

ARTIGO Nº 4

**ARBORIZAÇÃO URBANA E CONFORTO TÉRMICO:
UM ESTUDO PARA A CIDADE DE CAMPINAS/SP/ BRASIL**
*URBAN ARBORIZATION AND THERMAL COMFORT:
A STUDY FOR CAMPINAS CITY/SP/BRAZIL*

LÉA YAMAGUCHI DOBBERT, HELENA CRISTINA PADOVANI ZANLORENZI

ARBORIZAÇÃO URBANA E CONFORTO TÉRMICO: UM ESTUDO PARA A CIDADE DE CAMPINAS/SP/ BRASIL

LÉA YAMAGUCHI DOBBERT *

*Arquiteta, doutoranda em Recursos Florestais pela Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” da Universidade de São Paulo, Piracicaba – SP.

E-mail: ldobbert@usp.br

HELENA CRISTINA PADOVANI ZANLORENZI **

**Arquiteta, mestranda em Recursos Florestais pela Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” da Universidade de São Paulo, Piracicaba – SP.

E-mail: helenapz@usp.br

RESUMO

O presente estudo analisou as condições de conforto térmico de duas áreas da cidade de Campinas / SP-Brasil, distintos quanto à ocupação e quantidade de arborização. Para a avaliação de conforto térmico, foram medidas as seguintes variáveis climáticas: temperatura e umidade relativa do ar, temperatura de globo e velocidade do vento, a fim de se avaliar as diferenças entre as áreas de estudo. Constatou-se que a umidade relativa e temperatura do ar apresentaram alterações devido à presença ou ausência de árvores. A sombra das árvores, ao reduzir a temperatura do ar, aumenta o conforto térmico. Os valores de PET (Physiologically Equivalent Temperature-Temperatura Equivalente Fisiológica) indicaram o Jardim das Paineiras (20,80°C PET), bairro predominantemente residencial e bastante arborizado, como sendo mais confortável que o Centro, local bastante adensado e pouco arborizado (23,60°C PET). Portanto, pôde-se constatar a influência positiva da presença de árvores no microclima urbano, ao proporcionar maior conforto térmico aos seus habitantes, indicando ainda que maior atenção deve ser à arborização urbana pelos planejadores das cidades.

Palavras-chave: conforto térmico, ambiente urbano, microclima, PET, RayMan, Campinas – SP.

URBAN ARBORIZATION AND THERMAL COMFORT: A STUDY FOR CAMPINAS CITY/SP/BRAZIL

ABSTRACT

This study analyzed the thermal comfort of two areas of Campinas city/ SP-Brazil, with different urban morphology and amount of trees. For the thermal comfort evaluation, the climatic variables air temperature, globe temperature, relative humidity and wind speed were measured in order to determine possible differences among the examined areas. It was found that temperature and relative humidity presented differences due to presence or absence of trees. The shadow of trees reduces temperature and increases thermal comfort. The values of PET (Physiologically Equivalent Temperature) indicated the Jardim das Paineiras (PET median = 20.80 °C), predominantly residential and good wooded, is more comfortable than the Downtown, quite dense and less wooded (PET median = 23.60 °C). Therefore, it could be observed a positive influence of the presence of trees in the urban microclimate, providing greater thermal comfort to its inhabitants. Therefore it can be concluded that the presence of trees in cities, as promoting thermal comfort affects positively the microclimate and indicate that more attention must be given to urban street trees by urban planners.

Keywords: *thermal comfort, urban environment, microclimate, PET, RayMan, Campinas – SP.*

INTRODUÇÃO

Uma das principais razões para os impactos ambientais adversos é a remoção de cobertura vegetal e sua substituição por várias estruturas edificadas que causam degradação ambiental, provocando desconforto térmico urbano e fragmentação dos ciclos ecológicos. A maioria destes impactos podem ser minimizados pela identificação de problemas e implementação de sistemas adequados de planejamento urbano com soluções sustentáveis (SENANAYAKE et al., 2013).

As áreas verdes podem proporcionar uma melhoria significativa na qualidade do ambiente urbano quando tratadas adequadamente; também podem ter influência positiva sobre o conforto ambiental, proporcionando melhorias no microclima. No ambiente urbano a promoção do conforto térmico é importante para satisfação de seus habitantes.

