modelo e que explicam a variação da temperatura e umidade nos pontos em relação à Estação do ano que os dados foram coletados.

Foram geradas análises de correlação de Spearman para verificar se os diferentes tipos de cobertura do solo afetam na variação na temperatura e umidade dos locais ajustadas nos modelos apresentados nas tabelas 40, 41, 42 e 43 abaixo:

Tabela 40 - Análise de correlação cobertura x Média umidade. Estação Seca

Sumário da Seleção do Stepwise			
Variável que entrou	Número de variáveis dentro do modelo	Modelo R²	Pr > F
Copa de Arvore	1	0.5438	0.0017

Na análise de correlação entre as coberturas e a umidade na estação seca somente a variável copa de árvore foi significativa no modelo.

Tabela 41 - Análise de correlação cobertura x Média temperatura. Estação Seca

Sumário da Seleção do Stepwise			
Variáveis que entraram	Número de variáveis adicionadas ao modelo	Modelo R²	Pr > F
Copa de Arvore	1	0.8139	<.0001
Asfalto Escuro	2	0.8519	0.1048
Piscina	3	0.8841	0.1082
Relvado	4	0.9203	0.0588

Na mesma análise só que para a variável temperatura a cobertura mais significativa foi Copa de árvore. Entretanto ao adicionar ao modelo as coberturas asfalto escuro, piscina e relvado o modelo permanece significativo e o R² do modelo aumenta.

Tabela 42 - Análise de correlação cobertura x Média umidade. Estação chuvosa

Sumário da Seleção do Stepwise			
Variáveis que entraram	Numero de variáveis adicionadas ao modelo	Modelo R²	Pr > F
Asfalto Escuro	1	0.6160	0.0005
Asfalto Claro	2	0.7618	0.0189
Relvado	3	0.8080	0.1318

Para a estação chuvosa a correlação das coberturas para a umidade o asfalto escuro é o mais significativo no modelo, entretanto ao ser acrescido as coberturas asfalto claro e relvado o modelo fica significativo a 10% e o R² aumenta.

Tabela 43 - Análise de correlação cobertura x Média temperatura. Estação chuvosa

Sumário da Seleção do Stepwise			
Variáveis que entraram	Número de variáveis adicionadas ao modelo	Modelo R²	Pr > F
Copa de Arvore	1	0.8760	<.0001
Asfalto Escuro	2	0.9248	0.0163
Asfalto Claro	3	0.9485	0.0459
Piscina	4	0.9637	0.0685

Já para a temperatura do ar a cobertura mais significativa é a copa de árvore, mas ao adicionar ao modelo as coberturas de asfalto escuro, asfalto claro e piscina o modelo permanece significativo e o R² aumenta.

Esta análise comprova que o asfalto, elemento impermeável de baixo albedo tem um efeito sobre a temperatura e umidade e que os vegetais tanto em sua forma arbórea como em relvado são elementos chave para mitigação do clima. O Elemento piscina mesmo tendo uma porcentagem de cobertura bem baixa entrou em um dos modelos sendo determinante na alteração da temperatura e não da umidade como era esperado.

4.4 Questionários

4.4.1 Percepção dos usuários sobre o conforto ambiental

A percepção ambiental consiste na consciência das sensações decorrentes da interação entre o homem e o espaço. Ela ocorre de maneira individualizada, visto

que depende de experiências anteriores relacionadas às informações sensoriais, bem como à memória e à cultura.

Nesse sentido, a percepção do microclima varia de acordo com as experiências climáticas já vividas pelo indivíduo e ocorre comparando-se o presente (espaço e tempo em que o corpo está presente) ao passado (mesmo espaço, porém em um tempo anterior) e a outros espaços (o aqui e o ali). Um encadeamento de perguntas pode conduzir o entrevistado a um processo dedutivo, conscientizando-o sobre a percepção do corpo em relação ao ambiente no momento presente, de maneira que os resultados de pesquisas em conforto térmico e sensação térmica sejam consistentes, minimizando a influência de fatores psicológicos.

4.4.2 Perfil dos usuários

Segundo Giralt (2006) a idade e o gênero dos indivíduos influenciam diretamente na preferência térmica, pois pessoas do gênero feminino possuem uma taxa metabólica mais lenta que as do gênero masculino; assim, as temperaturas ideais para mulheres geralmente apresentam-se 1°C acima das temperaturas ideais para homens.

Na relação idade e gênero verifica-se que o metabolismo de uma pessoa idosa é mais lento que o de uma pessoa jovem e, portanto, as pessoas mais velhas preferem temperaturas mais elevadas, e as mulheres durante o período de climatério tem preferência por temperaturas mais baixas.

Foram aplicados 347 questionários sendo que 119 na Av. da Saudade, 120 no Horto e 108 na Praça simultaneamente a coleta dos dados microclimáticos e imagens termográficas nos dias 15, 16 e 17 de setembro de 2011 e 29 de fevereiro, 1 e 2 de março de 2012 entre os horários 08:00 AM e 05:00 PM.

4.4.3 Idade, sexo e escolaridade

Dos entrevistados 170 eram homens (49%) e 177, mulheres (51%). Dentro dos grupos entrevistados, verificou-se uma gama diversa quanto as faixas etárias onde a idade dos usuários variou dos 18 aos mais de 65 anos de idade, como pode ser observado na Figura 77.

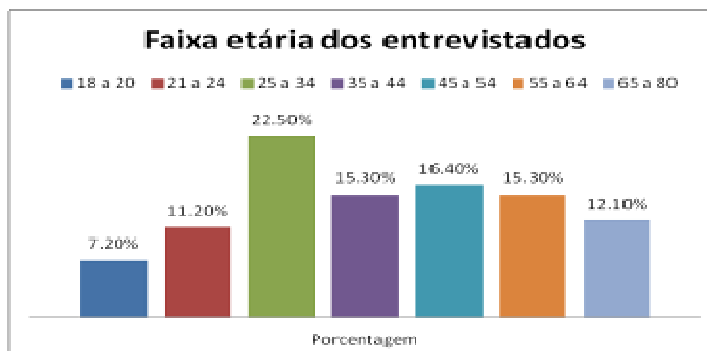


Figura 77 - Distribuição da faixa etária dos entrevistados no geral

O maior percentual de entrevistados foi na faixa etária dos 25 a 34 anos (22,5%), seguidos por 45 a 54 anos (16,4%) e 35 a 54 anos (15,3%) e 55 a 64 anos (15,3%). Na tabela 15 é apresentado o percentual de entrevistados por gênero nos locais e na tabela 16 a porcentagem da faixa etária também por local.

Tabela 44 - Porcentagem dos entrevistados por local em Gênero

Locais	Av. Saudade	Horto	Praça
Sexo Feminino	44,5%	55%	53,7%
Sexo Masculino	55,5%	45%	46,3%

Tabela 45 - Porcentagem da faixa etária dos entrevistados por local

Faixa Etária	Locais		
	Av. Saudade	Horto	Praça
18-20	10,9%	5%	5,6%
21-24	8,4%	12,5%	13%
25-34	16%	29,1%	27,7%
35-44	17,6%	14,2%	13,8%
45-54	19,3%	10,8%	19,4%
55-64	11,8%	20,8%	12,97%
65-80	16%	12,5%	7,4%

Os níveis de escolaridade concentram-se no ensino médio completo (45%), havendo um baixo percentual de indivíduos com nível superior completo (19%), tendo em vista que 80% da amostra têm mais que 25 anos de idade.

4.4.4 Percepção ambiental

Para a avaliação da percepção ambiental foi perguntado sobre a imagem do lugar, problemas e topofilia. As respostas foram posteriormente reunidas em categorias, formuladas a partir das respostas mais frequentes.

Em relação à questão “O que você vê ao seu redor? Especifique se há presença de árvores, asfalto, local de declive, etc.”

Na Av. da Saudade 100% das respostas apontaram ver árvores e intenso sombreamento assim como asfalto e alto fluxo de veículos.

No horto 90% apontaram a Floresta e ruas asfaltadas com árvores de pequeno porte, quando existentes.

Na Praça 100% dos entrevistados relataram a existência de muito asfalto, poucas árvores de pequeno porte e muitas casas no entorno.

Posteriormente foi perguntado “Você gosta daquilo que vê?” a frequência das respostas está apresentada na tabela 46 a seguir:

Tabela 46– Comparação das respostas referente ao questionário entre os três locais de estudo

Locais	“Você gosta daquilo que vê?”		
	Sim	Não	Indiferente
Av. Saudade	80,8%	15%	4,2%
Horto	70,8%	24,2%	5%
Praça	63,8%	25%	11,2%

As respostas positivas estiveram sempre ligadas à questão da Natureza e presença das árvores, e as negativas aos cuidados para com as áreas verdes em relação à limpeza.

Já para as demais perguntas, as respostas foram posteriormente reunidas em categorias, formuladas a partir das respostas mais frequentes, calculando-se as frequências como apresentado nas tabelas 47, 48, 49, 50 e 51 abaixo:

Tabela 47– Comparação das respostas referente ao questionário entre os três locais de estudo

Local	Você gosta de plantas?		
	Sim	Não	Indiferente
S	66	40	3
H	80	40	
P	50	50	8

Tabela 48 – Comparação das respostas referente ao questionário entre os três locais de estudo

Local	Você tem jardim ou plantas?	
	Sim	Não
S	70	49
H	90	20
P	67	41

Tabela 49 - Comparação das respostas referente ao questionário entre os três locais de estudo

Local	Onde você mora é arborizado?	
	Sim	Não
S	64	55
H	80	40
P	54	54

Tabela 50 - Comparação das respostas referente ao questionário entre os três locais de estudo

Local	Se sim, gosta?	
	Sim	Não
S	43	1
H	78	2
P	50	4

Tabela 51 - Comparação das respostas referente ao questionário entre os três locais de estudo

Local	Se não, gostaria que fosse?	
	Sim	Não
S	51	4
H	38	2
P	49	5

Nos três locais os entrevistados apontaram as áreas verdes como benéficas para os moradores e usuários. A média dos valores atribuídos à pergunta “Pontue de 1 a 10 quando você acha que as praças e parques beneficiam os moradores e frequentadores” foi 9.

A maior frequência das respostas a questão “O que sente ao descansar, passear ou contemplar uma área como esta” foi de 80% para Calma e Bem-estar.

Já na questão “o que seria do seu ponto de vista um local confortável?” 90% dos entrevistados responderam “Locais abertos, ao ar livre e bem arborizados” alegando o motivo de ser mais fresco e mais agradável.

4.4.5 Percepção do microclima e das condições de tempo

Das 347 pessoas que participaram da pesquisa, 259 foram entrevistadas na sombra e 88 no sol. Das que foram entrevistadas na sombra 119 relataram estar sentindo o ambiente confortável. Dentre as resposta 6 pessoas disseram que o ambiente estava frio sendo que 5 estavam na Av. da Saudade, local densamente arborizado, na parte da manhã por volta das 9:00 AM. As que declararam achar o ambiente quente ou muito quente mesmo na sombra fizeram o relato nas horas mais quentes do dia entre 11:00 AM e 04:00 PM.

Já quando os entrevistados estão expostos ao Sol a maioria que relatou estar confortável respondeu ao questionário no período da manhã, entre 08:00 AM e 11:00 AM. Nos períodos mais quentes do dia as respostas variaram somente entre quente e muito quente. A grande maioria das entrevistas realizadas ao sol com respostas de desconforto relacionadas ao quente ou muito quente, estão associadas à região do Horto e da Praça tendo uma relação intrínseca com a questão da falta de sombreamento promovido por árvores.

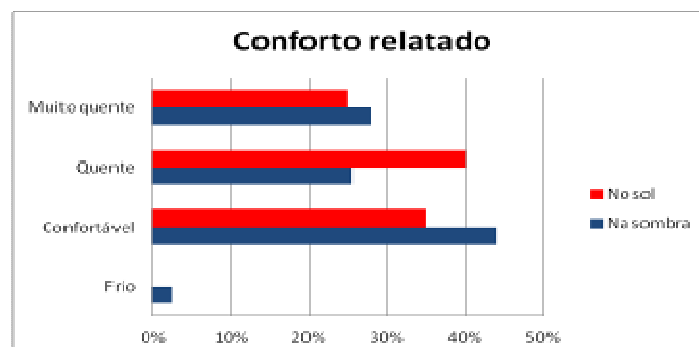


Figura 78 - Diferença do conforto relatado dos entrevistados ao sol e à sombra

Como já esperado as respostas de desconforto “Quente ou Muito quente” dos entrevistados estavam em sua maioria relacionadas à condição de exposição solar (Figura 78) corroborando com trabalhos de Nagara Shimoda e Mizuno (1996) e Pezutto (2007). Indivíduos que responderam o questionário a pleno sol disseram estar desconfortáveis em relação ao clima, diferente da maioria submetida ao questionário à sombra. Já a maioria das respostas “Quente ou Muito quente” dos entrevistados submetidos ao questionário na sombra, estavam relacionadas ao período do dia onde a carga térmica é maior, entre 11:00 AM e 03:00 PM.

