XV ENCAC Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído
XI ELACAC Encontro Latino-Americano de Conforto no Ambiente Construído
JOÃO PESSOA | 18 a 21 de setembro de 2019

PALMEIRAS - ATENUAÇÃO SOLAR E CONFORTO TÉRMICO

Neusa L. S. Ribeiro (1); Lucila C. Labaki (2); Adriana E. B. Amorim (3)
(1) Mestre pelo Programa de Pós Graduação em Arquitetura Tecnologia e Cidade da Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, UNICAMP, Arquiteto, neusalsribeiro@yahoo.com.br
(2) Professora Titular Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, UNICAMP lucila@fec.unicamp.br
(3) Doutoranda do Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil da Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, UNICAMP, Arquiteto, adriana.eloa@terra.com.br
Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, LACAF - Laboratório de Conforto Ambiental e Física Aplicada, Campinas, SP,
Fone (19) 3521-2064

RESUMO
Diversos estudos sobre o conforto térmico proporcionado por espécies arbóreas no microclima urbano demonstraram seus efeitos no resfriamento da temperatura, promovendo maior qualidade ambiental em regiões tropicais. Observou-se, no entanto, que existem poucos estudos sobre a atenuação térmica e a quantificação da mitigação de calor fornecida por espécies de palmeiras. Neste contexto, o objetivo desta pesquisa é avaliar o comportamento das palmeiras, quanto à atenuação solar e sua influência no conforto térmico em áreas urbanas. Trata-se de uma pesquisa quantitativa, para a qual foram selecionadas três espécies de palmeiras: "Rabo de Raposa" (Wodyetia bifurcata Irvine), "Tamareira" (Phoenix dactylifera L.) e "Washingtônia" (Washingtonia robusta H. Wendl), que foram plantadas isoladamente. Uma quarta espécie, "Livistona" (Loureiro) Merril ex A. Chevalier plantada em conjunto também foi analisada. A área de estudo está localizada no campus da Universidade Estadual de Campinas, Estado de São Paulo, Brasil. As medidas de radiação solar incidente, temperatura do ar e globo, umidade relativa e velocidade do ar foram realizadas na primavera de 2016, no verão de 2016/2017, no outono e inverno de 2017, ao sol e à sombra das palmeiras. Foram calculadas a Temperatura Radiante Média (Trm) e a Temperatura Equivalente Fisiológica (PET). Os resultados obtidos mostram diferenças expressivas nas duas situações e fornecerão subsídios aos planejadores urbanos e paisagistas sobre o uso de palmeiras, tendo em conta o seu efeito térmico.
Palavras-chave: conforto térmico; Palmeiras; Arecaceae; Atenuação solar; Sombreamento.

ABSTRACT
Several studies on the thermal comfort provided by tree species in the urban microclimate have demonstrated their effects on temperature cooling, thus promoting higher environmental quality in tropical regions. It was observed, however, that there are few studies about the thermal attenuation and the quantification of the mitigation of heat provided by species of palm trees. In this context, the objective of this research is to evaluate the behavior of palm trees, regarding solar attenuation and its influence on thermal comfort in urban areas. This is a quantitative research, for which three species of palm trees were selected: "Rabo de Raposa" (Wodyetia bifurcata Irvine), "Tamareira" (Phoenix dactylifera L.) and "Washingtônia" (Washingtonia robusta H. Wendl). The trees were planted isolated from each other. A fourth species, "Livistona" (Livistona saribus (Loureiro) Merril ex A. Chevalier planted in cluster was also analysed. The study area is located at the campus of the State University of Campinas, in São Paulo State, Brazil. The measurements of incident solar radiation, air and globe temperature, relative humidity and air speed were carried out in the spring of 2016, in the summer 2016/2017, in the fall and winter of 2017, in both situations: sun exposed and in trees shade. Mean Radiant Temperature (Trm) and Physiological Equivalent Temperature (PET) were calculated. The results show expressive difference the two situations. The obtained results will provide subsidies to urban planners and landscapers on the use of palm trees, taking into account their thermal effect.
Keywords: Thermal comfort; Palm trees; Arecaceae; Solar attenuation; Shading

1. INTRODUÇÃO

A arborização urbana, compreendida como a vegetação que abrange a paisagem da cidade, além de possibilitar uma melhoria da qualidade de vida e do bem-estar da população, é primordial para o meio ambiente.