A presença de árvores em parques incentiva o desenvolvimento de atividades físicas e permite a interação social (WHITEHOUSE, 2001) onde o paisagismo pode ser a chave para a qualidade do planejamento urbano. Além disso, o contato direto ou visual com os jardins, contendo mobiliário e design adequados, pode aumentar o bem-estar de seus usuários (FONTES, 2008; OLIVEIRA e MASCARÓ, 2007).

As plantas atenuam a radiação solar e são capazes de modificar o microclima ao aumentar a umidade relativa do ar e diminuir sua temperatura (DIMOUNDI e NIKOLOPOULOU, 2003; COHEN et al., 2012). As árvores melhoram a qualidade do ar, proporcionam equilíbrio estético e sombreamento, exercendo um papel importante no estabelecimento da relação entre o homem e o meio ambiente natural, garantindo uma melhor qualidade de vida (SPIRN, 1995).

Planos de gestão de parques urbanos podem fornecer as condições ideais para a implantação e desenvolvimento das árvores e assim maximizar os benefícios ecológicos e estéticos que as áreas verdes urbanas proporcionam (MILLWARD, 2010).

Vários estudos com diferentes metodologias têm sido desenvolvidos no intuito de comprovar a influência positiva da vegetação sobre o microclima das cidades, bem como o conforto térmico de espaços abertos (ULRICH, 2002; FONTES et al., 2008; DACANAL e LABAKI, 2010; NIKOLOPOULOU e LIKOUDIS, 2003; CHENG et al., 2009).

No entanto o aumento do conforto térmico está relacionado não só ao microclima mas também à morfologia urbana e ao ambiente social, indicando uma estreita correlação entre os aspectos físicos, sociais e psicológicos, como salientam Nikolopoulou e Steemers (2003); Katzschner (2006) e Cheng et al. (2009). Neste contexto, Modna e Vechia (2003) compararam dois espaços urbanos, sendo um deles bem arborizado, e o outro, uma praça com poucas árvores. Notou-se a importância das árvores como parte contribuinte para a termorregulação, por promover a redução da temperatura do ar e o aumento da umidade relativa do ar.

O presente estudo ressalta a importância de se quantificar as interferências da arborização no meio urbano, não apenas por meio da avaliação de variáveis climáticas (temperatura e umidade relativa) mas também utilizando-se do método de avaliação de conforto térmico o PET (Physiologically Equivalent Temperature)



Figura 3 – Jardim das Paineiras, Campinas/SP/Brasil. Fonte: Google Earth (outubro, 2013). A seta branca indica o local do monitoramento das variáveis climáticas.



Figura 4 – Jardim das Paineiras. Campinas/SP/Brasil. A seta branca indica o local do monitoramento das variáveis climáticas. Fonte: autoria própria.

Medições das variáveis climáticas

Foram monitoradas a temperatura do ar (°C), a temperatura de globo (°C) a umidade relativa do ar (%) e velocidade do vento (m/s) com o auxílio de termo-anemômetro e

anemômetro digital, posicionados a 1,5 m de altura. Todas as medidas foram feitas em simultâneo, durante cinco dias no período de 9h às 17h em agosto de 2012 (período de inverno). O tempo manteve-se estável, sem chuva, durante os cinco dias de medição.

O modelo RayMan proposto por Matzarakis et al. (2007) foi utilizado para avaliação do conforto térmico nas duas áreas analisadas. Estabeleceu-se um ponto em cada bairro. Nesses pontos (Figuras 5A e 5B) foi obtido o fator de visão do céu (Sky View Factor) por meio de fotografias feitas com uma máquina fotográfica digital marca Cannon, modelo EOS XSi, provida de uma lente olho de peixe, marca SIGMA, modelo 4,5 mm DC HSM. As imagens foram importadas posteriormente para o modelo RayMan para incluir o efeito de sombreamento ao calcular os fluxos de radiação de ondas curtas e longas.

