



6 a 8 de outubro de 2010 - Canela RS

ENTAC 2010

XIII Encontro Nacional de Tecnologia
do Ambiente Construído

O EFEITO DA DISPOSIÇÃO DE INDIVÍDUOS ARBÓREOS DA ESPÉCIE *CAESALPINIA PELTOPHOROIDES* (SIBIPIRUNA) NO MICROCLIMA

Loyde Vieira de Abreu (1); Lucila Chebel Labaki (2);

(1) Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo - FEC- UNICAMP, Caixa Postal 6021,
CEP 13083-970, Campinas, São Paulo, Brasil, FAX +55 (19) 3521-2422

e-mail: lucila@fec.unicamp.br

(2) Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo - FEC- UNICAMP, Caixa Postal 6021,
CEP 13083-970, Campinas, São Paulo, Brasil, FAX +55 (19) 3521-2422

e-mail:loyde@fec.unicamp.com.br;

RESUMO

Os agrupamentos arbóreos são capazes de intensificar o raio de influência de um indivíduo arbóreo isolado no microclima. Porém, existem poucos dados conhecidos sobre a quantificação desses benefícios trazidos pelas diferentes disposições das árvores. O objetivo deste trabalho é avaliar o efeito de indivíduos arbóreos agrupados e isolados da espécie *Caesalpinia peltophoroides* (Sibipiruna) na atenuação da radiação e conforto térmico. Foram coletados dados temperatura do ar, umidade relativa do ar e vento, em diferentes distâncias – sombra, 10m, 25m e 50m – e a radiação solar incidente foi medida com solarímetros de tubo, em dois pontos, à sombra e ao sol. As medições foram realizadas no período diurno, do amanhecer ao anoitecer, durante três dias, espaçados ao longo do ano, em diferentes estações. A análise dos dados compreendeu o cálculo da atenuação da radiação solar incidente e do conforto térmico pelos índices PET, PMV e Carta Bioclimática Tridimensional para a região de Campinas, Brasil. Para cada indicador, foi calculado o número de horas de conforto proporcionado pelo mesmo, nas diferentes condições. O agrupamento arbóreo é capaz de atenuar a radiação solar cerca de 10 % a mais que a árvore isolada no verão e cerca de 15% no inverno. O agrupamento também proporciona melhores condições de conforto do que um indivíduo arbóreo isolado. A principal contribuição deste estudo é o efeito da disposição do plantio de indivíduos arbóreos no controle da radiação solar e conforto térmico no ambiente construído.

Palavras-chave: Conforto térmico em ambientes externos, Arborização urbana, Vegetação e Clima

1. INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, a preocupação com a arborização urbana e seus benefícios no ambiente construído vem sendo reduzida tanto em áreas a serem loteadas como naquelas já consolidadas. Os novos empreendimentos urbanísticos nem sempre vislumbram locais adequados para o plantio de indivíduos arbóreos. Em outros casos, as árvores são retiradas para dar lugar às vias a fim de resolver os problemas de mobilidade urbana causado pelo aumento da circulação de veículos. Numa escala microclimática, a troca da cobertura vegetal por elementos como edificações e pavimentações influencia diretamente no conforto térmico dos indivíduos (OKE, 1978; SANTAMOURIS, 2001; GULYÁS, UNGER, MATZARAKIS, 2006). Assim também, muitas pesquisas estudaram o efeito benéfico da sombra das árvores que é capaz de regular a radiação solar no ambiente construído (GIVONI, 1992; BUENO-BARTHOLOMEI, 2003; MORENO, NOGUCHI, LABAKI, 2007, ABREU, LABAKI 2008). Porém, existem poucos estudos que avalie a contribuição da disposição de agrupamentos arbóreos no microclima urbano.

Há uma relação entre a melhoria do microclima proporcionado pelas características ligadas às espécies arbóreas – copa, textura, disposição dos elementos da árvore, fisco-ecológicas - e ao ambiente natural – composição, densidade, área ocupada, disposição dos indivíduos.

Visando identificar as características formais das árvores, Sattler, Sharples e Page (1987) modelaram a sombra de uma árvore e seus efeitos sobre as superfícies, considerando a inclinação do sol e a posição do sombreamento. Neste trabalho foram definidos os tipos de sombreamento (esférico, cilíndrico, cônico vertical ou cone invertido e suas combinações), sempre considerando a radiação incidente, transparência das árvores entre outros dados específicos de cada espécie.

Outros estudos verificaram o comportamento densidade da copa ao longo do ano. Canto e Silva (1994) verificaram que os indivíduos arbóreos analisados atenuaram menos luz no inverno, 19,2% do que no verão, 90, 2%. Bueno-Bartholomei (1998, 2003) comparou Sombreiro (*Clitoria fairchildiana*) e Cedro-rosa (*Cedrela fissilis*) com e sem folha, e os desempenhos de atenuação encontrados foram, respectivamente, 78,6% (com folhas) e 70,2% (sem folhas), 75,6% (com folhas) e 29,9% (sem folhas). Abreu e Labaki (2008) compararam a espécie Ipê-Amarelo (*Tabebuia Chrysotricha*) em três situações, com folhas, sem folhas e com flores, e o percentual de atenuação encontrada foram, respectivamente, 81,7%, 46,1%, 51,4%. A variação da atenuação da radiação solar pela copa das árvores contribui significativamente para melhores sensações de bem-estar nas diferentes estações.