A presença de áreas verdes urbanas cumpre ainda funções socioambientais, e o critério de escolha, distribuição, localização e densidade da vegetação a ser implantada fortalece os efeitos da urbanização para a sociedade e ressalta sua importância na regulação microclimática.

Segundo Dantas e Souza (2004), a arborização, do ponto de vista estético, contribui por intermédio de suas qualidades plásticas para reduzir o efeito agressivo das construções que dominam a paisagem urbana, guarnecendo e emoldurando ruas e avenidas.

O projeto paisagístico e a arborização adequados intensificam o uso dos espaços públicos. Atualmente, as praças, os jardins, os parques e os espaços livres de uso coletivo são valorizados pelos benefícios físicos e sociais oferecidos à população. Segundo Maciel (2007), as praças públicas são espaços raros e escassos, nas quais o recreio, o lazer e a sociabilidade opõem-se ao trabalho, à vida agitada e às atividades repetitivas. Conforme Biondi; Batista e Ferreira, (1990); Detzel, (1990), a arborização urbana proporciona à comunidade envolvida oportunidade de maior aproximação, aconchego e relacionamento com os semelhantes.

Segundo Selhub e Logan (2012), as pessoas estão propensas a sentirem-se bem quando estão em contato com a vegetação urbana, e o bem-estar que decorre desta aproximação com a natureza está associado à redução de estresse, ao favorecimento da concentração e à melhora do humor.

Os espaços livres públicos de uso coletivo, quando situados em zonas comerciais e industriais, adquirem características referentes à pureza e à saúde, sendo um fator terapêutico e de bem-estar para o local. Amenizam a poluição visual, sonora e de partículas e contrastam com os espaços edificados.

Diferenças térmicas entre a área urbana e a rural já foram matéria de muitos estudos urbanos (OKE, 1978; LOMBARDO, 1985), nos quais se verificou o predomínio de temperaturas amenas e umidade mais elevada em áreas distantes do centro, nos limites urbanos e/ou na área rural, espaços notadamente menos transformados.

Grey e Deneke (1978) afirmam que os benefícios da floresta urbana podem ser divididos basicamente em quatro grupos: melhora climática; usos de engenharia; proveitos arquitetônicos e ganhos estéticos.

No campo das alterações climáticas, várias pesquisas relacionadas à vegetação urbana vêm sendo publicadas com objetivo de associá-la com a melhoria do clima local e o aumento do conforto térmico (ABREU, 2012; BUENO, 1998; BUENO-BARTHOLOMEI, 2003; KRÜGER *et al*., 2012; MINELLA; ROSSI e KRUGER, 2011; MORENO, 2006; PEZZUTO, 2007). Monteiro *et al*. (2003, p.110) definem que "a vegetação, enquanto fator climático, manifesta sua influência em todas as escalas de grandezas climáticas, tendo implicações desde a formação do questionável efeito-estufa planetário até a derivação de ambientes microclimáticos naturais, rurais ou urbanos".

Uma das vantagens complementares do plantio de árvores em locais adjacentes a edificações é a redução da necessidade de utilização de ar condicionado (BANDEIRANTE, 2010), além de possibilitar economia de energia, proporciona espaços de permanência amenos.

As espécies arbóreas agem diferentemente sobre o ambiente em função de suas características: tamanho e forma da copa, altura do tronco e densidade foliar.

A forma da copa das árvores e seu tamanho determinam a área sombreada, que varia de acordo com a espécie, com a estação do ano e ao longo dos anos (MACEDO e MESQUITA, 1989; MASCARÓ; GIACOMIN e CUADROS, 2007).

A área foliar está relacionada diretamente com a quantidade e com a forma de folhas da vegetação. Ao ser interceptada pelo dossel, a radiação solar é absorvida, transmitida e refletida em proporções variáveis, dependendo do ângulo de incidência dos raios solares e das características estruturais das plantas. A medida da cobertura vegetal pode ser representada pelo índice de área foliar (LAI), uma grandeza adimensional que quantifica a razão entre a área foliar total e a área do solo (KERBAUY,2008).