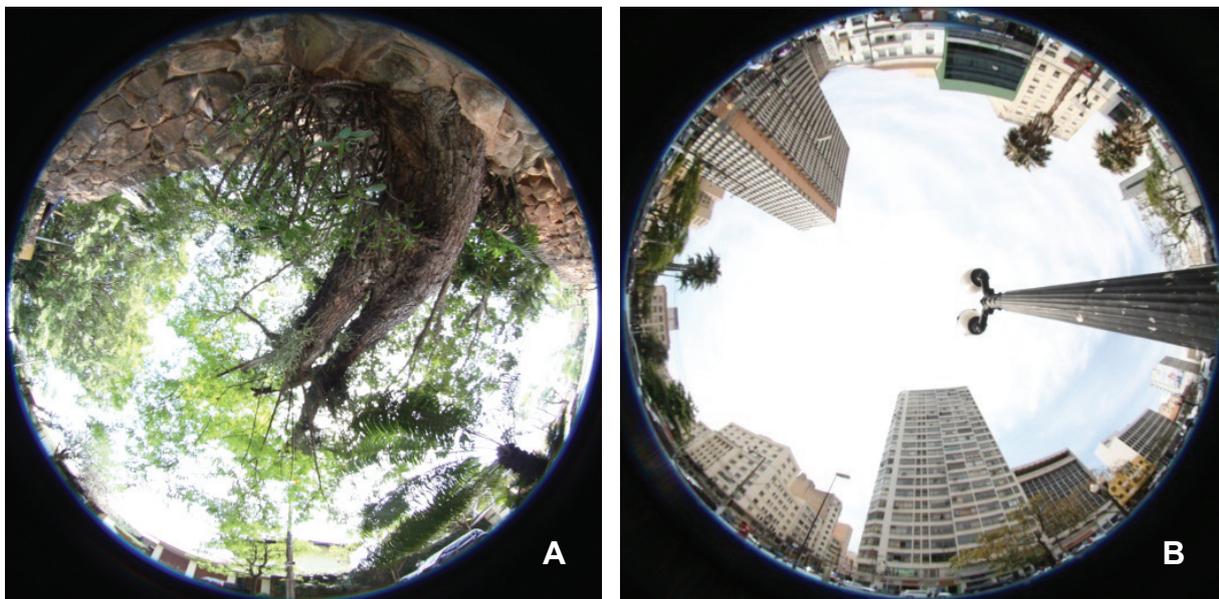


Figura 5 – Imagens olho-de-peixe dos locais de medição dos bairros Jardim das Paineiras (A) e Centro (B) para obtenção do Fator de Visão do Céu (SVF)

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Variáveis climáticas

As variáveis microclimáticas: umidade relativa do ar (%), temperatura do ar (°C) e velocidade do vento (m/s), obtidas nas áreas estudadas, contendo maior ou menor número de árvores, durante os cinco dias analisados, apresentaram diferenças significativas. A temperatura de globo permitiu o cálculo da temperatura radiante média (°C),

utilizada para a obtenção do PET. A velocidade do vento máxima medida foi de cerca de 4,50 m/s e mínima de 0,00 m/s (Tabela 1).

Tabela 1: Variáveis climáticas no centro e bairros Paineiras de Campinas/SP/Brasil

Ponto	Variável medida	Numero	Media	Desv padrão	Min	Media	Max	p-valor*
CENTRO	Umidade relativa	165	46.83	10.19	30.10	47.10	66.20	<0.0001
	Temperatura do ar	165	23.44	2.73	17.30	23.60	28.60	<0.0001
	Veloc do vento	165	1.09	0.65	0.04	0.90	4.50	<0.0001
	Temp. rad media	165	31.03	7.06	20.70	28.50	47.50	<0.0001
	PET	165	23.95	4.43	14.20	23.60	33.30	<0.0001
PAINEIRAS	Umidade relativa	165	55.45	11.71	36.30	56.30	77.10	
	Temperatura do ar	165	22.10	2.76	15.40	22.50	26.20	
	Veloc do vento	165	0.75	0.54	0.00	0.51	3.10	
	Temp. rad media	165	22.78	2.73	15.93	23.34	28.45	
	PET	165	20.51	3.10	12.20	20.80	27.00	

*Mann-Whitney

Houve diferença significativa entre as duas áreas analisadas (Campinas – Bairros Centro e Jardim Paineiras) para todos os dados climáticos, de acordo com o teste de Mann-Whitney ($p < 0,0001$). A média da umidade relativa do ar nos cinco dias analisados mostraram diferenças até 9,20% entre as duas áreas analisadas. A área que continha maior número de árvores apresentou maior umidade relativa do ar e temperatura do ar mais baixa com diferença de até 1,10°C.

A redução da temperatura devido à sombra das árvores, que absorvem e refletem a radiação solar, pôde ser constatada. Apesar de outros fatores como morfologia urbana e tipologia das edificações além dos diferentes tipos de ocupação do solo interferirem nas condições do microclima local, a presença de vegetação, como já comprovado por estudos análogos contribuiu de forma considerável para aumentar a percentagem de umidade, devido à evapotranspiração das plantas, e reduzir a temperatura do ar. Entretanto, mais estudos são necessários para que se possa isolar apenas a variável vegetação a fim de verificar a dimensão da influência da mesma nas condições do microclima local.