Como já sabido os dados de temperatura do ar e umidade relativa não são suficientes para determinar o conforto do entrevistado sendo as variáveis radiação solar e velocidade do vento local as que mais influenciam. Por motivos dessas variáveis não terem sido mensuradas neste estudo não foi possível realizar a comparação entre o conforto relatado e o conforto calculado.

Na questão “Você está se sentindo confortável em relação ao clima?” 257 pessoas relataram não estarem sentindo-se confortáveis em relação ao clima totalizando 74% dos entrevistados.

Os usuários percebem as áreas verdes como locais confortáveis, o que é atribuído à presença da natureza. No entanto, notam problemas relacionados à conservação e à ocupação das áreas. O microclima específico da floresta, o ar fresco e a percepção de ar puro foram citados pela população e podem ser relacionados ao conforto ambiental.

O significado dos fragmentos florestais urbanos para a população está relacionado à conservação da natureza e à possibilidade de entrar em contato com ela, encontrando nesses espaços oportunidades para lazer, recreação, prática de atividades físicas e sociabilidade em ambientes familiares, cujos frequentadores, em geral, se conhecem e têm amizade, já que são moradores do mesmo bairro. Esses espaços dão oportunidade para fruição, descanso, conservação da memória cultural, visto que muitos dos visitantes adultos frequentaram os locais quando criança.

O microclima propiciado pela densa arborização é percebido positivamente pelos usuários, que valorizam o ar puro, o sombreamento e o ar fresco, contrapondo-se a ambiência do fragmento florestal à ambiência comum dos espaços públicos urbanos (onde há congestionamentos de veículos, poluição do ar, calor, alta taxa de radiação, poluição sonora, etc.). Por outro lado essas áreas são também lugar do medo e da insegurança, principalmente à noite, pela baixa permeabilidade visual e presença eventual de pessoas marginalizadas.

A população reconhece problemas tais como a insegurança causada pela presença de estranhos, baixa densidade de usuários, ausência de programas do governo que incentivem a prática de esportes e recreação, falta de manutenção e conservação física dos espaços e dos equipamentos comunitários, e ausência de ações para a preservação ambiental.

Apesar dos problemas percebidos pelos usuários em relação à conservação, manutenção e insegurança, prevalece a sensação de conforto nesses espaços, relacionados ao bem-estar.

4.5 Imagens termais

Esta parte do trabalho centrou-se na temperatura da superfície urbana. As análises das imagens obtidas não tiveram uma avaliação quantitativa pelo fato de não ter sido adquirido o software científico da FLIR para aprofundar este tipo de estudo. As imagens foram analisadas em caráter apenas qualitativo ilustrando o comportamento de determinados materiais e como estes provavelmente interferem e alteram a sensação de conforto térmico nos locais.

Aqui são apresentadas apenas as imagens mais representativas das áreas fotografadas. Foi feita uma relação entre as respostas dos entrevistados e a cena termal do local para verificar se existe uma relação.

4.5.1 Avenida de Saudade – Manhã, tarde e noite – Direção Leste

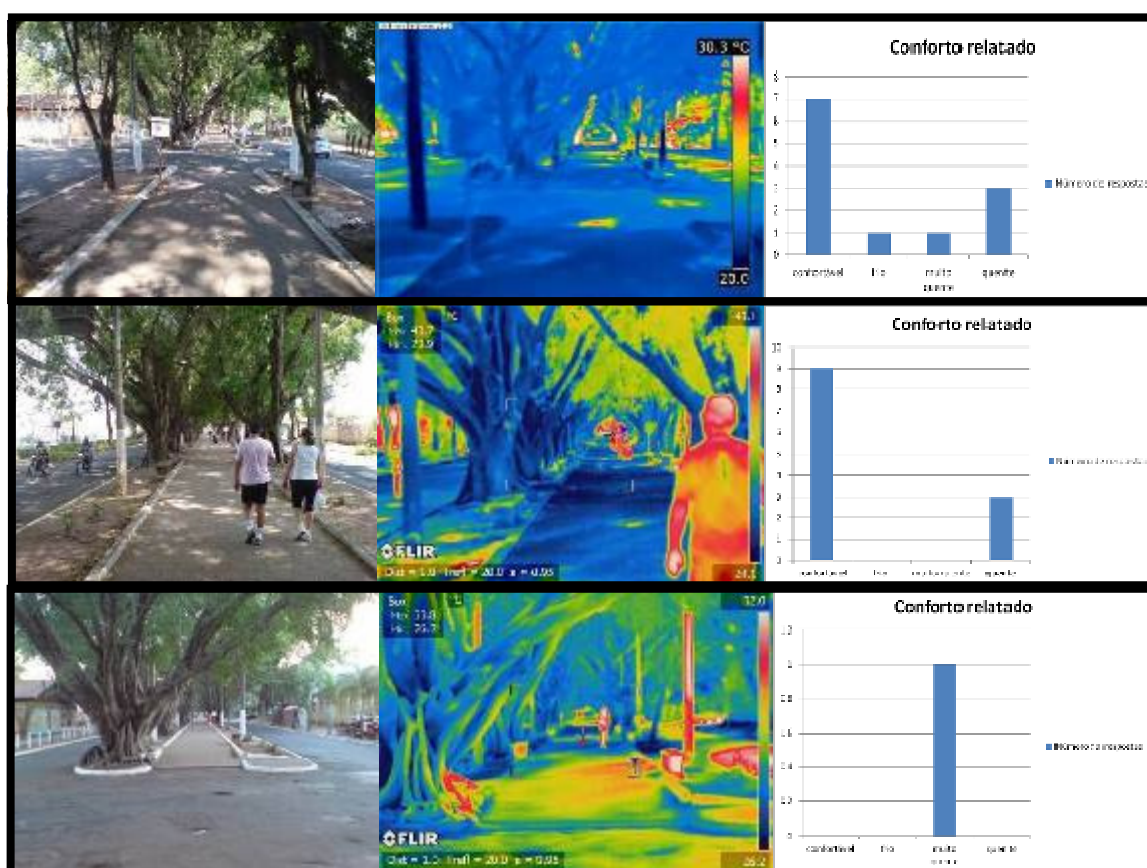


Figura 78 – Fotografia, imagem termal e conforto relatado no transecto leste inserido na Avenida de Saudade nos horários 09:00 AM, 12:00PM e 05:00 PM

Manhã: Na cena é possível verificar a questão do sombreamento na alteração do microclima, mantendo as temperaturas do asfalto e das calçadas cimentadas por

volta dos 22 °C. A maioria dos entrevistados neste horário declarou sentir-se confortável.

Tarde: Durante a tarde, é possível visualizar que o sombreamento continua sendo eficaz mantendo as temperaturas das superfícies bem baixas, favorecendo o conforto dos usuários assim como relatado.

Noite: Durante o horário das 05:00 PM somente 1 pessoa foi entrevistada e relatou que o local estava muito quente. Parece que não houve uma relação entre a temperatura de superfície e a resposta do entrevistado neste caso.

4.5.2 Avenida de Saudade – Manhã, tarde e noite – Direção Norte

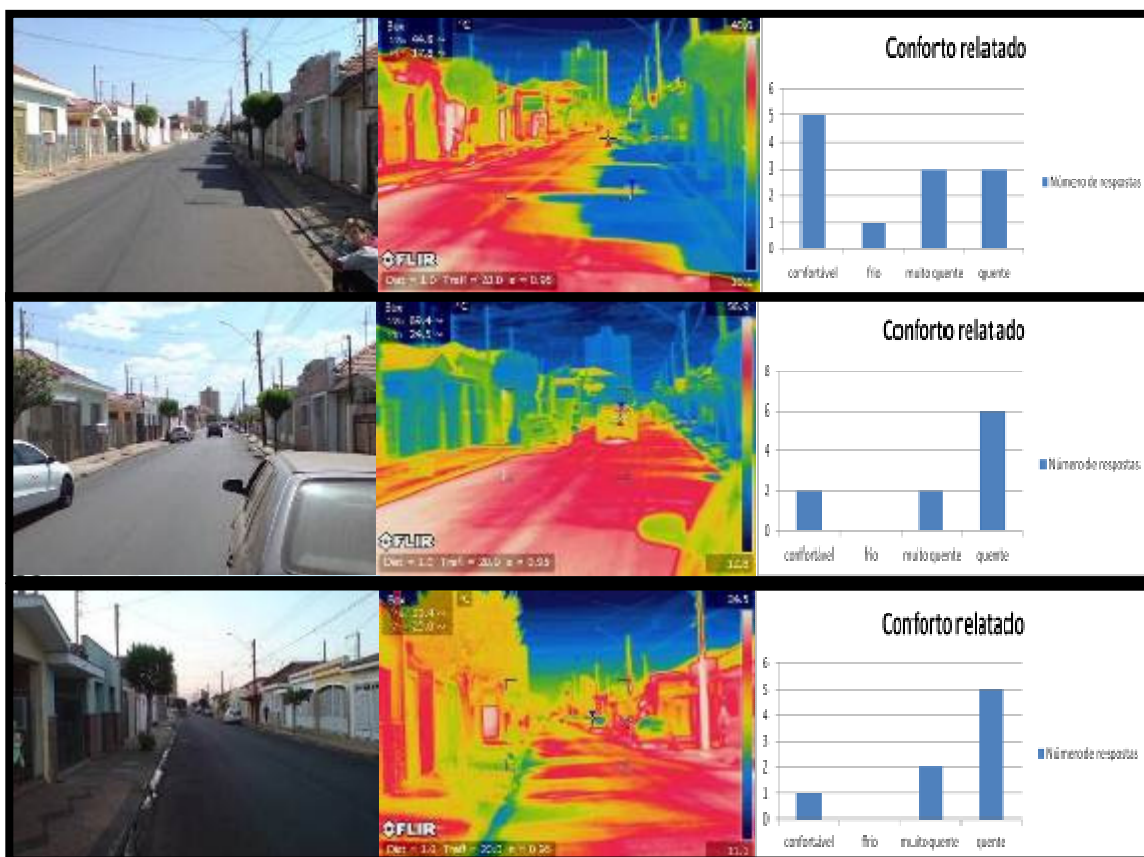


Figura 80 – Fotografia, imagem termal e conforto relatado no transecto norte inserido na Avenida de Saudade nos horários 09:00 AM, 12:00PM e 05:00 PM

Manhã: Nesta imagem fica evidente a questão da radiação direta e seu efeito nos materiais de superfície impermeáveis. Mesmo na parte da manhã o asfalto que

recebe radiação direta apresenta uma temperatura na casa dos 40 °C. Os arbustos plantados nas calçadas não contribuem com sombreamento e conseqüentemente não contribuem para a alteração do microclima. Seis entrevistados relataram estar desconfortáveis sendo que 3 relataram quente e os outros 3 muito quente.

Tarde: Nesse período de intensa radiação direta a temperatura do asfalto chega a quase 60°C tornando o ambiente termicamente desagradável. A maioria dos entrevistados relatou “quente” para a sensação de conforto.

Noite: Às 05:00 PM já não há radiação solar direta, mas neste período os materiais de baixo albedo estão perdendo calor para o meio rapidamente, podendo ter sido a causa da maioria das respostas atribuírem “quente” à sensação de conforto.

4.5.3 Avenida de Saudade – Manhã, tarde e noite - Direção Oeste

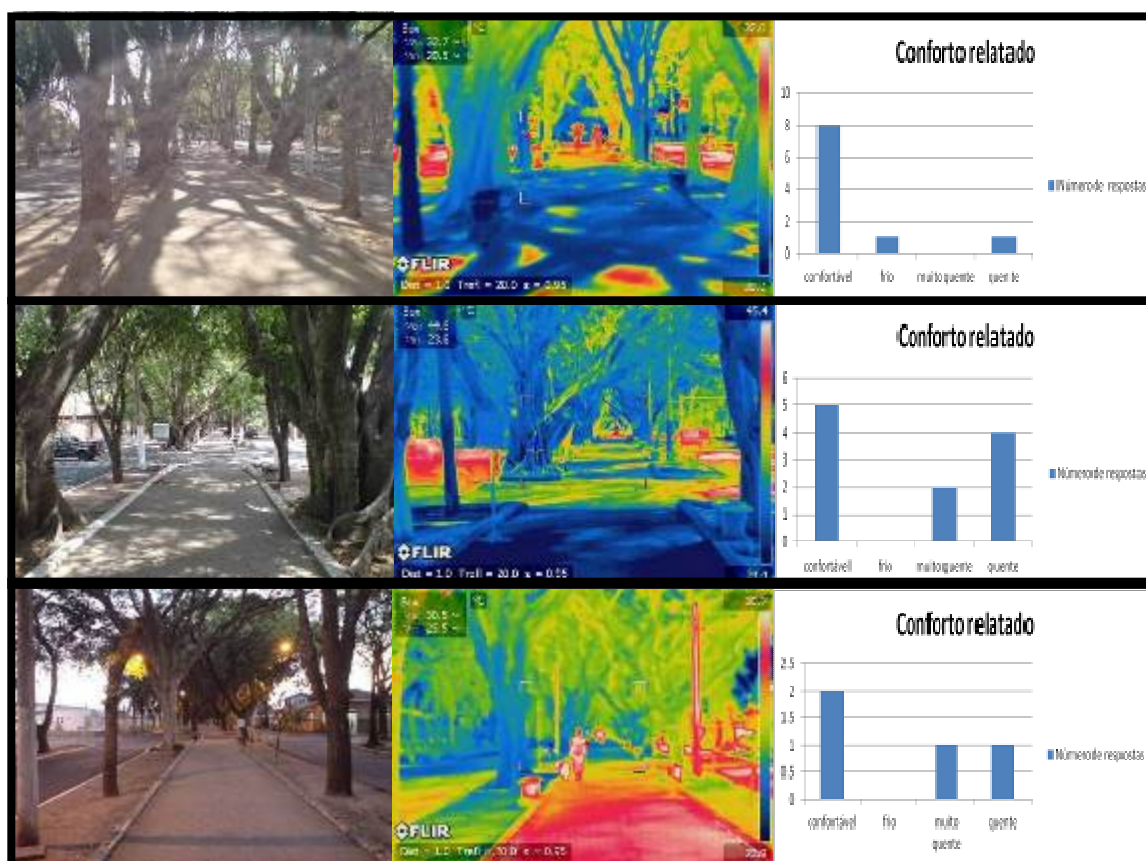


Figura 81 – Fotografia, imagem termal e conforto relatado no transecto oeste inserido na Avenida de Saudade nos horários 09:00 AM, 12:00PM e 05:00 PM

Manhã: O transecto alocado a Oeste na parte da manhã é semelhante ao Leste. O sombreamento proporcionado pelas árvores no local, gera um microclima

diferenciado. Na parte da manhã houve 1 relato de frio e a maioria de conforto na área.