No entanto, os espaços verdes urbanos não estão distribuídos de maneira regular. Nessa circunstância, para maximizar os efeitos benéficos para a saúde e a qualidade de vida das comunidades, é necessário adotar medidas para que o planejamento e a implantação efetivos de arborização de vias e espaços públicos tenham vegetação adequada, visando à melhoria do ambiente urbano, em particular o conforto térmico.

As palmeiras são as plantas mais características da flora tropical, elementos importantes na composição do paisagismo nacional, sendo consideradas as aristocratas do reino vegetal, provocando fascínio por seu porte elegante e altaneiro.

As folhas são os órgãos mais vistosos das palmeiras e apresentam uma grande diversidade de formas (ALVES, 1987): palmadas, pinadas, pinadas com fendilhamento parcial, pinadas bífidas ou bipartidas e

bipinadas. Por ser considerada escultural, a palmeira é uma opção muito utilizada no paisagismo, podendo ser plantada com alturas diversas e com as folhas já formadas, tendo efeito visual imediato (TRINDADE, 2010).

A importância ornamental e o notável valor econômico das palmeiras têm despertado o interesse de pesquisadores, pela singularidade apresentada por esta família de plantas (ALVES, 1987).

Do ponto de vista econômico, inúmeras espécies podem ser utilizadas na alimentação humana, como Palmito Jussara (*Euterpe edulis* Mart.), Palmito Açaí (*Euterpe oleracea* Mart), Óleo de Dendê (*Elaeis guineensis* Jacq), Babaçu (*Attalea brasiliensis* Glassman) e Coqueiro (*Cocos nucifera* L.), que é utilizado também como bebida. O Buriti (*Mauritia flexuosa* L.) pode ser fermentado (entre outras formas de consumo), dando origem ao vinho de buriti (FERNANDES, 2011). A palmeira também constitui fonte de fibras para indústria e de madeira para construção civil.

Apesar das palmeiras serem muito utilizadas na arborização urbana e no paisagismo de áreas privadas, observa-se a presença de um número reduzido de espécies. O conhecimento de uma gama maior de espécies, e seus benefícios específicos para a aplicação adequada aos resultados esperados, é desejado para o domínio na execução de projetos (LORENZI, 2008).

De acordo com Lorenzi *et al*. (1996), com o conhecimento de diferentes espécies de palmeiras, pode-se distribuir os indivíduos de maneira que o número e porte das espécies sejam ajustados à área disponível, evitando-se plantas de grande porte em espaços reduzidos, de porte alto sob fiação, com espinhos próximas a passagens, plantas que causam reações alérgicas em parques e locais de grande permanência, ou seja, causando incompatibilidade entre as palmeiras e o lugar de plantio, ocasionando sua eliminação, na maior parte das vezes. No entanto, quando bem utilizadas, pode-se empregá-las para a criação dos muitos efeitos desejados.

Desde o início da colonização do Brasil muitas espécies arbóreas foram trazidas de outros países para compor a arborização urbana. Segundo Lorenzi (2008), o plantio de espécies nativas em nossas cidades é uma prática insignificante. Acredita-se que mais de 80% das espécies presentes em nossas praças, ruas e parques são da flora exótica.

A pesquisa sobre o comportamento do sombreamento das espécies é um fator primordial para contribuir com um resultado bem sucedido e adequado à arborização urbana.

Como observado na introdução, encontram-se poucos estudos sobre o comportamento das palmeiras quanto ao conforto térmico e ao efeito que conferem aos microclimas urbanos, conforme apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 - Estudos sobre o comportamento das palmeiras quanto ao conforto térmico