A disposição das árvores no ambiente natural tem a função de compor a paisagem e, em propostas qualitativas, de vislumbrar o conforto ambiental (MACEDO, 1992; ABBUD, 2006). Peixoto, Labaki e Santos (1995) caracterizaram a disposição de indivíduos arbóreos baseado na produção de sombra. Neste estudo as autoras concluíram densidade, volume e opacidade da copa, bem como a estratégia de plantio variam em função dos arranjos resultantes, figura 01. No ambiente construído, a disposição dos indivíduos arbóreos depende das características dos espaços disponíveis tais como a dimensão de praças, vias e calçadas, o tipo de pavimentação e a infra-estrutura urbana (DEMETRIO *et al.*, 2000).

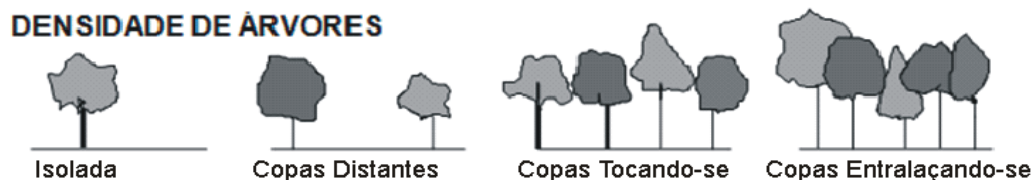


Figura 01 – Características ligadas à densidade, disposição e forma de conjuntos arbóreos (Adaptado de Peixoto, Labaki e Santos, 1995)

A importância deste estudo reside na quantificação da contribuição da disposição dos indivíduos arbóreos no microclima urbano da cidade de Campinas, Brasil. Este trabalho é uma continuidade ao estudo sobre a influência da vegetação no conforto térmico urbano e no ambiente construído de Abreu e Labaki (2008) e Labaki e Santos (1996).

2. OBJETIVOS

Este presente trabalho tem como premissa avaliar a contribuição do sombreamento da espécie *Caesalpinia peltophoroides* (Sibipiruna) nas sensações de bem estar. Objetivou-se, também, estabelecer uma relação entre a disposição das árvores, agrupada e isolada, e a atenuação da radiação solar e a bem como, uma relação entre a disposição dos indivíduos arbóreos e o raio de influência do conforto térmico.

O artigo apresenta, ainda, a metodologia de coleta dos parâmetros ambientais e a forma de análise dos dados, na seção 3; os resultados, na seção 4; e, na seção 5, a conclusão o trabalho.

3. MÉTODOS DE COLETA DE DADOS

3.1 Clima de Campinas

Campinas está localizada a 22°48'57"S, 47°03'33"W e com altitude de 640m. O clima da cidade é classificado como tropical de altitude, sendo a média anual da temperatura do ar de 22,3° C, índice pluviométrico anual de 1411 mm, com a predominância de chuvas nos meses de novembro a março e períodos de estiagem de 30 a 60 dias nos meses de julho e agosto.

3.2 Seleção das escalas

As escalas adotadas nesta pesquisa foram microclimática e instantânea, que permitem avaliar as condições de tempo e sua influência no entorno imediato em dias com poucas nuvens no céu (BUENO, 1998; BUENO-BARTHOLOMEI, 2003). A escala microclimática avalia o grau de influencia “*in loco*” de diferentes indivíduos arbóreos, sob um determinado tipo de solo, na atenuação da radiação solar e da variação da temperatura do ar e de globo e da umidade relativa do ar (PEREIRA, ANGELOCCI e SENTELHAS; 2002).

3.3 Seleção dos locais de medição e dos indivíduos arbóreos das espécies selecionadas

A escolha das espécies arbóreas baseou-se no guia de recomendação para arborização urbana da Prefeitura Municipal de Campinas (PREFEITURA, 2007) e naqueles indivíduos comumente disponíveis na região. Os indivíduos arbóreos selecionados foram encontrados em idade adulta e seguindo as características morfológicas da espécie definidas por LORENZI, 2002; 2003. Os indivíduos selecionados estão dispostos numa área livre de interferência de elementos externos tais como outras árvores e edificações e situados em locais onde a topografia é pouco acidentada, livre de superfícies pavimentadas. Os indivíduos arbóreos avaliados nesse estudo estão situados na Fazenda Rio das Pedras, dentro a área urbana no município de Campinas, SP.

A figura 02 apresenta as características dos indivíduos arbóreos selecionados da espécie *Caesalpinia peltophoroides* (Sibipiruna).



Caule



Folha

- Altura aprox. da árvore: 12,35 m
- Altura do fuste: 2,93 m
- DAP médio: 57,5 cm
- Cor do Tronco: marrom claro
- Rugosidade do Tronco: pouco
- Diâmetro da Copa: 17,35 m
- Densidade da Copa: média
- Comprimento da Folha: 1,5 cm
- Largura da Folha: 0,8 cm
- Cor da Folha: verde médio

Figura 02 – Característica dos indivíduos arbóreos analisados

A figura 03 apresenta as características do agrupamento segundo Peixoto, Labaki e Santos (1995). A figura 04 mostra os indivíduos arbóreos analisados.