Tarde: Mesmo no período da tarde a temperatura das superfícies no local sombreado se mantém baixa. A maioria das pessoas relatou sentir-se confortáveis. As respostas ligadas ao “quente” e “muito quente” podem estar relacionadas ao período do dia.

Noite: A maioria dos pedestres neste horário relataram sentirem-se confortáveis.

4.5.4 Avenida de Saudade – Manhã, tarde e noite – Direção Sul:

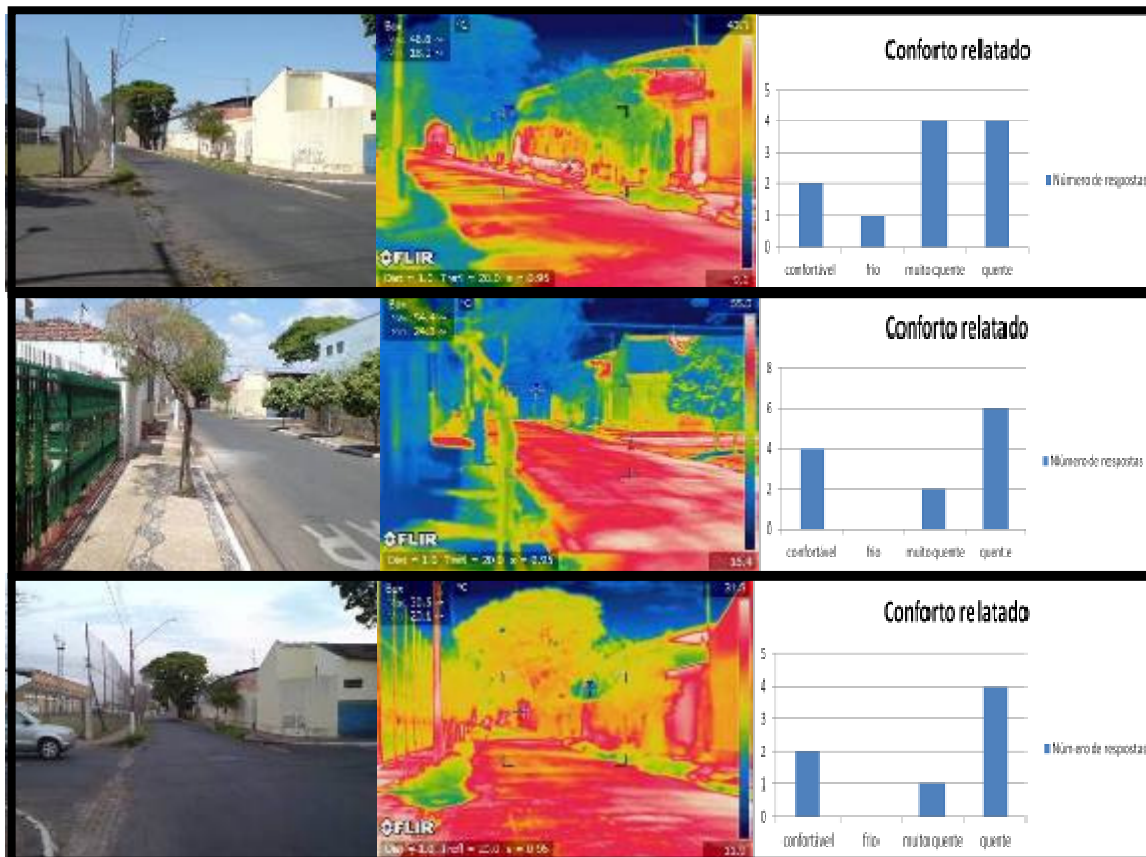


Figura 82 – Fotografia, imagem termal e conforto relatado no transecto sul inserido na Avenida de Saudade nos horários 09:00 AM, 12:00PM e 05:00 PM

Manhã: Já no período da manhã a maioria dos entrevistados relatou quente ou muito quente para a sensação de conforto. O asfalto neste período já atingia temperaturas próximas a 40°C.

Tarde: Mais uma vez é possível observar que arvoretas e arbustos não promovem um sombreamento eficiente no local. O asfalto chega a uma temperatura de 55°C.

Noite: a maioria dos entrevistados atribuiu “quente” a sensação de conforto.

4.5.5 Horto – Manhã, tarde e noite - Direção Leste

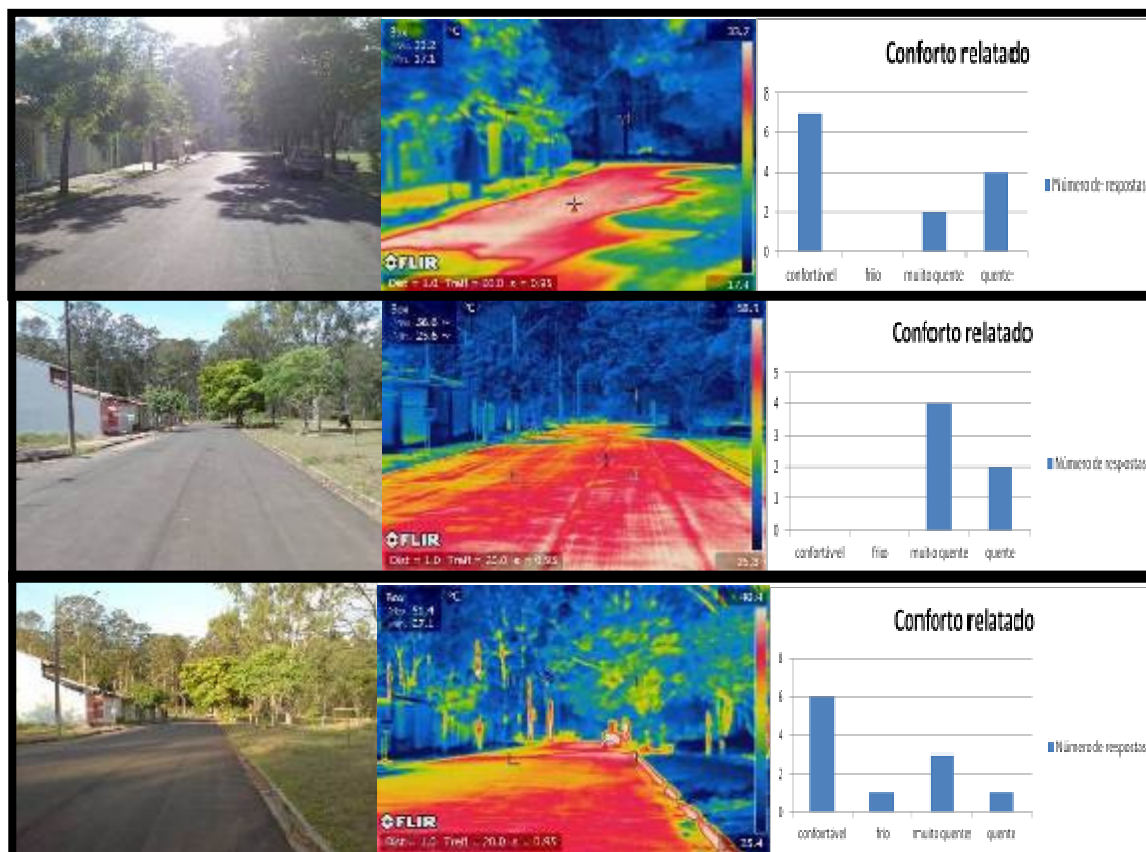


Figura 83 – Fotografia, imagem termal e conforto relatado no transecto leste inserido no Horto nos horários 09:00 AM, 12:00PM e 05:00 PM

Manhã: a maioria relatou confortável. Neste período existe um bom sombreamento do asfalto no local.

Tarde: O asfalto atinge temperaturas de quase 60°C. O conforto relatado variou do muito quente ao quente.

Noite: A maioria relatou sentir-se confortável.

4.5.6 Horto – Manhã, tarde e noite – Direção Norte

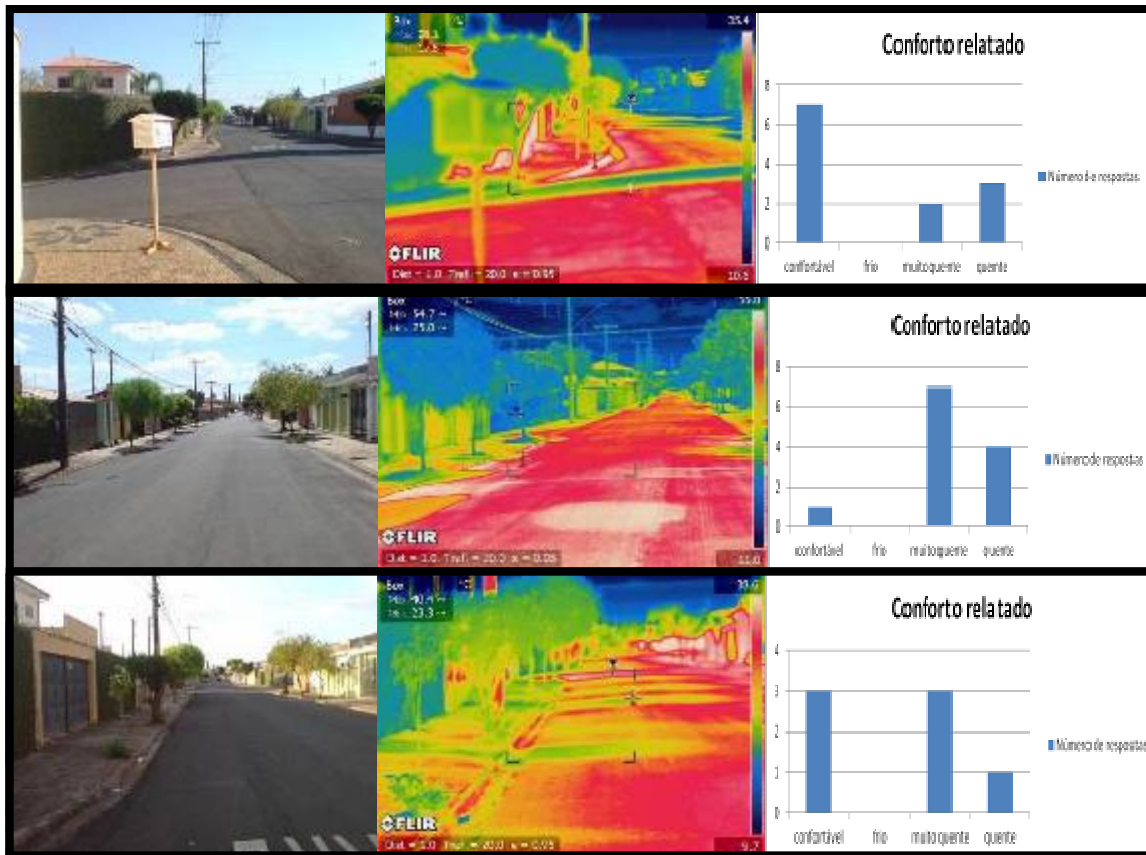


Figura 84 – Fotografia, imagem termal e conforto relatado no transecto norte inserido no Horto nos horários 09:00 AM, 12:00PM e 05:00 PM

Manha: As residências promovem o sombreamento do asfalto.

Tarde: Devido a posição solar o ambiente não recebe a sombra dos muros e das residências e as poucas arvoretas presentes com copa reduzida não desempenham a função de sombreamento no local. O Asfalto e a calçada ficam expostos a radiação direta atingindo temperaturas de superfície na casa dos 60 °C, o “muito quente” foi a resposta mais relatada.

Noite: A posição solar nesta cena favorece o sombreamento promovido pelas residências. O conforto relatado neste período foi de confortável, seguido de muito quente e quente.