Internacionais/Nacionais	**Objeto estudo**	**Resultados**	**Estação**	**Referências**
TelAviv -Israel	Ficus retusa Tipuana tipo Phoenix dactylifera (Tamareira)	Redução 2,1°C a 2,5°C em relação à estação meteorológica local, entre 12h e 15h	Verão	Shashua-Bar (2010)
Ghardaïa - Argélia	áreas verdes (palmeiral) áreas densamente edificadas (Ksur)	centro do palmeiral temp. inferiores de 5°C a 10°C em relação à área edificada.	Verão	Bencheikh e Rchid (2012)
Enugu - Nigéria	Phoenix dactylifera (Tamareira) Coconut (coqueiro)	Trm 25°C Trm 26°C Trm local 26,7°C	Média anual	Obi e Chendo (2014)
Hong Kong- China	Copa densa, Copa esparsa, Palmeiras	Redução Ta: 0,5°C Redução Trm: 0.2°C esp. abertos 0.1°C esp. adensados	Verão	Kong et al. (2017)
Goiânia- Brasil	Roystonea oleracea (Palmeira Imperial).	Referência à pequena área de sombra, sem quantificar	---	Weirich et al. (2015)

Fonte: Ribeiro (2018)

2. OBJETIVO

O objetivo desta pesquisa é avaliar o comportamento de quatro espécies de palmeiras quanto à atenuação solar e sua influência no conforto térmico em áreas urbanas, em região de clima tropical de altitude.

3. MÉTODO

Trata-se de uma pesquisa com técnicas de coleta de dados quantitativos, através de medições de variáveis ambientais. A metodologia adotada foi adaptada de Bueno (1998), Bueno - Bartholomei e Labaki (2003) e Abreu e Labaki (2010).

Como objetos de estudo, foram selecionadas três diferentes espécies de palmeiras: “Rabo de Raposa” (*Wodyetia bifurcata), “*Tamareira” (*Phoenix dactylifera*) e “Washingtônia” (*Washingtonia* robusta), com características específicas que as distinguem principalmente em relação às folhas.

As três palmeiras isoladas foram plantadas alinhadas e distantes 7,0m uma das outras (de eixo a eixo), posicionadas a 10,0m da edificação mais próxima, distantes 9,0m da área pavimentada do estacionamento, para evitar interferência de sombra das copas umas nas outras e de elementos externos conforme Figura 1(a).

A palmeira Rabo de Raposa apresenta tronco simples de 5,1m de altura e 0,16m de diâmetro. Possui folhas pinadas, com a região terminal recurvada e aspecto crespo, com folíolos numerosos, agrupados de espaço em espaço, inseridos em todas as direções, bi e trifurcados, em forma de cunha longa e estreita, com a parte terminal mais larga e irregularmente denteada.

A Tamareira possui tronco revestido pela base de folhas já caídas, com 0,27m de diâmetro, e 4,3m de altura. Suas folhas são pinadas, com numerosos folíolos, rijos, os da base transformados em espinhos.

A Washingtônia possui tronco revestido pela base de folhas já caídas, com 3,3m de altura e 0,35m de diâmetro, dilatado na base. As folhas são palmadas, em forma de leque, divididas até a metade, com segmentos rijos e pendentes, sustentadas por pecíolos fortemente denteados nas margens.

Como desdobramento e incremento da pesquisa, optou-se pelo estudo de um conjunto de palmeiras, a fim de avaliar o potencial de atenuação solar de uma configuração onde as espécies estão plantadas próximas umas das outras. Para a escolha do agrupamento de palmeiras, foram considerados alguns aspectos que atingiam os atributos necessários para o desenvolvimento desta pesquisa. Elegeu-se uma espécie de folha palmada, pois nas primeiras análises com as palmeiras individuais, na primavera, a espécie com folhas em forma de leque obteve maior atenuação solar que as demais estudadas no mesmo período. Foram selecionados sete indivíduos da espécie Livistona (*Livistona saribus* (Loureiro) Merril ex. A. Chevalier), já existentes. Trata-se de sete palmeiras bem desenvolvidas, plantadas em terreno gramado, a uma distância média de 7,0 m entre si, distantes 3,0 m da área pavimentada, sendo que quatro delas apresentam intersecção entre as copas, como mostra a Figura 1(b).



Figura 1 - Palmeiras isoladas; (b) Conjunto de palmeiras
Nota: 1- Rabo de Raposa; 2- Tamareira; 3- Washingtônia

A área de estudo, está localizada no Campus da Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP (22°48’57” S; 47°03’33” O; elevação de 640m). O clima da cidade de Campinas é o tropical de altitude (tipo Cwa, de Köppen), com chuvas no verão e seca no inverno (CEPAGRI, 2016).