- Composição: Pura/ Heterogenia
- Densidade: agrupamentos em conjuntos densos;
- Disposição dos indivíduos: intersectante;
- Forma: linear;
- Número de indivíduos: 24 árvores;
- Distância média entre elas: 5m (entre árvores) x 7,5 m (largura da rua).



Figura 03 – Característica do agrupamento arbóreo analisado (Adaptado de Peixoto, Labaki e Santos, 1995)



Árvore isolada



Agrupamento

Figura 04 – Indivíduos arbóreos analisados da espécie *Sibipiruna* (*Caesalpinia peltophoroides*)

3.4 Levantamentos dos Parâmetros Ambientais

Os equipamentos foram fixados a um tripé na altura de 1,50m: um registrador de temperatura e umidade relativa do ar, modelo Testo 175, protegido da radiação; um sensor de temperatura, modelo Testo 175-T2, e um sensor de temperatura modelo Testo 0613 1711 adaptado ao globo; um anemômetro/termômetro digital Testo 445 com sensor 0635-1549 acoplado a um tripé. Os dados foram registrados de dez em dez minutos, no período de 12 horas, das 6h até 18h.

A medição da radiação solar é realizada através de dois solarímetros de tubo, modelo TSL, da DELTA-T Devices, dispostos ao sol e à sombra. Os sensores desse equipamento são conectados a um integrador da mesma marca, modelo DL2, para a coleta automática dos dados. Os dados são registrados de 10 em 10 minutos. O solarímetro situado à sombra tem sua posição alterada três vezes ao dia (às 9h, 12h e 15h) acompanhando o sombreamento da copa da árvore. A figura 05 mostra os equipamentos utilizados na coleta dos dados.



Registradores acoplados ao tripé



Anemômetro acoplado ao tripé



Solarímetro de Linear, Delta-T TSL



Registrador Delta DL2 Datalogger

Figura 05 – Equipamentos utilizados na coleta de dados (Abreu, 2008)

Os parâmetros ambientais coletados do indivíduo arbóreo foram: temperatura do ar, temperatura de globo, umidade relativa do ar, em 4 posições fixas – à sombra, a 2,5m, e ao sol, a 10m, 25m e 50m do tronco da árvore – e velocidade do vento, em 1 posição fixa – a 15m do tronco da árvore.

Os registradores acoplados ao tripé foram posicionados para o norte, evitando sombreamento da própria árvore estudada ao longo do dia, conforme a locação dos equipamentos no indivíduo arbóreo isolado e agrupado, figura 06.

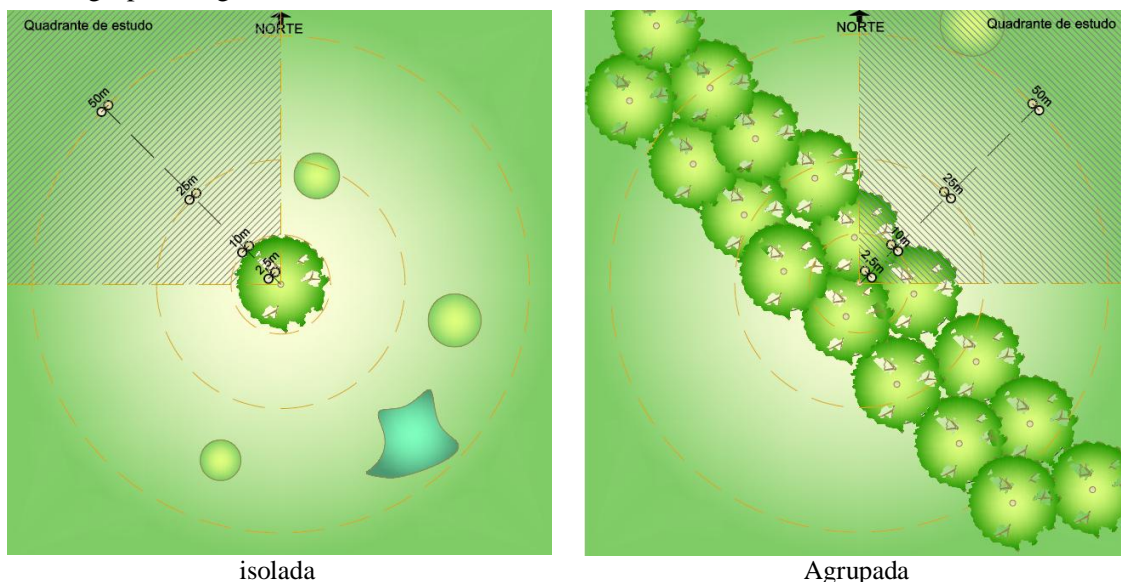


Figura 06 – Posicionamento dos registradores nos indivíduos arbóreos estudados

Durante a locação dos pontos de medição, considerou-se para análise um quadrante de estudo que tivesse cobertura vegetal, grama ou capim, com altura máxima de 15 cm, e livre de obstáculos. As medições foram realizadas em dois períodos: inverno e verão dos anos de 2008 e 2009. O período de medição durante cada estação é de três dias típicos – dias com predominância de sol e ausência de chuvas.