4.5.7 Horto – Manhã, tarde e noite – Direção Oeste

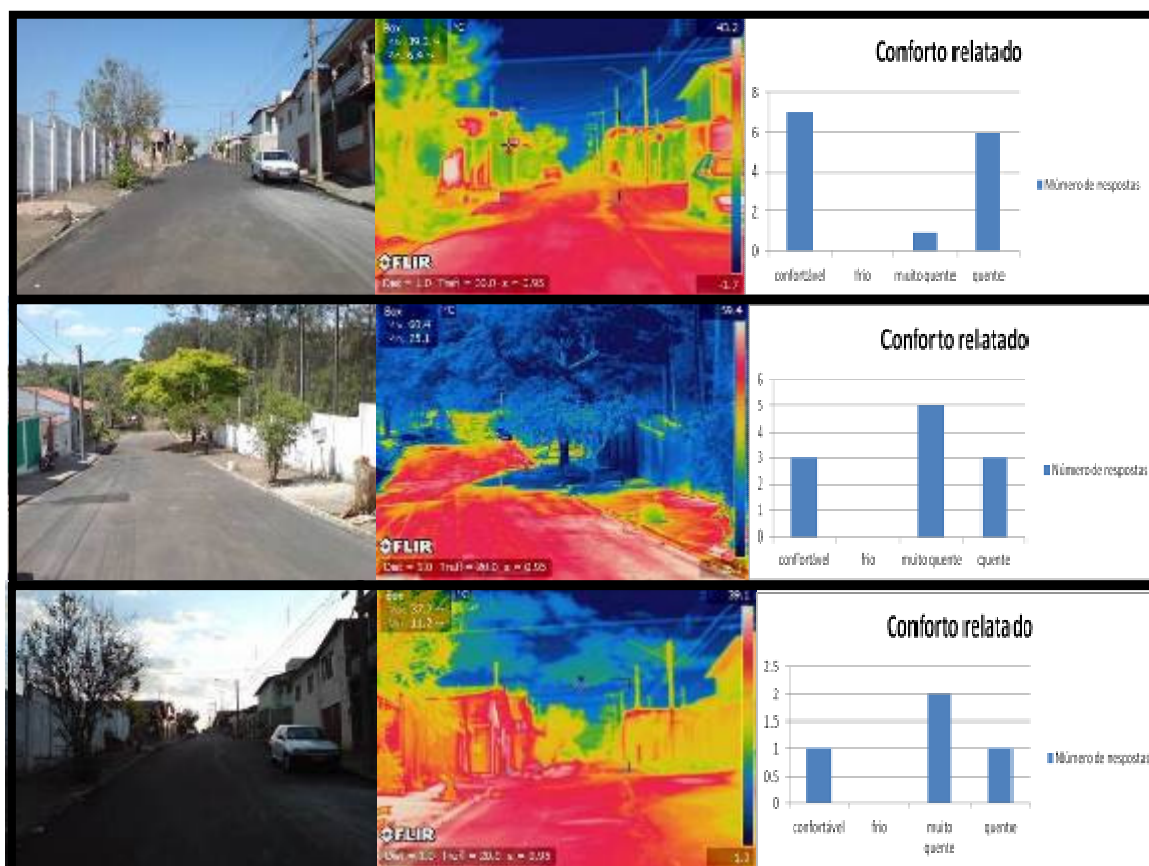


Figura 85 – Fotografia, imagem termal e conforto relatado no transecto oeste inserido no Horto nos horários 09:00 AM, 12:00PM e 05:00 PM

Nas três cenas, manhã, tarde e noite o asfalto e as calçadas são os locais de maior temperatura de superfície. A árvore adulta de copa ampla no período crítico desempenha um papel importante no sombreamento desses materiais, entretanto é isolada e os demais arbustos na rua não desempenham esta função.

A maioria do conforto relatado foi “muito quente”.

4.5.8 Horto – Manhã, tarde e noite – Direção Sul

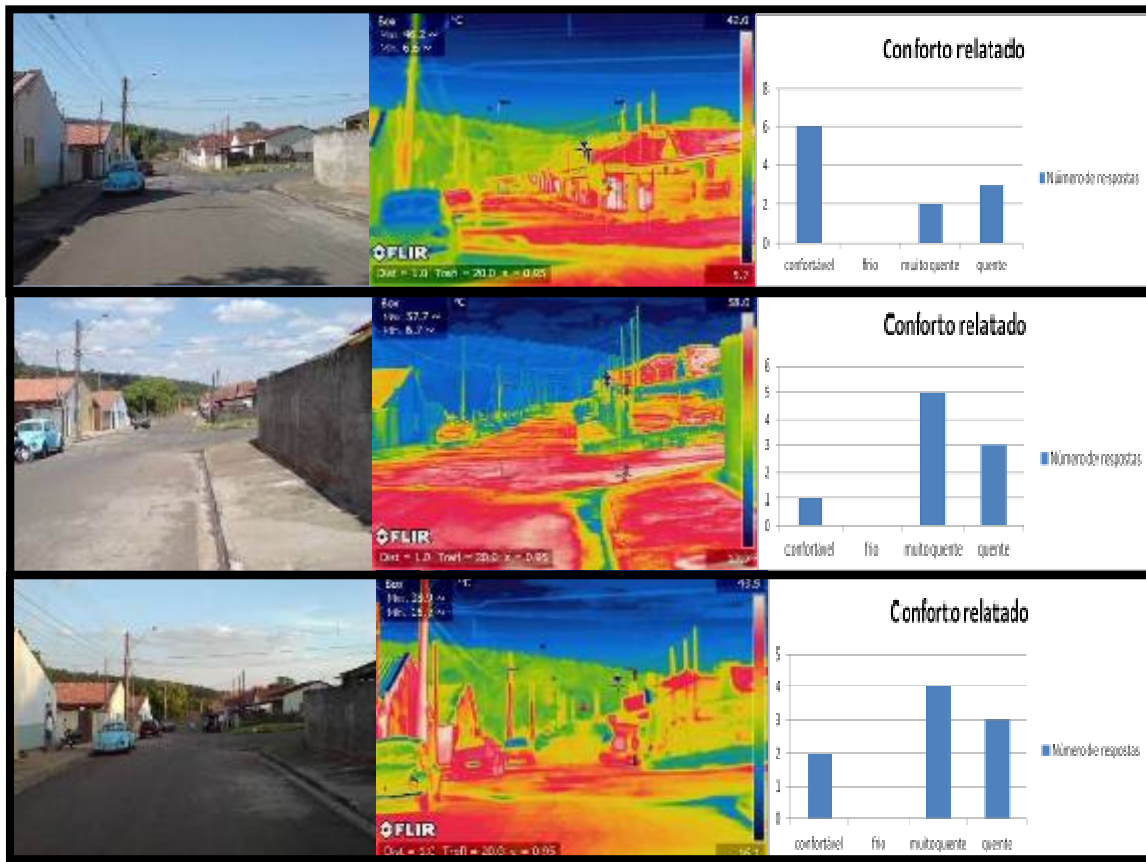


Figura 86 – Fotografia, imagem termal e conforto relatado no transecto sul inserido no Horto nos horários 09:00 AM, 12:00PM e 05:00 PM

Na parte da manhã as pessoas que relataram o conforto disseram que o motivo era a brisa fresca no local provinda do Horto. Entretanto neste trecho não há presença de árvores. No período da tarde e início da noite os materiais impermeáveis estão superaquecidos refletindo o conforto dos moradores deste trecho.

4.5.9 Praça – Manhã, tarde e noite – Direção Leste

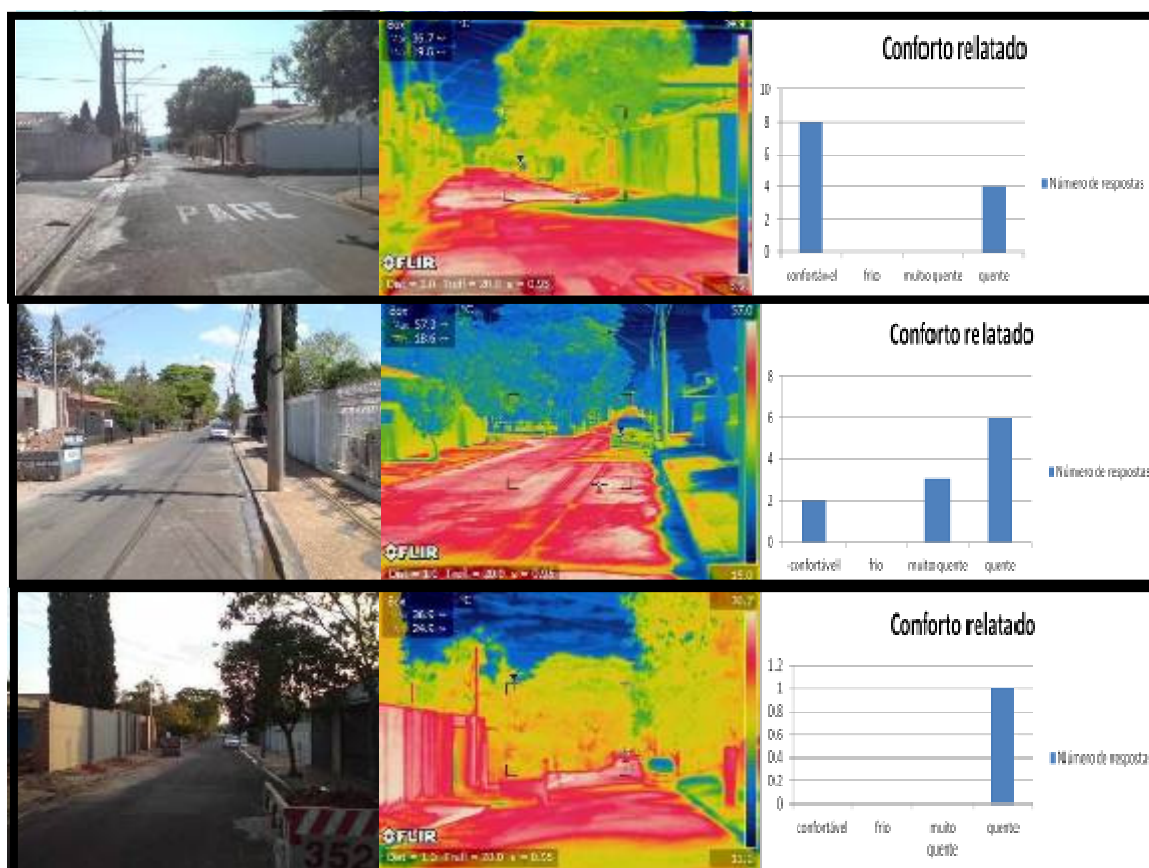


Figura 87 – Fotografia, imagem termal e conforto relatado no transecto leste inserido na Praça nos horários 09:00 AM, 12:00PM e 05:00 PM

No período da manhã a temperatura de superfície ainda encontra-se amena, a maioria das respostas foi “confortável”.

No período da tarde devido a intensa radiação solar no local e o baixo sombreamento as respostas “quente” e “muito quente” foram superiores.

No início da noite a única pessoa entrevistada relatou “muito quente”.

4.5.10 Praça – Manhã, tarde e noite – Direção Norte

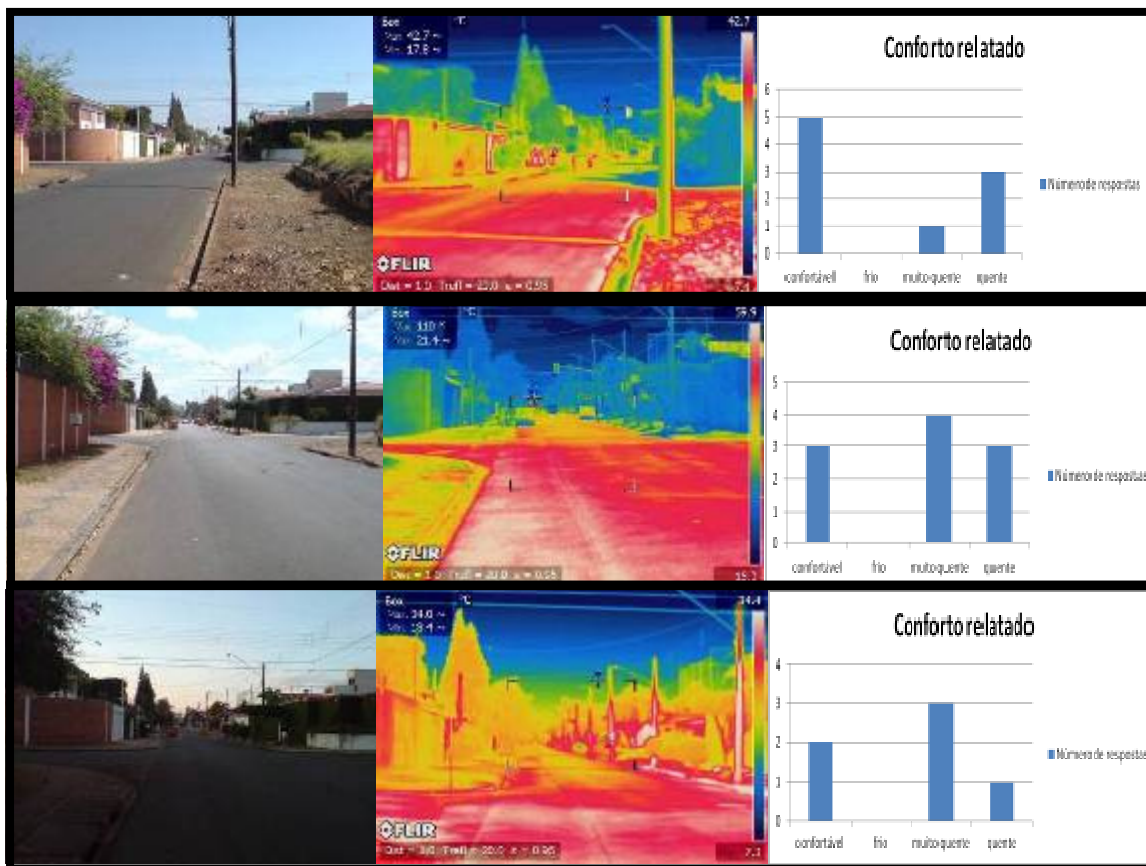


Figura 88 – Fotografia, imagem termal e conforto relatado no transecto norte inserido na Praça nos horários 09:00 AM, 12:00PM e 05:00 PM

No período da manhã a maioria das pessoas relatou sentir-se confortáveis. No período da tarde a inexistência de sombreamento no local elevou a temperatura das superfícies na casa dos 60°C. Apesar de 3 relatarem “conforto” as demais pessoas relataram “quente” a “muito quente”.