As palmeiras isoladas foram transplantadas em um terreno gramado de 1280 m², com topografia pouco acidentada, no estacionamento da FEC (Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Unicamp como mostra a Figura 2(A).

O conjunto de palmeiras está plantado em uma área de 350m², conforme indica a Figura 2(B), com topografia pouco acidentada, localizado na Avenida Dr. André Tosello, no Campus da Unicamp, local seguro, acessível e sem a interferência de elementos externos.



Figura 2 - Locais selecionados para pesquisa: (A) palmeiras isoladas; (B) agrupamento de palmeiras

Fonte: https://www.youtube.com/watch?v=735uWGMpIHI

3.1. Medições das variáveis ambientais

As seguintes variáveis ambientais foram medidas: temperatura do ar (Ta), temperatura de globo (Tg), umidade relativa do ar (Ur), velocidade do ar (Va) e radiação solar (Rad), à sombra de cada espécie de palmeira e ao sol. Os dados foram registrados de 10 em 10 minutos, por um período de nove horas/dia, ao longo de três dias, na primavera de 2016, no verão de 2016/2017, no outono e no inverno de 2017. As medições ocorreram em local que adotou o "horário brasileiro de verão" e foram corrigidas para o horário padrão de Brasília. Os processos de medição seguiram as recomendações da norma ISO 7726 (2001).

Para a medição da temperatura do ar (Ta) e umidade relativa (Ur) foram utilizados, em cada palmeira e ao sol, um conjunto composto de: um sensor e registrador de temperatura e umidade, modelo Testo 175-T2 e 175-H1; para temperatura de globo (Tg), um conjunto composto de um sensor/registrador modelo testo 0613 171, colocado no interior de um globo cinza (diâmetro de 4 cm), instalados em um tripé, a 1,50m do solo.

Para a medição de velocidade do ar (Va) foi instalado um anemômetro/termômetro digital Testo 445, com sensor 0635-1549, acoplado ao tripé que ficou ao Sol.

Para a radiação solar (Rad, em kW/m²) registrada ao sol e à sombra de cada palmeira foram utilizados solarímetros de tubo, modelo TSL-DELTA- T, com registrador Delta DL2 Datalogger, instalados a 1,0m de altura do solo.

Os equipamentos situados à sombra tiveram suas posições alteradas ao longo do dia, acompanhando o sombreamento da copa das palmeiras, o que ocorreu no sentido anti-horário, totalizando 16 posições por dia de medição.

3.2. Obtenção da temperatura radiante média (Trm) e da atenuação solar (At)

A Trm, para convecção forçada, foi obtida através da Equação 1, conforme ISO 7726 (2001):

$$Trm = \left[\left(t_g + 273\right)^4 + \frac{1{,}1 \times 10^8 \times v_a^{0,6}}{\varepsilon_g \times D^{0,4}} \left(t_g - t_a\right) \right]^{1/4} - 273 \qquad \text{Equação 1}$$

Onde:

Tg: Temperatura de globo, em °C;

Va: Velocidade do ar, m/s;

Ta:Temperatura do ar, em °C;

ε: Emissividade do globo (0,95);

D: Diâmetro do globo (0,04m).

Os dados de todas as variáveis ambientais foram compilados calculando-se as médias horárias para os três dias de medição.

Seguindo Bueno - Bartholomei e Labaki (2003), adotou-se como referência os parâmetros obtidos nas medições na posição Sol, e obteve-se a variação da temperatura radiante média e da atenuação da radiação solar, conforme mostram respectivamente as Equações 2 e 3.

$$VT_{rm} = \frac{T_{rm(sol)} - T_{rm(sombra)}}{T_{rm(sol)}} x\ 100 \qquad \text{Equação 2}$$

Onde:

VT_{rm}: Variação das médias da Temperatura radiante média, em %;

T_{rm} (sol): Temperatura radiante média na posição Sol, em °C;

T_{rm}(sombra): Temperatura radiante média nas posições de sombra, em °C;

A atenuação solar (At) é dada pela Equação 3.

$$At = \frac{S_{Sol} - S_{sombra}}{S_{sol}} x\ 100 \qquad \text{Equação 3}$$

Onde:

At: Atenuação solar, em porcentagem (%);

S_{sol}: Energia total incidente ao Sol, em kWh/m² (área do gráfico correspondente);

S_{sombra}: Energia total incidente, à sombra, em kWh/m² (área do gráfico correspondente).