A Figura 6 apresenta a variação da temperatura e umidade relativa durante os dias monitorados nas duas áreas de estudo.

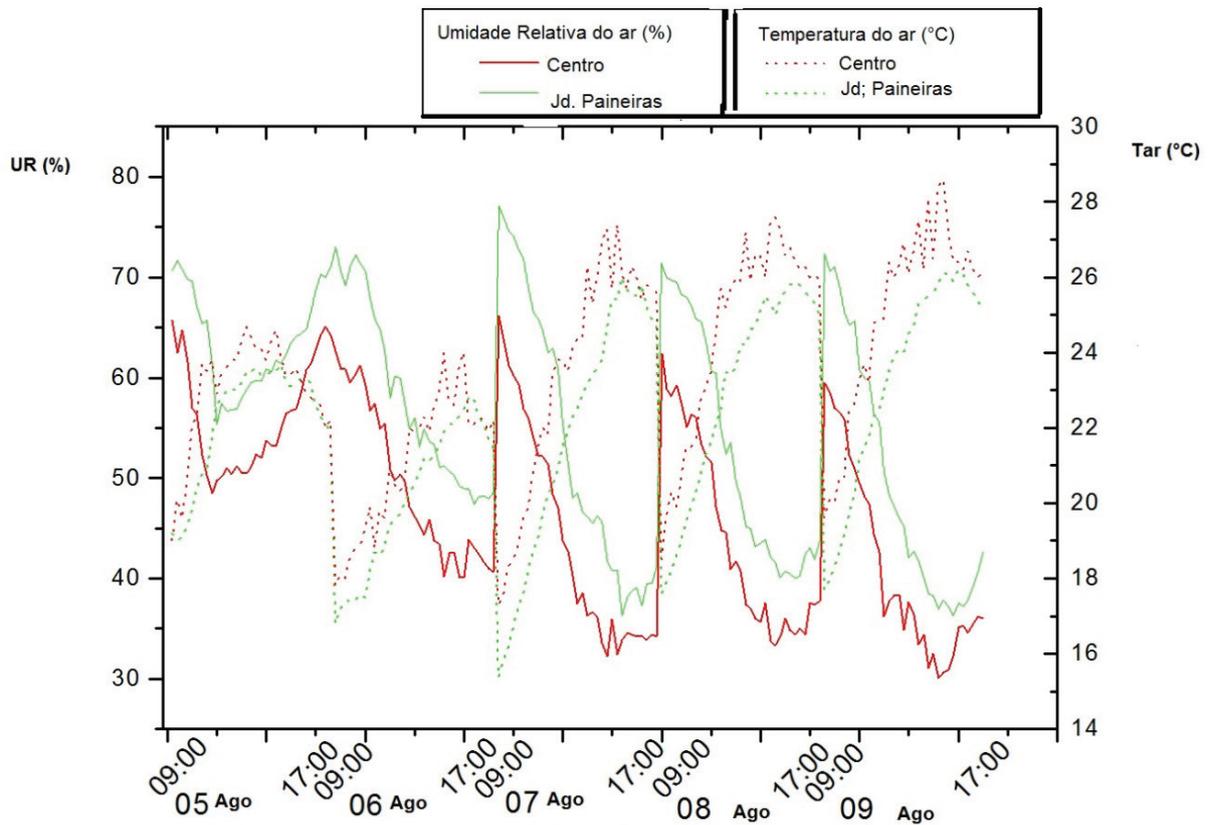


Figura 6 – Comparação de temperatura e umidade do ar no Centro e Jardim das Paineiras, na cidade de Campinas /SP/Brasil, durante cinco dias do mês de agosto de 2012.

Conforto térmico calculado

O modelo RayMan desenvolvido por Matzarakis et al (2007) foi empregado para verificar as condições térmicas das áreas analisadas, por meio do índice de conforto térmico o PET. Este índice, introduzido por Höppe (1999), de um determinado ambiente (interno ou externo), se refere a temperatura equivalente à temperatura do ar de um ambiente interno padrão (sem vento e radiação), sendo mantido o balanço de calor do corpo, com temperaturas do centro e da pele do corpo iguais às do ambiente de referência. Este índice tem sido largamente utilizado em estudos que avaliam a condição de conforto térmico em ambientes ao ar livre por considerar a interferência da temperatura radiante média, a variável climática que mais afeta o equilíbrio energético humano em dias de sol como resalta Matzarakis et al.(2007). Os resultados mostraram que o bairro Jardim das Paineiras, que contém mais árvores, tem um efeito de resfriamento superior nos valores de conforto térmico, variando de 12,2°C até 27,0°C PET, enquanto no Centro os valores de conforto térmico foram de 14,2°C até 33,3°C