4.5.11 Praça – Manhã, tarde e noite – Direção Oeste

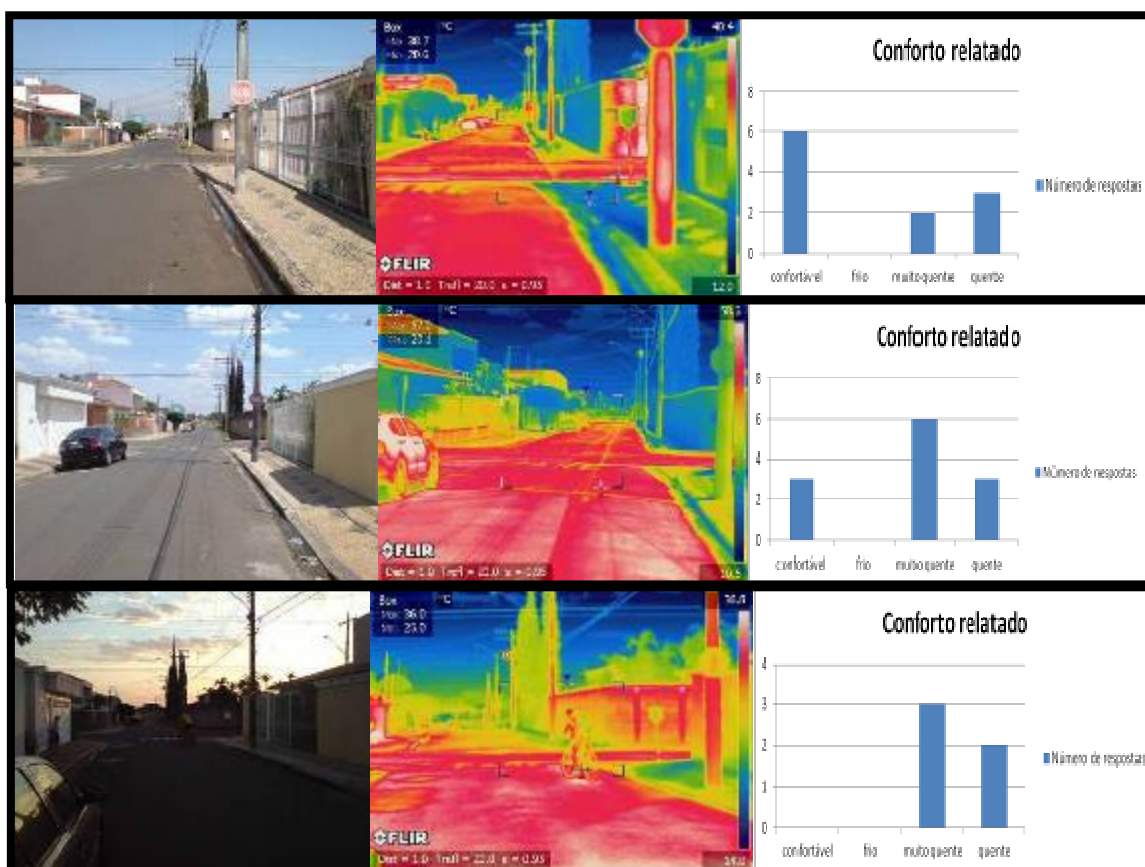


Figura 89 – Fotografia, imagem termal e conforto relatado no transecto oeste inserido na Praça nos horários 09:00 AM, 12:00PM e 05:00 PM

Mesmo no período em que a noite se inicia as pessoas relataram “quente” a “muito quente”. Mais uma vez a falta de sombreamento no local permitiu que os materiais impermeáveis atingissem temperaturas elevadas.

4.5.12 Praça – Manhã, tarde e noite – Direção Sul

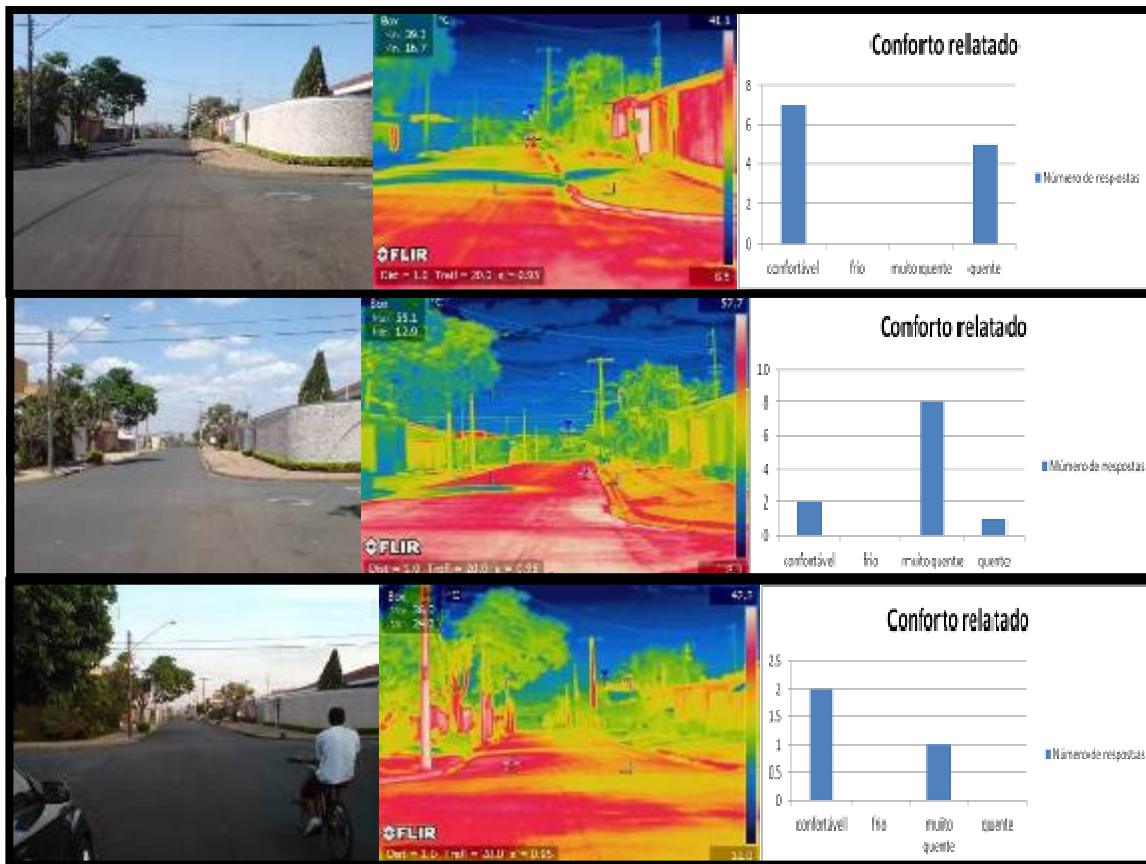


Figura 90 – Fotografia, imagem termal e conforto relatado no transecto sul inserido na Praça nos horários 09:00 AM, 12:00PM e 05:00 PM

No trecho sul da praça existe uma maior presença do elemento arbóreo. No início da manhã e começo da noite a maioria das pessoas relatou sentirem-se confortáveis. No período da tarde devido a intensa radiação a maioria relatou “muito quente”.

5 CONCLUSÕES

Observa-se que o uso da vegetação como dispositivo de sombreamento, amenizador da temperatura e gerador de umidade é bastante eficiente como recurso de conforto térmico. Conhecendo os benefícios da implantação da vegetação das cidades, para conforto térmico humano, podemos concluir que é possível um ambiente naturalmente sombreado, refrigerado ser totalmente eficiente para o conforto, contribuindo para a eficiência energética, desde que sejam compreendidos os condicionantes para o conforto, seus efeitos e suas possibilidades assim como as propriedades específicas do elemento arbóreo.

Com os resultados e discussões aqui apresentadas foi possível responder todas as indagações feitas na apresentação do objetivo geral (pg 20).

Os aglomerados arbóreos contribuem para o arrefecimento do entorno, entretanto comportam-se de maneira diferenciada devido às características inerentes a cada local como a densidade de árvores, arranjo, configuração espacial e cobertura do solo.

Conforme a distância aumenta em relação ao maciço arbóreo a temperatura aumenta e a umidade decresce, isso se não houver outros elementos afetando as variáveis de temperatura e umidade no percurso.

O fator distância é determinante. A análise estatística geral comprova que o efeito do aglomerado arbóreo é perceptível somente até 40m. Quando a análise é especificada para os locais, na Praça e no Horto as distâncias em relação à área verde deixam de ser significativas, sendo significante somente na Avenida da Saudade até aproximadamente 80m. As distâncias na Praça e no Horto podem não ser significativas por terem um efeito mais local do que a configuração da Avenida da Saudade que é similar a um corredor verde e que promove o sombreamento do maior vilão das cidades, que é o asfalto.

Nesta pesquisa foi comprovado que as coberturas de asfalto, copa de árvore, relvado e piscina são responsáveis pela alteração higrótérmica dos locais, e que para reduzir a temperatura e aumentar a umidade, a vegetação é peça chave neste processo. Além disso, pelas áreas verdes terem sido intensamente devastadas, o ambiente construído, como por exemplo, o asfalto, pode estar exercendo uma influência sobre as áreas verdes, e não o contrário.

O verde, Praças e Parques são primordiais nas cidades, pois, são locais que remetem ao bem-estar e calma de quem os frequentam. Necessitam ser melhor

estruturados e manejados para o lazer e principalmente em relação ao paisagismo, lixo e a segurança.

Este trabalho recomenda que a arborização do viário, hoje tão esquecida, seja melhor inserida e manejada nas cidades pelos urbanistas desde o projeto até a execução utilizando árvores de copa ampla e densa pois são elementos fundamentais para o conforto devido às inúmeras funções que executa no meio, sendo uma das principais o sombreamento das superfícies impermeáveis reduzindo drasticamente a temperatura de superfície comparada com as que recebem radiação direta, e até mesmo, uma maior conscientização da população em relação a ter árvores em suas calçadas visando o conforto e redução do consumo energético.

A temperatura de superfície assim como a exposição solar e o período do dia influenciam diretamente no conforto relatado pelos entrevistados. Quando entrevistados em local sombreado e nas horas menos críticas do dia a maioria das pessoas relatou estar confortável. Já em locais não sombreados, com temperatura de superfície alta e em períodos críticos as respostas variaram mais entre o “quente e muito quente”.

Normalmente em ambientes semelhantes a variabilidade espacial da temperatura e umidade do ar não é alta e os fatores que mais influenciam essa mudança são a radiação solar e o vento local. A variável Radiação solar local, se acrescentada ao modelo estatístico certamente responderia melhor a questão da variação da temperatura e umidade já que a temperatura do ar possui uma relação direta com a intensidade de radiação que chega ao local. Entretanto a direção do vento, mesmo em escala global, responde bem em relação a variável temperatura e umidade, comprovando que para onde o vento sopra o ar é menos quente e mais úmido e conforme a distância do aglomerado arbóreo o ar vai ganhando calor do meio, aumentando a temperatura e diminuindo a umidade.

6 POSSIBILIDADES DE TRABALHOS FUTUROS

Em futuros estudos é necessário separar os fatores como a estrutura do dossel, os fatores de visão do céu, da razão de Bowen, as condições de superfície entre outros para somente depois criar um modelo e executar as análises estatísticas. Em uma pesquisa primeiramente é necessário compreender os fatores relevantes para depois realizar as análises em micro-escala dos arredores. A fim de ter condições adequadas é preciso também separar o fator de visão do céu e incluir parâmetros de superfície, como albedo, rugosidade e acesso solar como variável.