As áreas dos gráficos foram calculadas a partir das integrais das curvas obtidas para a radiação solar incidente ao longo do período de medição e representam a média diária da energia total incidente em cada posição (ao sol e à sombra) para os períodos analisados.

4. RESULTADOS

A seguir serão apresentados os resultados obtidos nessa pesquisa. As tabelas apresentam a média da temperatura do ar, o cálculo de atenuação da radiação solar e da média PET, ao sol e à sombra das palmeiras. Os gráficos mostram os valores da calibração PET proposta por Monteiro e Alucci (2008) para as palmeiras isoladas e para o conjunto.

4.1. Temperatura do ar

Comparando-se os resultados das médias das Temperaturas do ar (Ta) obtidas à sombra de cada palmeira isolada e ao sol, nas quatro estações, observou-se que as diferenças foram inferiores a 1°C, o que mostra que a sombra das palmeiras não trouxe redução significativa da temperatura do ar. Essa diferença de aproximadamente 1°C entre as médias diárias das temperaturas ao sol e à sombra também pode-se verificar no estudo de Labaki *et al*. (2011) para outras espécies arbóreas.

No agrupamento de palmeiras Livistona, a redução da temperatura do ar à sombra foi mais significativa que a apresentada nas palmeiras isoladas. No verão houve uma diferença média de 1,2°C entre as medições ao sol e à sombra, apontando em alguns momentos diferença de até 2,4°C. No outono, a diferença média entre a temperatura do ar ao sol e à sombra foi de 1,7°C, tendo atingido 2,6°C de diferença máxima. No inverno, houve uma diferença média de 1,0°C na temperatura do ar entre as posições sol e sombra, tendo alcançado a diferença máxima de até 2,4°C, como mostra a Tabela 2.

Tabela 2 : Média da temperatura do ar ao sol e à sombra das palmeiras

Estação	Palmeiras	Média Temperatura do ar (°C)	
		Sombra	Sol
Primavera	Rabo de Raposa	28,2	28,1
	Tamareira	28,4	
	Washingtônia	28,4	
	Conjunto	Não houve coleta de dados	
Verão	Rabo de Raposa	30	29,8
	Tamareira	30,2	
	Washingtônia	30	
	Conjunto	26,6	28,3
Outono	Rabo de Raposa	22,9	23,4
	Tamareira	22,9	
	Washingtônia	22,8	
	Conjunto	26,5	28,2
Inverno	Rabo de Raposa	23,7	24,1
	Tamareira	23,8	
	Washingtônia	23,6	
	Conjunto	23,5	24,5

4.2. Atenuação da radiação solar

O resultado da atenuação solar é apresentado na Tabela 3. Observa-se que a atenuação obtida para palmeiras Washingtônia e Livistona é próxima aos valores apresentados pelas espécies arbóreas pesquisadas por Abreu-Harbich, Labaki e Matzarakis (2015) e por Bueno-Bartholomei (2003), apesar de árvores e palmeiras serem espécies diferentes quanto à estrutura, à forma, ao tamanho de copa e aos tipos de folhas.

Tabela 3 - Atenuação da radiação solar incidente por estação

Estação do ano	**Washingtônia**	**Rabo de Raposa**	**Tamareira**	**Livistona (conjunto)**
Primavera	71,5%	50,3%	53,8%	Não houve coleta de dados
Verão	75,4%	55,0%	58,1%	86,3%
Outono	81,3%	69,6%	67,0%	85,1%
Inverno	80,3%	63,1%	60,9%	86,4%

No entanto, não se pode confundir percentual de atenuação solar com conforto térmico proporcionado por diferentes espécies vegetais. Na análise do conforto térmico, deve-se considerar as características inerentes às espécies utilizadas na arborização urbana tais como, forma, tamanho e densidade de folhas. Presume-se que os indivíduos perenifólios, de folhas largas, de arquitetura arbórea aberta, copas amplas e projeção de sombra maior, proporcionem um sombreamento mais eficiente e resultem em maior conforto térmico quando comparados a indivíduos de menor porte, folhas de menor densidade, caducifólias e copas de menor diâmetro.