3.5 Tratamento dos Dados

A porcentagem de radiação atenuada pelos indivíduos arbóreos, isolado e agrupados, foram obtidos pela metodologia de Bueno (1998), que consiste em fazer medições das variáveis climáticas e da radiação solar a sombra e ao sol simultaneamente, de acordo com a expressão (01):

$$AT = ((S_{\text{sol}} - S_{\text{sombra}}) / S_{\text{sol}}) \times 100 \quad (01)$$

onde, AT é atenuação da radiação solar (%); S_{sol} é a área do gráfico, que fornece a energia total incidente (kW.h/m^2), coletado pelo solarímetro ao sol, no intervalo de tempo considerado (o dia todo); e S_{sombra} é a área do gráfico, que fornece a energia total incidente (kW.h/m^2), coletado pelo solarímetro à sombra, no intervalo de tempo considerado (o dia todo).

O conforto térmico foi calculado por três formas diferentes – Voto médio estimado (PMV) de Fanger (1970), Temperatura equivalente fisiológica (PET) de Höppe (1999) e Carta Bioclimática Tridimensional para Clima Tropical de Altitude de Moreno, Noguchi e Labaki (2007).

Para calcular o PET e PMV simultaneamente, foi utilizado o *software Rayman* 1.2 desenvolvido por Matzarakis, Rutz e Mayer (2006). Nesse programa são inseridos dados do dia (data e hora), dados geográficos (latitude, longitude, altitude), dados meteorológicos (temperatura do ar, velocidade do vento, umidade relativa do ar, bem como os fluxos de radiação de onda longa e curta), dados termofisiológico (atividade e roupas) e dados específicos de cada indivíduo (altura, peso, idade e sexo), assim como informações adicionais sobre os obstáculos, como as dimensões de árvores (espécies decíduas ou coníferas). O software permite também a inserção de foto com lentes olho de peixe (*fish-eye*) do local de medição. Os dados de saída final do programa são os índices PMV e PET a partir do cálculo da temperatura radiante média necessária para o balanço de energia humano.

Para o cálculo de conforto térmico pela Carta Bioclimática Tridimensional para Clima Tropical de Altitude de Moreno, Noguchi e Labaki (2007), os dados climáticos de cada hora foram inseridos no

sistema cartesiano do *software AutoCad 2007*, onde a temperatura do ar refere-se ao eixo “X”, a umidade relativa do ar, “Y” e a velocidade do vento, “Z”. O ponto que estiver dentro do volume da área de conforto é considerado como confortável. A imagem gerada foi trata pelo programa *CorelDraw 11*.

A partir dos dados coletados *in loco*, a cada hora, foram calculados os três índices, PMV, PET e Carta Bioclimática Tridimensional. Os resultados obtidos a cada hora, que se encontraram no intervalo pouco frio a pouco calor (-1 a 1) das sensações térmicas do quadro de equivalência (tabela 01) desenvolvida por Abreu e Labaki (2009), foram considerados como uma Unidade de Hora Confortável (UHC). Os valores considerados para o índice PET foram aqueles valores calibrados por Monteiro e Alucci (2008).

Tabela 01 – Quadro de Equivalência dos índices PMV, PET e Carta Bioclimática Tridimensional

PMV	PET (°C)	Carta Bioclimática Tridimensional			Sensação térmica
		Ta (°C)	Ur (%)	v (m/s)	
- 1	15	---	---	---	Pouco Frio
- 0,5	18	---	---	---	Levemente Fresco
0	20,5	25 a 26	77 a 71	0 a 2,33	Confortável
0,5	23	26 a 28,4	70 a 58,5	2,34 a 3,69	Levemente Cálido
1	28,5	28,5 a 33,5	58,6 a 43	2,34 a 3,69	Pouco Calor

4. RESULTADOS

A figura 07 e 08 mostra o gráfico dos valores encontrados da radiação incidente e atenuada ao longo do dia nas situações isolada e agrupada no verão e no inverno, respectivamente. A tabela 02 apresenta do percentual da atenuação da radiação solar e erro padrão das médias das atenuações (α) para os indivíduos arbóreos analisados nas disposições estudadas (isolada e agrupada) e nas estações inverno e verão.

Tabela 02 – Atenuação da Radiação Solar: Sibipiruna (*Caesalpinia peltophoroides*): isolada

Espécies	Atenuação (%)	α
VERÃO – 28 a 30/04/2009		
Sibipiruna – isolada (<i>Caesalpinia peltophoroides</i>) : verão	83,89%	$\pm 0,21$
Sibipiruna – agrupada (<i>Caesalpinia peltophoroides</i>) : verão	94,23%	$\pm 0,25$
INVERNO – 13 a 15/07/2009		
Sibipiruna – isolada (<i>Caesalpinia peltophoroides</i>) : inverno	69,54%	$\pm 1,76$
Sibipiruna – agrupada (<i>Caesalpinia peltophoroides</i>) : inverno	84,61%	$\pm 0,28$