7 DIFICULDADES ENCONTRADAS

No Brasil, experimentos de campo como este aqui realizado, envolvendo equipamentos no meio urbano ainda são muito desgastantes para nós pesquisadores pois mesmo rotulando todos os equipamentos destacando serem de cunho de pesquisa, a falta de educação e curiosidade dos cidadãos nos forçam a contratar “seguranças” para o zelo desses equipamentos na rua, forçando a fabricação de abrigos meteorológicos pesados e de difícil transporte, limitando a pesquisa, e que mesmo assim não restringem os transtornos com furtos.

8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Na busca por uma cidade mais confortável, é necessário sensibilização dos planejadores urbanos. É desejável que esses planejadores utilizem os resultados de pesquisas dos especialistas de diversas áreas do conhecimento, tais como meteorologistas, bioclimatologistas, biólogos, engenheiros, arquitetos e outros que se dedicam a construção de informações sobre conforto térmico em ambiente urbano.

Um conhecimento prático de como o clima é afetado pelo desenho urbano é necessário a fim de compreender as alterações que irá ocorrer na escala local. Junto com este conhecimento também é essencial compreender como o clima urbano afeta os pedestres que usam esses espaços. A compreensão das respostas fisiológicas do corpo humano a estímulos térmicos irá ajudar os arquitetos paisagistas na elaboração de uma paisagem urbana mais termicamente confortável.

O calor urbano, o vento urbano entre outros fenômenos como a precipitação urbana são o resultado de projetos impensados e aumento das concentrações de poluentes. A utilização e uso de materiais de construção diferentes irá resultar em diferentes situações climáticas. Saber como os materiais específicos irão influenciar o clima leva o designer a tirar conclusões sobre como corrigir problemas climáticos urbanos.

Uma forma de aumentar a qualidade de vida dos pedestres é melhorar as cidades tentando mitigar o efeito das ilhas de calor e ventos urbanos. A redução da quantidade de superfícies impermeáveis (especialmente aquelas de menor albedo), e aumento da cobertura vegetativa irá reduzir as temperaturas do ar próximas ao solo.

REFERÊNCIAS

- ABREU, L.V. **Estudo do raio de influência da vegetação no microclima por diferentes espécies arbóreas**. 2008. 154 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2008.
- AKBARI, H.; DAVIS, S.; HUANG, J.; LIU, P.; TAHA, H. The urban heat island: causes and impacts. In: AKBARI, H.; DAVIS, S.; DORSANO, S.; HUANG, J.; WINNETT, S. (Ed.). **Cooling our communities: a guidebook on tree planting and light-colored surfacing (LBL-31587) (5-26)**. Cidade: Whashington DC, USA, Environmental Protection Agency; Lawrence Berkeley Laboratory, 1992. p. 217.
- ALCOFORADO, M.J. **O clima da região de Lisboa**. 1992. 347 p. Tese (Livre-Docência – Universidade de Lisboa, Lisboa, 1992.
- ALJAWABRA, F.; NIKOLOPOULOU, M. Outdoor Thermal Comfort in the Hot Arid Climate: the effect of socio-economic background and cultural differences. In: PLEA, CONFERENCE ON PASSIVE AND LOW ENERGY ARCHITECTURE, 26, Quebec City. 2009. p. 22–24.
- ANDREASI, W.A. **A ventilação natural como estratégia visando proporcionar conforto térmico e eficiência energética no ambiente interno**. UFMS, 2007. Disponível em: <<http://www.dec.ufms.br/lade/docs/dt/rogerio.pdf>>. Acesso em: 19 maio 2011.
- AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATING AND AIRCONDITIONING ENGINEERS. **ASHRAE standard 55: thermal environmental conditions for human occupancy**. Atlanta, 1992. 26 p.
- BALTAR, M.G.; KAEHLER, J.W.M.; PEREIRA, L.A. **Indústria da construção civil e eficiência energética**. PPGEE - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil, 2006. Disponível em: <http://tede.pucrs.br/tde_arquivos/11/TDE-2006-11-16T200104Z-123/Publico/384715_anexo_5.pdf>. Acesso em: 19 out. 2010.
- BARBUGLI, R.A. **Influência do ambiente construído na distribuição das Temperaturas do ar em Araraquara/SP**. 2004. 170 p. Dissertação (Mestrado em Construção Civil) – Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2004.
- BOMMEL, F.P.J.; HEITKÖNIG, I.M.A.; EPEMA, G.F.; RINGROSE, S.; BONYONGO, C.; VEENENDAAL, E.M. Remotely sensed habitat indicators for predicting distribution of impala (*Aepyceros melampus*) in the Okavango Delta, Botswana. Cambridge University Press. **Journal of Tropical Ecology, Cambridge, England** v. 22, p. 101-110, 2006.
- BOSELDMANN, P. **Representation of places: reality and realism in city design**. Berkeley: University of California Press, 1998. 218p.

BROWN, R.D. **Application of human thermal comfort to landscape architecture: a new approach.** 1982. 278p. Thesis (MLA master) - University of Guelph, Guelph, 1982.

BROWN, G.Z.; DEKAY, M. **Sun, wind and light: architectural design strategies.** 2nd ed. Hoboken: Wiley, 2000. 316p.

BOUTET, T.S. **Controlling air movement.** 2nd ed. Cidade: New York RR Donnelley e Sons Company, 1987. 318 p.

BUENO, C.L. **Estudo da atenuação da radiação solar incidente por diferentes espécies arbóreas.** 1998. 177 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1998.

BUENO-BARTHOLOMEI, C.L. **A influência da vegetação no conforto térmico urbano no ambiente construído.** 2003. 189 p. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2003.

COSTA, J.A. da. **Uso de imagens de alta resolução para definição de corredores verdes na cidade de São Paulo.** 2010. 114 p. Dissertação (Mestrado em Ciências. Área de concentração Recursos Florestais com opção em Conservação de ecossistemas florestais) Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2010.

CONGALTON, R.G., ODERWALD, R.G., MEAD, R.A. Assessing Landsat classification accuracy using discrete multivariate statistical techniques. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, Washington, v. 49, n. 12, p. 1671–1678, 1983

CONGALTON, R.G., KASS, G. **Assessing the accuracy of remotely sensed data: principles and practices.** 2 ed. Boca Raton: CRC Press. 2009. 183p.

CRONEMBERGER, F.M. **Curso de Análises Espaciais Avançadas em plataforma ArcGIS 9.x.** Rio de Janeiro, 2009. 58 p.

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

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

DIMOUDI, A.; NIKILOPOULOU, M.; Vegetation in the urban environment: Microclimatic analysis and benefits. **Energy and Buildings**, London, v. 35, n. 1, p. 69-76, 2003. Disponível em: <<http://www.elsevier.com/locate/enbuild>>. Acesso em: 16 abr. 2010

DONOVAN, G.H.; BUTRY, D.T. The value of shade: estimating the effect of urban trees on summertime electricity use. **Energy and Buildings**, London, v. 41, p. 662-668, 2009.

DOURADO, S.C. **Ilhas de calor e urbanização na Amazônia mato-grossense**. 2000. 100 p. Trabalho (Conclusão de curso de Geografia) - Departamento de Geografia, Universidade Federal do Mato Grosso, Cuiabá, 2000.

ELIASSON, I. Infrared thermography and urban temperature patterns, **International Journal of Remote Sensing**, 13 (1992) (5), pp. 869–879.

FRANCO, M.A.R. **Desenho ambiental: uma introdução à arquitetura da paisagem com o paradigma ecológico**. São Paulo: Annablume; FAPESP, 1997. 224 p.

FROTA, A.B.; SCHIFFER, S.R. **Manual de conforto térmico**. 7.ed. São Paulo: Studio Nobel, 2003. 242p.

FONTES, M.S.G.C.; DELBIN, S. Efeito climático de uma área verde no ambiente urbano. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 9., 2002, Foz do Iguaçu. **Anais...** Foz do Iguaçu: ANTAC, 2002. p. 971-980.

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

GARCIA, M.C.M. **Climatologia urbana**. Barcelona: Universitat de Barcelona, 1999. 71 p. (Textos Docentes, 160).

GEORGI, J.N.; DIMITRIOU, D. The contribution of urban green spaces to the improvement of environment in cities: Case study of Chania, Greece, **Building and Environment**, v. 45, n. 6, p. 1401-1414, June 2010. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360132309003564>>. Acesso em: 19 de maio 2011

GEORGI, N.; TZOURI, A. Monitoring thermal comfort in outdoor urban spaces for bioclimatic conditions improvement. In: WSEAS, INTERNATIONAL CONFERENCE ON LANDSCAPE ARCHITECTURE, 1., Algarve. Portugal, 2008. p. 98-103.

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

GIVONI, B. **Estimation of the effect of climate on man: development of a new thermal index**. Haifa: Building Research Station, Technion-Israel Institute of Technology, 1963. 85 p.

_____. **Comparing temperature and humidity conditions in na urban garden and in its surrounding areas.** Haifa: Building Research Station, Technion, 1972. (Interim Report, 2).

_____. Urban design for hot humid regions. **Renewable Energy**, Los Angeles, v. 5, n. 5/8, p. 1047-1053, Aug. 1994.

GIVONI, B.; NOGUCHI, M. Issues in outdoor comfort research. **In: PLEA - CONFERENCE ON PASSIVE AND LOW ENERGY ARCHITECTURE, 2000**, Cambrigde. **Proceedings...** p. 562-564.

GRATIA, E.; BRUYÈRE, I.; DE HERDE, A. How to use natural ventilation to cool narrow office buildings. **Building and Environment**, Washington, n. 39, p.1157–1170, 2004.

GOMES, M.A.S.; AMORIM, M.C.C.T. Arborização e conforto térmico no espaço urbano: estudo de casos nas praças públicas de Presidente Prudente (SP). **Caminhos de Geografia**, Uberlândia, v. 7, n. 10, p. 96-106, 2003.

GUIMARÃES, S.T.L. **A Floresta Estadual Edmundo Navarro de Andrade**: um estudo de percepção ambiental e recursos paisagísticos. Rio Claro, 2002, 20p.

HEISLER, G.M. Energy savings with trees. **Journal of Arboriculture**, Washington, v. 12, n. 5, p. 113-125, 1986.

HONJO, T.; TAKAKURA, T. Simulation of thermal effects of urban Green areas on their surrounding areas. **Journal of Energy and Buildings**, Washington, v. 15/16, p. 443–446, 1990.

HUANG, J.; RITSCHARD, R; SAMPSON, N; TAHA, H. The benefits of urban trees. **In: AKBARI, H.; DAVIS, S.; DORSANO, S.; HUANG, J.; WINNETT, S. (Ed.). Cooling our communities: a guidebook on tree planting and light-colored surfacing (LBL-31587).** California: United States Environmental Protection Agency and Lawrence Berkeley Laboratory, 1992. p. 27-42.

JENDRITZKY, G.; SCHIRMER, H.; MENZ, G.; SCHMIDT-KESSEN, W. Methode zurraumbezogenen Bewertung der thermischen Komponente im Bioklima des Menschen (Fortgeschriebenes Klima-Michel-Modell). **Akad Raumforschung Landesplanung**, Hannover, Beiträge, v. 114, p. 7-69, 1990.

JONES, J.; WEST, A.W. Natural ventilation and collaborative design. **ASHRAE Journal**, p. 46-50, Nov. 2001.

KACHANOSKI, R.G.; DE JONG, E. Scale dependence and the temporal persistence of spatial patterns of soil water storage. **Water Resources Research**, Florida, v. 24, p. 85-91, 1988.

- KATZSCHNER, L.; BOSCH, U.; RÖTTGEN, M. Behaviour of people in open spaces independency of thermal comfort conditions. **In: Conference on Passive and Low energy architecture**, 2002, Toulouse. **Proceedings...** Toulouse, 2002. p. 411-415.
- LABAKI, L.C. **Conforto humano: aspectos arquitetônicos e urbanísticos**. Campinas: Departamento de Arquitetura e Construção - Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, UNICAMP, 2011. Disponível em: <http://www.sbbiomet.com.br/cms/index.php?option=com_content&task=view&id=59&Itemid=47&mnu=sc5>. Acesso em: 15 mar. 2011.
- LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F.R. **Eficiência energética na arquitetura**. São Paulo: PW, 1997. 192 p.
- LANDIS, J.R.; KOCH, G.G. The measurement of observer agreement for categorical data. **Biometrics**, Arlington, v.33, n.1, p.159-174, 1977.
- LANDSBERG, H. E. **The urban climate**. New York: Academic Press, 1981. 275 p.
- LECHNER, N. **Heating, cooling, lighting: design methods for architects**. 2nd ed. New York: John Willey, 1990. 648 p.
- LEFF, H. **Saber ambiental: sustentabilidade, racionalidade, complexidade, poder**. Petrópolis: Vozes, 2001. 343 p.
- LILLESAND, T.M.; KIEFER, R.W.; CHIPMAN, J.W. **Remote sensing and image interpretation**. 5th ed. New Jersey: John Wiley, 2004. 763 p.
- 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, 7.; LATINO-AMERICANO SOBRE CONFORTO NO AMBIENTE CONTRUÍDO, 4.,**, 2005, Maceió, AL. **Anais...** Maceió: ANTAC, 2005. 1 CD-ROM.
- LIN, T.P.; MATZARAKIS, A.; HWANG, R.L. Shading effect on long-term outdoor thermal comfort. **Building and Environment**, Washington, v. 45, n. 1, p. 213-221, Jan. 2010.
- LLANDERT, L.R.A.; **Zonas verdes y espacios libres en la ciudad**. Madrid: Instituto de Estudios de Administración Local, 1982. 538 p.
- LÔBO, D.G.F.; BITTENCOURT, L.S. A influência dos capacitores de vento na ventilação natural de habitações populares localizadas em climas quentes e úmidos. Porto Alegre: **Ambiente Construído**, v3 n2, abr/junho 2003, 57-67p.
- LOPES, P. M. O. **Obtenção de regimes microclimáticos em regiões montanhosas com dados de sensores orbitais e integração de modelos distribuídos**. Tese (Doutorado em Sensoriamento Remoto) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. São José dos Campos, 2006. 230 p.