4.3. Resultados para o PET

Para uma análise mais clara dos resultados obtidos, foi elaborada a Tabela 4, que expõe para cada palmeira, ao sol e à sombra, em cada estação do ano, qual apresentou maior e menor média da Temperatura Fisiológica Equivalente (PET), um indicador de conforto térmico (HÖPPE, 1999).

Verifica-se que a menor média do índice PET ao sol, 38,61, foi observada no inverno, possivelmente devidos aos baixos valores de temperatura do ar e temperatura radiante média obtidos para esta estação.

A maior média do índice PET ao sol, 48,35°C, foi obtida no verão, provavelmente por influência dos valores mais altos de temperatura radiante média calculados para esta estação.

A menor média do índice PET encontrada à sombra, 22,10°C, foi obtida nas Livistonas no inverno.

Para as espécies isoladas, a menor média do índice PET, 24,66°C, obtida à sombra, foi constatada na Washingtônia, no inverno, coerente com os baixos valores encontrados para a temperatura radiante média.

A maior média PET obtida para a sombra nas espécies isoladas, 35,91°C, foi constatada na Rabo de Raposa, no verão. Na primavera, a média mais alta foi a da Rabo de Raposa, com 35,76°C.

Tabela 4 - Média PET ao sol e à sombra das palmeiras, nas quatro estações

Estação	Palmeiras	Média PET (°C)		Gradiente (°C)
		Sombra	Sol	
Primavera	Rabo de Raposa	35,76	43,30	7,6
	Tamareira	34,64		8,66
	Washingtônia	30,25		13,05
	Conjunto	Não houve coleta de dados		
Verão	Rabo de Raposa	35,91	44,50	8,59
	Tamareira	35,44		9,06
	Washingtônia	31,83		12,67
	Conjunto	33,05	48,35	15,3
Outono	Rabo de Raposa	32,22	42,03	9,81
	Tamareira	29,50		12,53
	Washingtônia	27,38		14,65
	Conjunto	30,41	47,16	16,75
Inverno	Rabo de Raposa	25,16	38,61	13,45
	Tamareira	25,7		12,91
	Washingtônia	24,66		13,95
	Conjunto	22,10	44,97	22,87

4.4. Calibração do índice PET

MATZARAKIS; MAYER e IZIONMON (1999) apresentaram uma dúvida em relação à validade dos intervalos de PET para aplicação indistinta em todas as zonas (ou regiões) climáticas, considerando a possibilidade de que esses intervalos possam ser diversos, de acordo com as percepções não coincidentes do ambiente térmico ou devido às alterações fisiológicas que ocorrem nos processos de aclimatação. Daí a necessidade de pesquisas para calibração deste índice às condições climáticas peculiares de cada região, que satisfaçam os processos de adaptação e aclimatação, uma vez que o uso do índice em diversas pesquisas apontou preferências térmicas da população local, distintas dos valores de referência (KRUGER, 2018).

Considerando-se o reconhecimento da importância das questões de aclimatação, como não há calibração específica para a cidade de Campinas, para a análise do percentual de conforto térmico proporcionado pelas palmeiras estudadas, utilizou-se a calibração do índice PET para a realidade brasileira, em São Paulo - SP, proposta por Monteiro e Alucci (2008). Assim como Campinas, a cidade de São Paulo é classificada como clima Tropical de Altitude, e encontra-se na Zona Bioclimática 3, segundo a NBR 15220 (Desempenho térmico de edificações) com características homogêneas quanto aos elementos climáticos que interferem nas relações entre ambiente e conforto humano.

A calibração do índice PET para a realidade de São Paulo - SP, proposta por Monteiro e Alucci (2008), foi utilizada para as palmeiras isoladas e é mostrada na Figura 3.