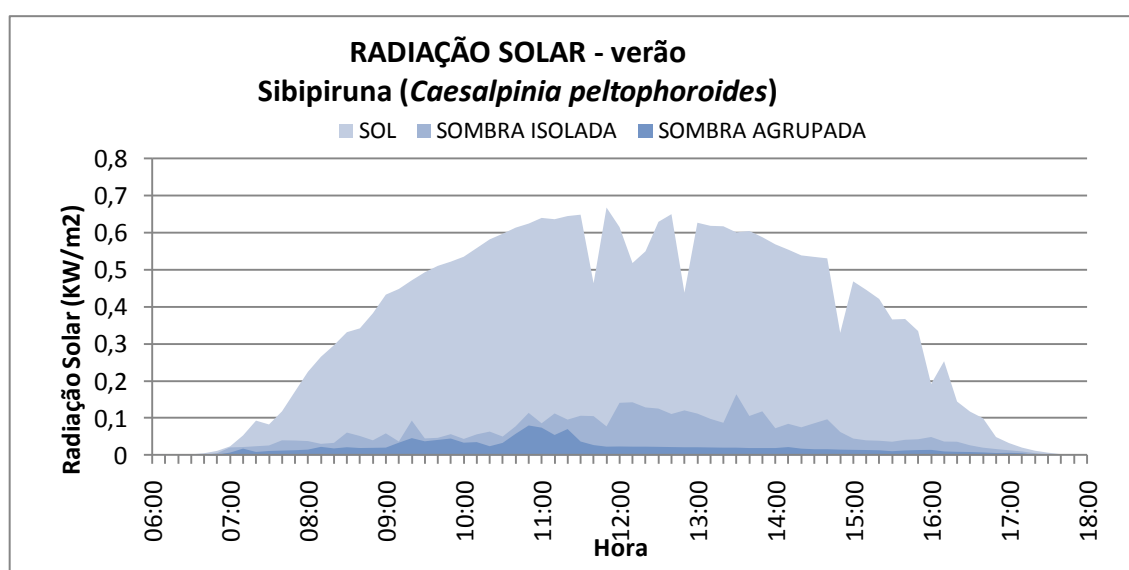


Figura 07 – Radiação solar ao sol e a sombra da Sibipiruna (*Caesalpinia peltophoroides*) no verão

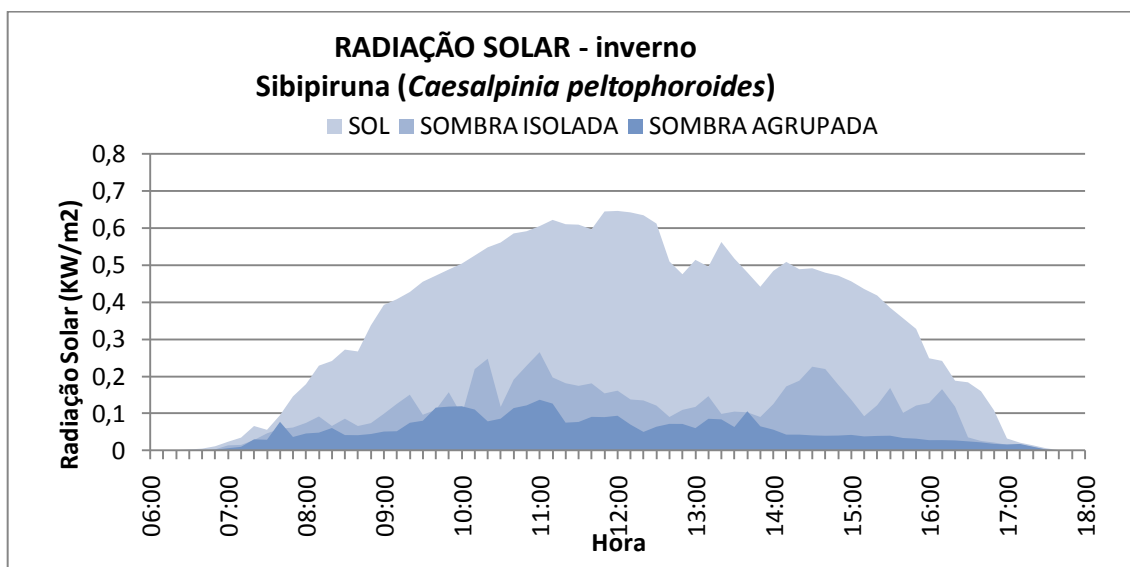


Figura 08 – Radiação solar ao sol e a sombra da Sibipiruna (*Caesalpinia peltophoroides*) no inverno

Analisando os dados obtidos, observou-se uma média de atenuação da radiação solar no verão igual a 83,89% para o indivíduo arbóreo isolado, e 94,23% para o agrupamento. Já no inverno, época que a árvore perde parte das folhas, encontrou-se 69,54% para indivíduo isolado e 84,61% para o agrupamento.

Tabela 03 – Resultado dos índices de conforto para Sibipiruna (*Caesalpinia peltophoroides*) isolada - Inverno