LOPES, Antonio. O Sobreaquecimento das cidades: causas e medidas para a mitigação da ilha de calor de Lisboa. **Territorium** v.15. Lisboa, Portugal, 2008, 39-52 p.

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

LYNCH, K.; HACK, G. **Site planning**. 3rd ed. Cambridge: MIT Press, 1984. 29 p.

MACHI, D.A.; CUNHA, C.M.L. Análise do relevo da floresta estadual Edmundo Navarro de Andrade (Rio Claro-SP) e circunvizinhanças: subsídio para a avaliação da área do entorno. **Anais...VI Simpósio Nacional de Geomorfologia / Regional Conference on Geomorphology**, Goiania 6 a 10 de setembro de 2006, Brasil

MALLICK, F. H., Thermal comfort and building design in the tropical climates, **Energy and Buildings**, Volume 23, Issue 3, PLEA '94 International Conference, March 1996, p. 161-167, ISSN 0378-7788, DOI: 10.1016/0378-7788(95)00940-X. Disponível em:
<<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/037877889500940X>>. Acesso 19 mai. 2010

MASCARÓ, L. E. A. R.. **Luz, clima y arquitectura**. 1. ed. La Plata: Facultad de Arquitectura y Urbanismo - Universidad Nacional de La Plata, 1983. v. 1. 194 p.

_____. **Vegetação urbana**. Porto Alegre, FINEP – UFRS, 2002, 242 p.

_____. **Ambiência urbana** Edição. 2da. ed. Porto Alegre: +4, 2004. v. 1. 199 p.

MASCARÓ, J.J. Significado ambiental - energético da arborização urbana. **Revista de Urbanismo e Arquitetura**, Cidade: Porto Alegre, v. 7, n. 1, p. 32-37, 2006

MASCARÓ, L. E. A. R.; MASCARÓ, J. J. . **Ambiência urbana**. 3a. ed. Porto Alegre: Masquatro Editora, 2009. v. 1. 200 p.

MCPHERSON, E.G.; NOWAK, D.J.; ROWNTREE, R.A. (Ed.) **Chicago's urban forest ecosystem: Results of the Chicago Urban Forest Climate Project**, NE For. Exp. Stn., Radnor, PA, 1994. 201p. (USDA For. Serv. Gen. Tech. Rep., NE-186).

MCPHERSON, E.G.; SIMPSON, J.R. Potential energy savings in buildings by an urban tree planting program in California. **Revista Urban forestry and urban greening**, Cidade: Washington D.C. Editora: Elsevier, v.2 73-86 p. 2003

MICROIMAGES. **TNT MIPS versão 7.2**. Disponível em:
<<http://www.microimages.com>>. Acesso em: 17 de março de 2010.

MILLER, R.W. **Urban Forestry: Planning and Managing Urban Greenspaces**. 2 ed. New Jersey, Prentice Hall, 1997. 502p.

MONTEIRO, C.A.F. **O clima e a organização do espaço no Estado de São Paulo: problemas e perspectivas**. São Paulo: USP, IGEOG/USP, 1976. 54 p. (Série "Teses e Monografias", 28).

_____. **Teoria e clima urbano**. São Paulo: Contexto, 2003. p. 9-68.

MONTEIRO, L. M.; ALUCCI, M. P. Conforto Térmico em Espaços Abertos com Diferentes Abrangências Microclimáticas: parte 2: proposição de calibração de modelos preditivos. **In: ENCONTRO NACIONAL, 9., ENCONTRO LATINO AMERICANO DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 5., 2007, Ouro Preto. Anais...** Porto Alegre: ANTAC, 2007. p. 1231-1240.

MOREIRA, M.A. **Fundamentos do Sensoriamento Remoto e metodologias de aplicação**. 2005. 3ª ed. ampliada e atualizada. Viçosa: Editora UFV. 320p.

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

NERY, J.; ANDRADE, T.; FREIRE, T.; KATZSCHNER, L. Thermal Comfort Studies in Humid Tropical City, Salvador- Brazil. **In: ICUC- INTERNATIONAL CONFERENCE OF URBAN CLIMATE, VI., 2006, Goteborg, Sweden. Proceedings...** Goteborg, Sweden: IAUC Newsletter, 2006. Disponível em: <<http://www.urban-climate.org/IAUC018.pdf>>. Acesso em: abr. 2010.

NIKOLOPOULOU, M. The effect of climate on the use of open spaces in the urban environment: relation to tourism. **In: WORKSHOP ON CLIMATE TOURISM AND RECREATION, INTERNATIONAL SOCIETY OF BIOMETEOROLOGY, Proceedings...** North Chalkidiki, Greece, Editora: Matzarakis, A.; C. R. de Freitas (Editors), 2001. p. 185-193. Disponível em: http://www.mif.uni-freiburg.de/isb/ws/papers/full_report.pdf. Acesso em: 19 de maio de 2011.

NIKOLOPOULOU, M.; BAKER, N.; STEEMERS, K. Thermal comfort in outdoor urban spaces: understanding the human parameter. **Solar Energy**, Washington D.C., n. 3, p. 227-235, 2001.

NOBILE, A.A. **Diretrizes para sustentabilidade ambiental em empreendimentos habitacionais**. 2003. 386 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2003.

NOWAK, J.N.; NOBLE, M.H., SISINNI, S.M.; DWYER, J.F. Peole & trees: assessing the US Urban Forest Recourse. **Journal of Forestry**, Washington D.C., v. 99, n. 3, p. 37-42, 2001.

OLGYAY, V. **Arquitectura y clima: manual de diseño bioclimático para arquitectos y urbanistas**. Barcelona: Gustavo Gili, 1963. 203 p.

OKE, T. R. **Boundary layer climates**. London: Methuen, 1978. 372 p.

PAULA, R.Z.R. **A influência da vegetação no conforto térmico do ambiente construído**. 2004. 100 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas. Campinas, 2004.

PEZUTTO, C.C. **Avaliação do ambiente térmico nos espaços urbanos abertos. Estudo de caso em Campinas, SP**. 2007. 182 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, 2007.

POLIZEL, Jefferson Lordello. **Geotecnologias e clima urbano: aplicação dos recursos de sensoriamento remoto e sistema de informações geográficas na cidade de Piracicaba, SP**. Tese (Doutorado – Programa de Pós-Graduação em Geografia Física) Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2009. 153 p.

QUATTROCHI, D. A.; RIDD, M. K. Analysis of vegetation within a semi-arid urban environment using high spatial resolution airborne thermal infrared remote sensing data, **Atmospheric Environment**, 32 (1998) (1), pp. 19–33.

RAJA, I.A.; VIRK, G.S. Thermal comfort in urban spaces: a review. **In: MOVING THERMAL COMFORT STANDARDS INTO DE XXI CENTURY**, 2001, Windsor. **Proceedings...** Windsor: 2001. p. 342-352.

RICHARDS, J.A.; JIA, J. **Remote sensing digital image analysis – an introduction**. 4th edition. Heidelberg: Springer, 2006. 439p.

ROCHA, G. C.; LIBARDI, P. L.; CARVALHO, L. A.; CRUZ, A. C. R.; ASSIS JÚNIOR, R. N. Variabilidade espaço-temporal de propriedades físico-hídricas. **Solo e Água: aspectos de uso e manejo com ênfase no semi-árido nordestino**. Fortaleza, CE: Departamento de Ciências do Solo, UFC, 2004. 1x, 458p.

ROMERO, M. A. B. **Princípios bioclimáticos para o desenho urbano**. São Paulo: Projeto, 2000, 2ª edição, 128 p.

SACAMANO, P.L., MCPHERSON, E.G., MYHRE, J., STANKOVICH, M.; WEIH, R.C. Describing urban forest cover: an evaluation of airborne videography. **Journal of Forestry**, Bethesda, v.93, p. 43-48, 1995.

SAMPAIO, F. H.; CHRISTOFOLETTI, S. R.; ZANCHETTA, D. Espacialização das pesquisas científicas realizadas na Floresta Estadual Edmundo Navarro de Andrade, Rio Claro-SP. **Anais...** VI Congresso de Meio Ambiente da AUGM, UFScar, 2009. Disponível em: <<http://www.ambiente-augm.ufscar.br/uploads/A2-096.pdf>>. Acesso em: 10 janeiro de 2012.

SAMUELS, R.; RANDOLPH, B.; GRAHAM, P.; McCORMICK, T.; POLLARD, B. **Micro-urban-climatic thermal emissions: in a medium-density residential precinct**. Sydney: City Futures Research Centre FBE/UNSW, 2010. 67 p.

SCHOWENGERDT, R.A. **Remote sensing models and methods for image processing**. Third Edition. Berlington: Academic Press, 2007. 515p.

SCOTT, K.I.; SIMPSON, J.R.; MCPHERSON, E.G. Effects of tree cover on parking lot microclimate and vehicle emissions. **Journal of Arboriculture**, Washington D.C., v. 25, n. 3, p. 129-142, 1999.

SHAMS, J.C.A.; GIACOMELI, D.C.; SUCOMINE, N.M. Emprego da arborização na melhoria do conforto térmico nos espaços livres públicos. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, Piracicaba, v. 4, n. 4, p. 1-16, 2009.

SHASHUA-BAR, L.; HOFFMAN, 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**, Washington D.C., v. 31, p. 221–235, 2000.

SILVA, I. M; GONZALEZ, L. R; SILVA-FILHO, D.F. Recursos naturais de conforto térmico: um enfoque urbano. **REVSAU**, Piracicaba – SP, v.6, n.4, p. 35-50, 2011

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

SOUZA, L.C.L. **Desempenho térmico de coberturas leves: Aplicação do modelo NBSLD**. 1990. 87 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1990.

SPIRN, A.W. **The granite garden**: urban nature and human design. New York: Basic Books, 1984. 352 p.

TAHA, H.; DOUGLAS, S.; HANEY, J. Mesoscale meteorological and air quality impacts of increased urban albedo and vegetation. **Energy and Buildings**, Washington D.C., v. 25, p. 169-177, 1997.

TANNER, B.D. Automated weather stations. **Remote Sensing Reviews**, Washington D.C. , v. 5, n. 1, p. 73-98, 1990.

TERJUNG, W.H.; LOUIE, S.S.F. A climatic model of urban energy budgets. **Geographic Analysis**, Ohio, v. 6, p. 341-367, 1974.

VACHAUD, G.; PASSERAT DE SILANS, A.; BALABANIS, R.; VAUCLIN, M. Temporal stability of spatially measured soil water probability density function. **Soil Sci. Soc. Am. J.**, 49: 822-827, 1985.

VOOGT, J.A.; OKE, T.R. 2003. Thermal remote sensing of urban climates. **Remote Sensing of Environment**, 86, 370–384.

WARNER, G.E. **Predicting pedestrian use on outdoor urban plazas utilizing climate/behavior models.** 1991. 204 p. Thesis (MLA thesis) - Virginia Polytechnic Institute and State University, Virginia, 1991.

BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

ASSIS, E.S. **Mecanismos de desenho urbano apropriados à atenuação da ilha de calor urbana**: Análise de desempenho de áreas verdes em clima tropical. 1990. 164 p. Dissertação (Mestrado em Arquitetura) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 1990

DOBBERT, L.Y. **Áreas verdes hospitalares**: percepção e conforto. 2011. 121p. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiróz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2011

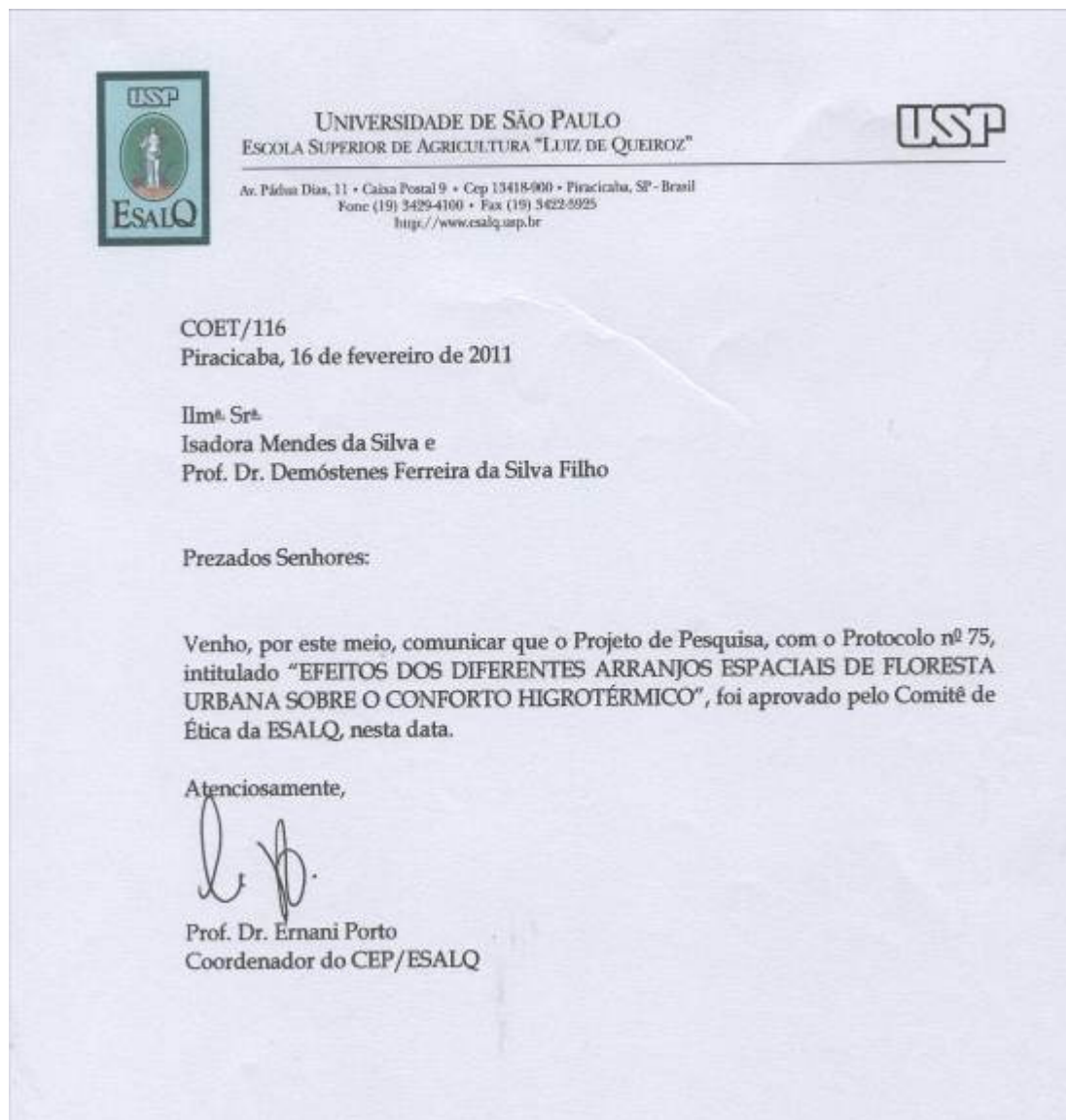
ESTULANO, G.A. **O comportamento térmico de diferentes materiais utilizados nos painéis de fechamento vertical nas edificações da cidade de Cuiabá/ MT – Avaliação pós-ocupação**. 2004. 104 p. Dissertação (Mestrado em Física e Meio Ambiente) - Departamento de Física, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2004.

GLOBAL GEO 2010. Disponível em:
<<http://www.globalgeo.com.br/index.php/worldview2.html>>. Acesso em 28 de junho de 2011

HULTMAN, S. Urban Forests in Sweden: their use for recreation and timber Growing. 1976. **In**: Proceedings of Papers Presented During Symposia -Trees and Forests for Human Settlements IUFRO. Toronto. p36-42.

IPCC – **International Panel of climate change**. Disponível em:
<http://www.ipcc.ch/ipccreports/tar/wg1/518.htm>. Acesso: 14 de maio de 2012.

ANEXOS

ANEXO A - Parecer do Comitê de Ética em Pesquisa

Anexo A: Observação - O título foi alterado para "Efeitos do uso e cobertura do solo sobre o conforto higrotérmico".

ANEXO B - Questionário

FORMULÁRIO			
Verificação do nível de satisfação do usuário em relação às áreas arborizadas (Parques e Praças).			
PARTE I – OBSERVAÇÕES E CARACTERIZAÇÃO DO ENTREVISTADO			
Local:	Av da Saudade – Área 1 () Praça do Lazer – Área 2 () Horto Florestal – Área 3 ()	Dia/Mês/Ano	Horário:
Em qual sentido você está? Norte () Sul () Leste () Oeste ()		Assinale o número do abrigo meteorológico que você está próximo na hora da entrevista: 1 () 2 () 3 () 4 () 5 ()	
Vestuzário do entrevistado:		Peso:	Idade: altura:
Sexo: <input type="checkbox"/> Masculino <input type="checkbox"/> Feminino			
Condições de Céu: <input type="checkbox"/> Claro <input type="checkbox"/> Parcialmente encoberto <input type="checkbox"/> Nublado			
Durante a entrevista o entrevistado encontra-se: local: <input type="checkbox"/> Na Sombra <input type="checkbox"/> No Sol			
Faixa Etária: <input type="checkbox"/> 18 – 20 <input type="checkbox"/> 21 - 24 <input type="checkbox"/> 25 – 34 <input type="checkbox"/> 35 - 44 <input type="checkbox"/> 45 -54 <input type="checkbox"/> 55 - 64 <input type="checkbox"/> 65 – 80			
Grau de Escolaridade: Primário <input type="checkbox"/> Completo <input type="checkbox"/> Incompleto 1º Grau <input type="checkbox"/> Completo <input type="checkbox"/> Incompleto			
Analfabeto 2º Grau <input type="checkbox"/> Completo <input type="checkbox"/> Incompleto Superior <input type="checkbox"/> Completo <input type="checkbox"/> Incompleto			

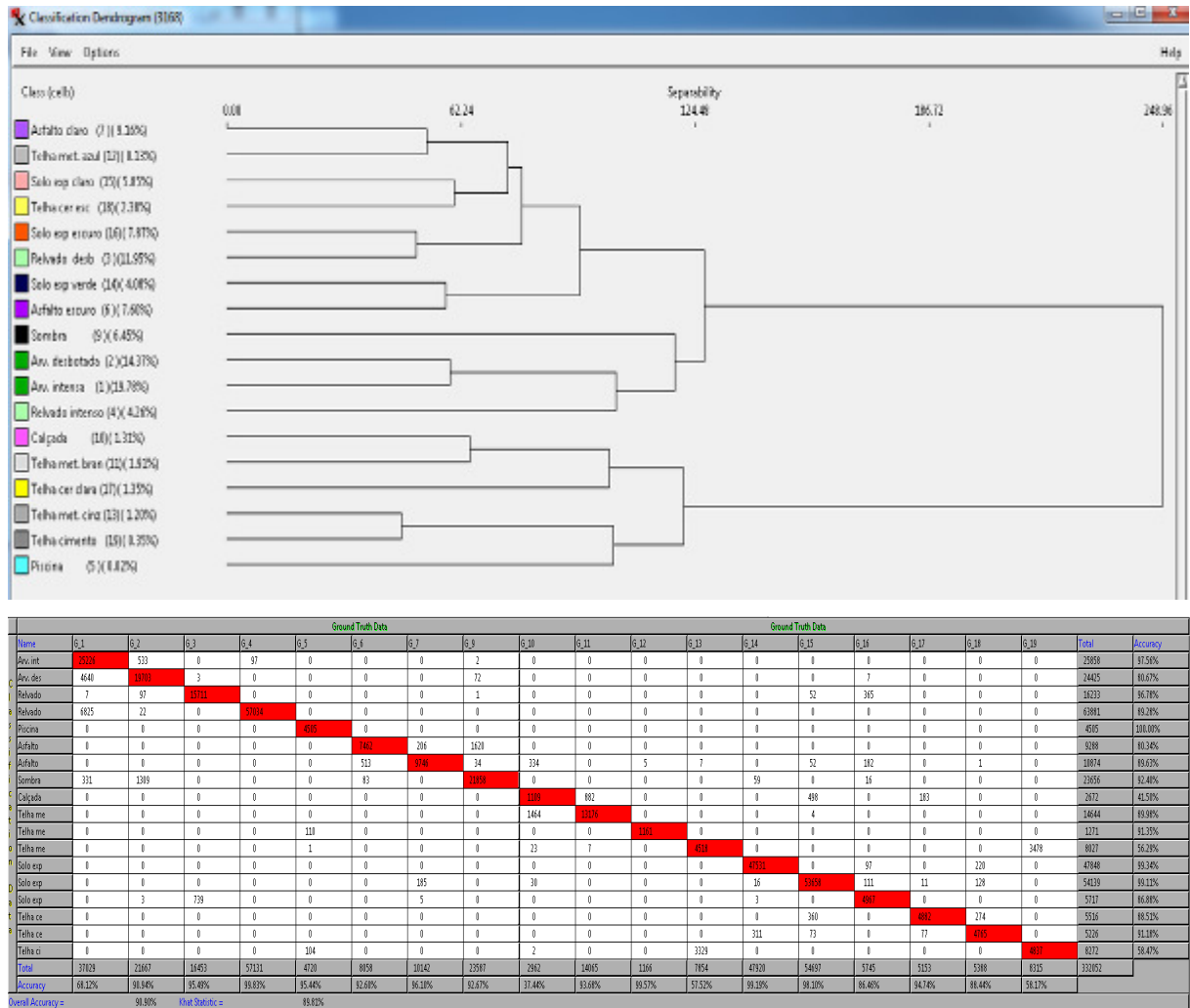
PARTE II – SENSAÇÕES	
Para você o tempo nesse momento está:	
<input type="checkbox"/> muito frio <input type="checkbox"/> Frio <input type="checkbox"/> confortável <input type="checkbox"/> quente <input type="checkbox"/> muito quente	
O que você acha da Ventilação nesse momento?	
<input type="checkbox"/> há pouco vento <input type="checkbox"/> está ventilado <input type="checkbox"/> há muito vento	
Para você o tempo está: <input type="checkbox"/> Úmido <input type="checkbox"/> seco <input type="checkbox"/> não sei	
Você está se sentindo confortável em relação ao clima? <input type="checkbox"/> sim <input type="checkbox"/> Não	
Para você o ambiente externo está:	
<input type="checkbox"/> muito escuro <input type="checkbox"/> escuro <input type="checkbox"/> nem claro nem escuro <input type="checkbox"/> claro <input type="checkbox"/> Muito claro	
O que você vê ao seu redor? Especifique se há presença de árvores, asfalto, local de declive, etc.	
E você gosta do que você vê?	
<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/> Indiferente	
Porque?	

Você tem jardim ou plantas em sua casa?					
<input type="checkbox"/>	Sim	<input type="checkbox"/>	Não		
Gosta de plantas?					
<input type="checkbox"/>	Sim	<input type="checkbox"/>	Não	<input type="checkbox"/>	Indiferente
Onde você mora é arborizado?					
<input type="checkbox"/>	Sim	<input type="checkbox"/>	Não		
Gostaria que fosse?					
<input type="checkbox"/>	Sim	<input type="checkbox"/>	Não	<input type="checkbox"/>	Indiferente
Quanto às áreas verdes, assinale os aspectos positivos e negativos, se existentes:					
Aspectos positivos			Aspectos negativos		
<input type="checkbox"/>	Fresco	<input type="checkbox"/>	Inseguro		
<input type="checkbox"/>	Agradável	<input type="checkbox"/>	Quente		
<input type="checkbox"/>	Seguro	<input type="checkbox"/>	Frio		
<input type="checkbox"/>	Bonito	<input type="checkbox"/>	Falta Sombra		
<input type="checkbox"/>	Tranquilo				
Você acha que estas áreas são benéficas para moradores e outros usuários?					
<input type="checkbox"/>	Sim	<input type="checkbox"/>	Não	<input type="checkbox"/>	Indiferente
Pontue de 1 a 10 o quanto acha que as praças e parques beneficiam os moradores e freqüentadores?					
O que sente ao descansar, passear ou contemplar uma área como esta?					
<input type="checkbox"/>	Bem-estar	<input type="checkbox"/>	Calma	<input type="checkbox"/>	Medo
<input type="checkbox"/>	Indiferente	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	Insegurança
<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	Liberdade
Problemas relacionados ao espaço:					
<input type="checkbox"/>	Não nota problemas	<input type="checkbox"/>	Insegurança, ausência de pessoas	<input type="checkbox"/>	Abandonado
<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	Iluminação inadequada
<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	Drogas
O que seria, no seu ponto de vista, um local confortável?					
<input type="checkbox"/>	Locais abertos ao ar livre, bem arborizados	<input type="checkbox"/>	Locais abertos, sem arborização		
<input type="checkbox"/>	Locais fechados ventilados	<input type="checkbox"/>	Locais fechados		
Por quê?					
<input type="checkbox"/>	Mais fresco	<input type="checkbox"/>	Mais agradável	<input type="checkbox"/>	Mais seguro
<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	Mais confortável	<input type="checkbox"/>	Mais quente
<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	Mais calmo
Quais as suas sugestões para melhorar o conforto dessas áreas?					

Ficha de OBSERVAÇÕES

--

ANEXO C – Dendrograma e Matriz de erro



Anexo C - A) Dendrograma e Matriz de Erro da classificação supervisionada da imagem total.

ANEXO D – MAPAS

Temperatura e umidade média; Temperatura mínima e umidade máxima;
Amplitude