PET. Considerando-se a faixa de neutralidade térmica para a cidade de São Paulo (PET entre 18 e 26°C) de acordo com Monteiro e Alucci (2009), os valores obtidos pelo modelo RayMan mostram maior conforto no Jardim das Paineiras, o bairro com mais árvores (Figura 7).

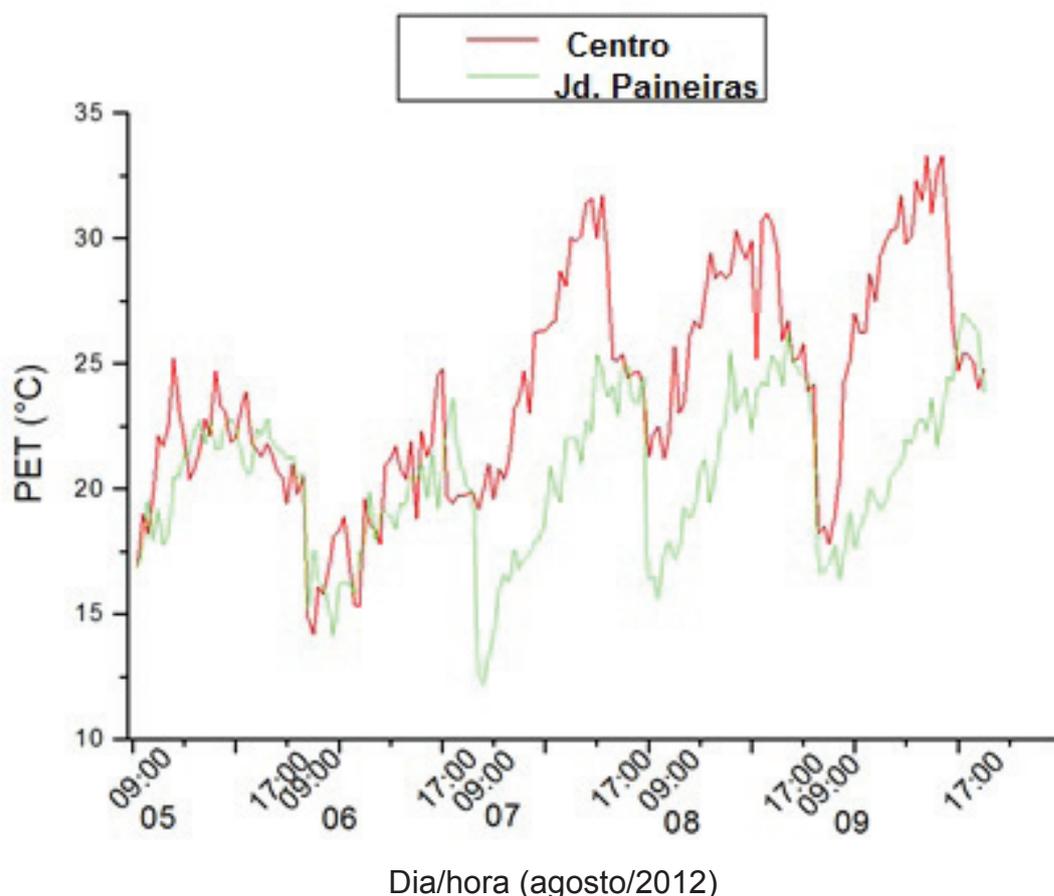


Figura 7 – Comparação dos valores de PET no Centro e Jardim das Paineiras, na cidade de Campinas /SP/Brasil, durante cinco dias do mês de agosto de 2012, calculados pelo software RayMan

CONCLUSÕES

Os resultados desta pesquisa apontaram a importância da arborização urbana nas cidades, pelo fato de melhorar o conforto térmico e proporcionar bem-estar aos seus usuários.

A eficácia da sombra das árvores na redução da temperatura e o aumento da umidade relativa do ar das áreas mais densamente arborizadas, enfatizam a importância das árvores no meio urbano como uma ferramenta eficaz para amenizar o calor.