Sibipiruna (<i>Caesalpinia peltophoroides</i>) isolada- inverno												
Lugar	Sombra						10m					
	PMV		PET		Carta		PMV		PET		Carta	
Hora	Result.	UHC	Result.	UHC	Result.	UHC	Result.	UHC	Result.	UHC	Result.	UHC
06:00	-1,8	0	-2	0	0	0	-1,8	0	-2	0	0	0
07:00	-2,4	0	-2	0	0	0	-2,5	0	-2	0	0	0
08:00	-2,4	0	-2	0	0	0	-2,1	0	-2	0	0	0
09:00	-1,5	0	-2	0	0	0	-1	0	-2	0	0	0
10:00	-0,9	1	-2	0	0	0	-0,4	1	-0,5	1	0	0
11:00	-0,4	1	-0,5	1	0	0	0	1	0	1	0	0
12:00	0	1	0	1	0	0	0,5	1	1	1	1	1
13:00	0,1	1	0	1	0	0	0,7	1	1	1	0	0
14:00	0,1	1	0	1	0	0	1,1	0	1	1	0	0
15:00	0,5	1	0,5	1	0	0	1,2	0	1	1	0	0
16:00	0,4	1	0,5	1	0	0	1	1	1	1	0	0
17:00	0,2	1	0,5	1	0	0	0,1	1	0	1	0	0
18:00	-0,1	1	0	1	0	0	-0,2	1	-0,5	1	0	0
Lugar	25m						50m					
	PMV		PET		Carta		PMV		PET		Carta	
Hora	=	UHC	Result.	UHC	Result.	UHC	Result.	UHC	Result.	UHC	Result.	UHC
06:00	-1,8	0	-2	0	0	0	-1,8	0	-1,8	0	0	0
07:00	-2,6	0	-2	0	0	0	-2,6	0	-2,6	0	0	0
08:00	-2,4	0	-2	0	0	0	-2,1	0	-2,4	0	0	0
09:00	-1	0	-2	0	0	0	-1	0	-1	0	0	0
10:00	-0,4	1	-0,5	1	0	0	-0,3	1	-0,4	1	0	0
11:00	0,1	1	0	1	0	0	0,3	1	0,1	1	0	0
12:00	0,6	1	1	1	1	1	0,8	1	0,6	1	0	0
13:00	0,9	1	1	1	0	0	1	1	0,9	1	0	0
14:00	0,8	1	1	1	0	0	0,9	1	0,8	1	0	0
15:00	1,3	0	1	1	0	0	1,4	0	1,3	0	0	0
16:00	1	1	1	1	1	1	0,6	1	1	1	1	1
17:00	0,1	1	0	1	0	0	0	1	0,1	1	0	0
18:00	-0,3	1	-0,5	1	0	0	-0,3	1	-0,3	1	0	0

Para analisar os resultados dos índices PET, PMV e Carta Bioclimática Tridimensional para Clima Tropical de Altitude, foi construída a tabela 03 contendo as horas analisadas do dia, os valores correspondentes para as sensações térmicas segundo o quadro de equivalência dos índices e suas respectivas UCH's. Essa tabela apresenta os resultados para Sibipiruna (*Caesalpinia peltophoroides*) isolada no inverno e exemplifica a forma como foi estabelecida a equivalência das sensações térmicas dos índices e a quantificação do UHC para cada hora.

A partir dos resultados de UHC demonstrados na tabela 03 em diferentes distâncias, criou-se um gráfico resumo comparativo da disposição dos indivíduos arbóreos (isolada e agrupada) da espécie Sibipiruna (*Caesalpinia peltophoroides*) no inverno e no verão, figura 09.

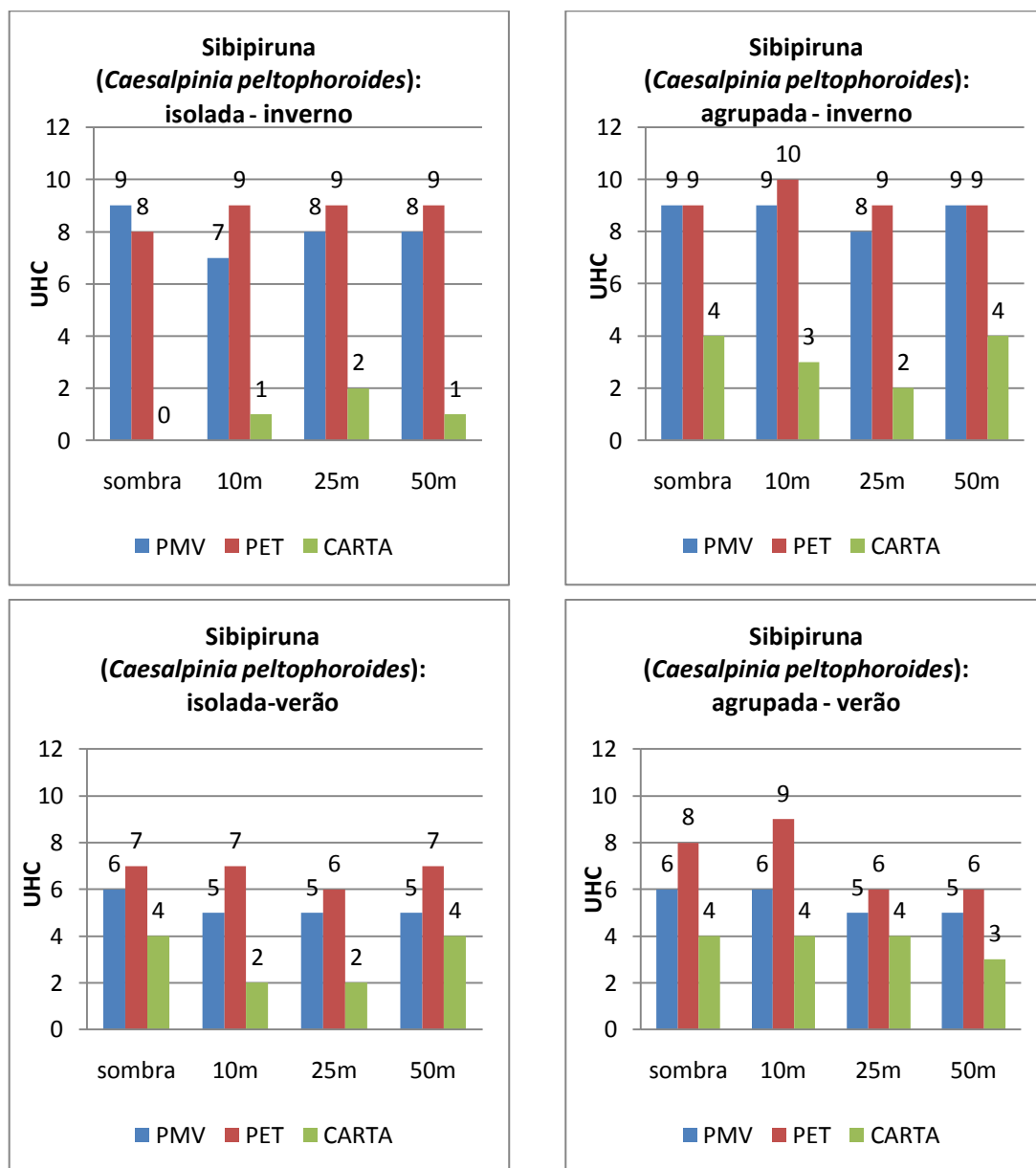


Figura 11 – Comparação dos resultados de UHC para cada índice pela espécie Sibipiruna (*Caesalpinia peltophoroides*) agrupada e isolada, no verão e no inverno

Na disposição isolada da espécie em estudo, os intervalos de valores obtidos pelos índices PMV, PET e Carta Bioclimática Tridimensional mostram uma variação máxima de 8 UHC's no inverno e 3 UHC's no verão. Enquanto na disposição agrupada, os intervalos dos valores obtidos pelos índices variam até 6 UHC's no inverno e 2 UHC's no verão.

No inverno e no verão, o agrupamento arbóreo obteve mais UHC's à sombra do que o indivíduo arbóreo isolado em todos os índices. No inverno e no verão, os valores obtidos de UHC's pelo índice

PMV foram iguais a sombra das duas disposições, agrupada e isolada. Pela Carta Bioclimática Tridimensional, a repetição dos valores de UHC's para as duas disposições ocorreu apenas no verão. Na distancia 10m da disposição agrupada, obtive o maior UHC's nas duas estações (inverno e verão). No verão, os valores de UHC's pelo índice PMV e Carta Bioclimática Tridimensional a sombra e a 10 metros são iguais. Conclui-se que o agrupamento arbóreo influencia mais no entorno imediato, 10m, do que na sombra no período de verão. Esses resultados comprovam que as propriedades de melhorias de conforto dos indivíduos arbóreos agrupados não se limitam a projeção da copa.

5. CONCLUSÕES

Este estudo apontou que à sombra das árvores proporcionou maiores sensações de conforto durante o período de inverno do que no verão. Este fenômeno ocorre devido às temperaturas mais amenas do inverno e a atenuação da radiação solar pela copa das árvores é menor no inverno do que no verão.

A percentagem de atenuação da radiação solar do agrupamento arbóreo é cerca de 10% a mais que a árvore isolada, no verão, e 15% a mais, no inverno. Consequentemente, a sombra do agrupamento arbóreo é capaz de proporcionar maiores sensações de conforto térmico do que à sombra do indivíduo arbóreo isolado nas duas estações. Porém, o agrupamento arbóreo é capaz de proporcionar mais sensações de conforto a 10m do que a sombra.

Os resultados deste estudo comprovam que a arborização urbana é muito importante no controle da radiação solar nas ruas, reduzindo a emissão de radiação de onda longa que provocam as ilhas de calor. Assim também, os agrupamentos arbóreos contribuem para a melhoria do conforto térmico no ambiente construído, no qual a sua influência não se restringe a projeção da copa. Logo, esse efeito beneficia tanto o interior das quadras quanto edificações próximas aos agrupamentos.

O estudo do comportamento da Sibipiruna (*Caesalpinia peltophoroides*), comum na cidade de Campinas, SP, em diferentes disposições é muito importante para os planejadores e pesquisadores do ambiente construído. Esses dados devem ser incorporados no processo de planejamento ou intervenções dos espaços abertos, aproveitando-se com inteligência os benefícios das árvores, visando à melhoria da qualidade de vida das pessoas.

6. REFERÊNCIAS

- ABBUD, B., **Criando Paisagens: Guia de trabalho em arquitetura paisagística**. São Paulo, SP: Senac, 3ª ed. 2007.
- ABREU, L. V., Estudo do raio de influência da vegetação no microclima por diferentes espécies arbóreas. Campinas, 2008, 154 f. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas.
- ABREU, L. V.; LABAKI, L. C., Avaliação do termo-regulação em diferentes espécies arbóreas. In: XII ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 2008, Fortaleza, **Anais...** Fortaleza: ANTAC, 2008. CD ROM.
- ABREU, L. V.; LABAKI, L.C.; Comparação de métodos de conforto térmico em ambientes externos para avaliação do raio de influência de espécie arbórea decídua. In: X ENCONTRO NACIONAL DE E VI LATINO AMERICANO DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 2009, Natal. **Anais...** Natal: ANTAC, 2009. CD ROM.
- AHMED, K. S.; Comfort in urban spaces: defining the boundaries outdoor thermal comfort for the tropical urban environments. **Energy and Buildings**, [S.I.], v. 35, p. 103-110, 2003.
- BUENO-BARTHOLOMEI, C. L., Influência da vegetação no conforto térmico urbano e no ambiente construído. Campinas, SP, 2003. 189 f. Tese (Doutorado) - Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Campinas.
- BUENO, C. L., Estudo da atenuação da radiação solar incidente por diferentes espécies arbóreas. Campinas, SP, 1998. 177 f. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Federal de Campinas.
- CANTO, A.C.; SILVA, S. E. L.; Comportamento de espécies florestais em povoamento puro na região de Manaus-AM. **Ciências Agrárias - UA**, Manaus, AM, v. 3, p. 37-48, 1994.