A análise dos locais estudados mostrou que o Jardim das Paineiras (com mais árvores) apresentou temperaturas mais baixas e maior umidade relativa do ar em relação ao Centro (com menos árvores). Os valores de PET, referente ao conforto térmico calculado para um determinado local, (média = 20,80°C), indicaram o Jardim das Paineiras como sendo mais confortável que o Centro (PET média = 23,60°C).

Com base nestes resultados, foi possível observar diferença significativa entre as duas áreas analisadas. Vale ressaltar desta forma a importância da arborização urbana, desde que com quantidade significativa de elementos arbóreos, por proporcionar mudanças representativas no microclima, ao aumentar o conforto térmico para seus usuários.

As proposições iniciais que nortearam este estudo relacionadas à interferência da arborização urbana no conforto térmico humano foram confirmadas pelos resultados apresentados. Entretanto, devido à interferência de variáveis relacionadas à morfologia urbana e tipologia das edificações nas áreas em estudo, bem como os diferentes tipos de cobertura de solo, outras pesquisas são necessárias a fim de que se possa isolar a arborização para quantificar o grau de sua interferência no microclima urbano. É importante destacar a necessidade do reconhecimento pelos planejadores das cidades do valor potencial da vegetação em projetos urbanos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CHENG, V.; NG, E.; CHAN, C.; GIVONI, B. **An experiment of urban human thermal comfort in hot and humid sub-tropical city of Hong Kong under high density urban morphological conditions**, Hong Kong. In: JAPANESE-GERMAN MEETING ON URBAN CLIMATOLOGY, 2009. Freiburg. Proceedings... Freiburg, 2009.p.179-184

COHEN, P.; POTCHTER, O.; MATZARAKIS, A. **Daily and seasonal climatic conditions of green urban open spaces in the Mediterranean climate and their impact on human comfort**, Building and Environment V.51, 2012, p. 285-295

DACANAL, C.; LABAKI, L. C. **Vamos passear na floresta! O conforto térmico em fragmentos florestais urbanos**, Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 10, p.115-132, 2010

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

FONTES, M.S.G.C.; ALJAWABRA, F.; NIKOLOPOULOU, M. **Open Urban Spaces Quality: a Study in a Historical Square in Bath-UK**. In 25 th Conference on passive and Low Energy architecture - PLEA, Dublin 2008, Proceedings... CD-ROM, 7p.

KATZSCHNER, L. **Behavior of people in open spaces of thermal comfort conditions**. In: Passive and low energy architecture international conference, 23., 2006. Geneve. - PLEA, Genève. Proceedings... Genève: Université de Genève, 2006. 5p.

MILLWARD, A.; SABIR, S. **Structure of a forested urban park: Implications for strategic management.**, Journal of Environmental Management, v. 91, p. 2215-2224, 2010.

MODNA, D.; VECCHIA, F. **Calor e áreas verdes: um estudo preliminar do clima de São Carlos**; Curitiba; ENCAC-COTEDI, 2003. 8p.

MATZARAKIS, A.; RUTZ, F.; MAYER, H. **Modeling radiation fluxes in simple and complex environments- application the RayMan model**, International Journal of Biometeorology, v.51, p.323-334, 2007.

NIKOLOPOULOU, M.; LYKOUDIS, S. **Thermal comfort in outdoor urban spaces: Analysis across different European countries**. Building and Environment, Oxford, v. 41, p. 1455-1470, 2006.

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

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

OLIVEIRA, L. A.; MASCARÓ, J. J. **Análise da qualidade de vida urbana sob a ótica dos espaços públicos de lazer**. Ambiente Construído, v. 7, n. 2, p. 59 – 69, 2007.

SENANAYAKE, I. et al. **Remote sensing based analysis of urban heat islands with vegetation cover in Colombo city**, Sri Lanka using Landsat-7 ETM+ data. UrbanClimate, v.5 p. 19-35, 2013.

SPIRN, A. W. **O Jardim de Granito: a natureza no desenho da cidade**. São Paulo: Edusp, 1995, 360p.

ULRICH, R. S. **Health Benefits of Gardens in Hospitals.** Paper for conference, Plants for People, International Exhibition Floriade, 2002, 10p.

WHITEHOUSE, S.VARNI, J. W.,SEID,M.,COOPER-MARCUS C., ENSBERG, M.J., JACOBS,J.R., MEHLENBECK, R.S. **Evaluating a children’s hospital garden environment: Utilization and consumer satisfaction.** Journal of Environmental Psychology, v.21, p.301-314, 2001.