- DEMETRIO, V. A. ; CHADDAD, J. ; LIMA, A. M. L. P. ; CHADDAD JR, J. , Composição Paisagística em Parques e Jardins. Piracicaba/SP: FEALQ, 2000. 103 p
- FANGER, P., **Thermal comfort**. New York: McGraw-Hill, 1970.
- GIVONI, B., Comfort, climate analysis and building design guidelines. **Energy and Building**, Amsterdam, v. 18, 1992.
- GULYÁS, A.; UNGER, J.; MATZARAKIS, A., Assessment of the microclimatic and thermal comfort conditions in a complex urban environment: modeling and measurements. **Building and Environment**, v. 41, p. 1713-1722, 2006.
- HÖPPE, P., The physiological equivalent temperature – a universal index for the biometeorological assessment of the thermal environment. **International Journal of Biometeorology** , Dordrecht, v. 43, p. 71-75, 1999.
- INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION, **ISO 7730**; Moderate thermal environments-determination of the PMV and PPD indices and specification of the conditions for thermal comfort. Geneva, 1994.
- LABAKI, L. C., SANTOS, R. F., 1996, *Conforto térmico em cidades: efeito da arborização no controle da radiação solar. Projeto FAPESP*. Faculdade de Engenharia Civil, UNICAMP.
- LORENZI, H., **Árvores exóticas no Brasil: madeireiras, ornamentais e aromáticas**. Nova Odessa, SP: Instituto Plantarum de Estudos da Flora, 2003. 368 p.
- LORENZI, H., **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. Nova Odessa, SP: Instituto Plantarum de Estudos da Flora, 2002. 368 p.
- MACEDO, S. S., A vegetação como elemento de projeto. **Paisagem e Ambiente - Ensaios**, FAUUSP, São Paulo, v. IV, 1992.
- MATZARAKIS, A.; MAYER, H.; IZIONMON, M. G., Applications of a universal thermal index: physiological equivalent temperature. **International Journal of Biometeorology**, v. 43, p. 76-84, 1999.
- MONTEIRO, L. M.; ALUCCI, M. P., Modelos preditivos de estresse termo-fisiológico: estudo empírico comparativo em ambientes externos. *In: XII ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA NO AMBIENTE CONSTRUÍDO*, 2008, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: ANTAC, 2008. CD ROM.
- MORENO, M. M.; NOGUCHI, E; LABAKI, L. C., Índice de Conforto Térmico para áreas externas em Clima Tropical De Altitude. *In: IX ENCONTRO NACIONAL DE E V LATINO AMERICANO DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO*, 2007, Ouro Preto. **Anais...** Ouro Preto: ANTAC, 2007. CD ROM.
- PEIXOTO, M. C.; LABAKI, L. C; SANTOS, R. F.; Conforto Térmico nas Cidades: Avaliação de Efeitos da Arborização no Controle da Radiação Solar. *In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE CONFORTO NO AMBIENTE CONTRUÍDO*, 1995, Rio de Janeiro, RJ. **Anais...** Rio de Janeiro, RJ: ANTAC, 1995. p. 629-634.
- PEREIRA, A. R.; ANGELOCCI, L. R.; SENTELHAS, P. C. **Agrometeorologia: Fundamentos e Aplicações Práticas**. Guaíba: Livraria e Editora Agropecuária, 2002. 478 p.
- PREFEITURA MUNICIPAL DE CAMPINAS. **Guia de arborização urbana de Campinas**. Campinas, 2007. 69p.
- SANTAMOURIS, M., **Energy and climate in the urban built environment**. Londres: James & James, 2001. 402 p.
- SATTler, M. A.; SHARPLES, S.; PAGE, J. K., The geometry of the shading of buildings by various tree shapes. **Solar Energy**, v. 38, n. 3, p. 187-201, 1987.
- OKE, T. R.; **Boundary Layer Climate**. 2 ed. London: Methuen & Ltd. A., 1978. 372 p.
- SPANGENBERG, J.; SHINZATO, P.; JOHANSSON, E.; DUARTE, D. (2007). The Impact of Urban Vegetation on Microclimate in Hot Humid São Paulo. *In: PASSIVE AND LOW ENERGY ARCHITECTURE*, Singapore. **Proceedings...** Singapore: PLEA International, 2007. CD ROM.

7. AGRADECIMENTOS

As autoras agradecem à FAPESP pelo apoio financeiro e bolsa para o desenvolvimento desta pesquisa e também aos técnicos Obadias P. da Silva e Daniel Celente, do LACAF - Laboratório de Conforto Ambiental e Física da Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da UNICAMP.