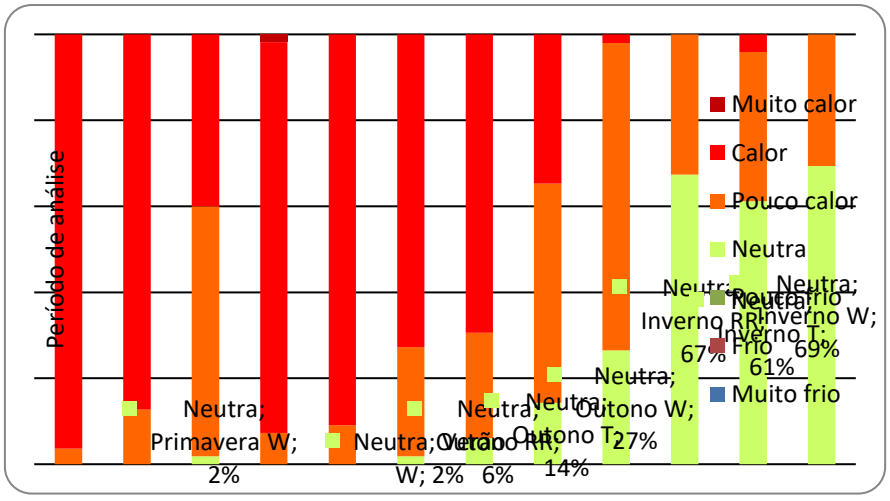

Figura 3 - Calibração PET Monteiro e Alucci - palmeiras isoladas

A calibração do índice PET referente ao conforto térmico calculado para o agrupamento de palmeira, proposta por Monteiro e Alucci (2008), para a realidade de São Paulo - SP é exibida na Figuras 4.

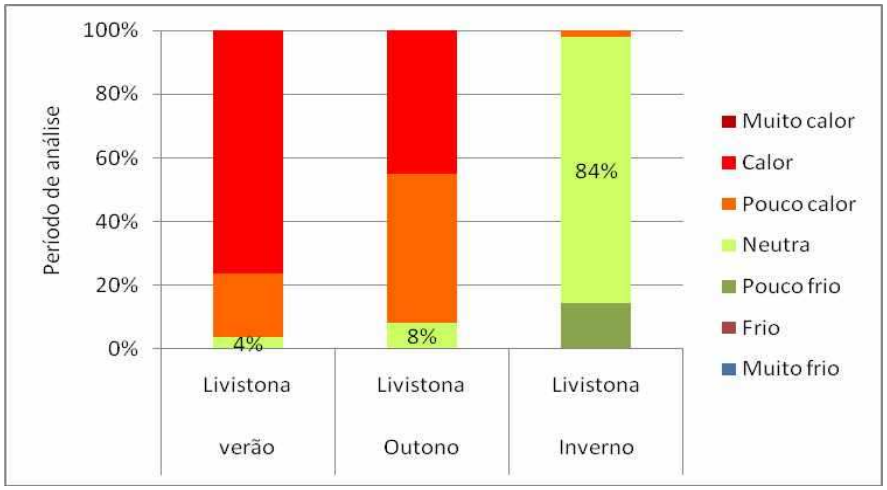

Figura 4 - Calibração PET Monteiro e Alucci - agrupamento

5. CONCLUSÕES

O estudo realizado preenche uma lacuna nos trabalhos realizados sobre vegetação e conforto térmico, ao analisar, sob esse aspecto, a palmeira, com presença expressiva na arborização urbana no Brasil.

A partir dos resultados de medições em campo, dos cálculos de Temperatura Radiante Média, da Atenuação da Radiação Solar e do índice PET, conclui-se que o sombreamento por palmeiras pode favorecer significativamente o microclima de cidades tropicais.

Os parâmetros obtidos apontam que espécies de palmeiras com índice de área foliar mais elevado e maior atenuação da radiação solar são aquelas que mostram maior capacidade de redução da temperatura, com resultados satisfatórios nas sensações de conforto térmico no microclima urbano.

As espécies de palmeiras analisadas foram capazes de mitigar a radiação solar e verificou-se a sua capacidade de melhoria do conforto térmico, evidenciando-se sua viabilidade na construção da paisagem urbana. Em regiões onde se pretende sombrear maiores áreas, pode-se agrupá-las de forma que suas folhas se sobreponham, aumentando seu potencial de arrefecimento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, L. V. Contribuições das árvores para o bioclima térmico no desenho urbano em cidades tropicais: o caso de Campinas, SP. Campinas, 2012, 135 f. Tese (Doutorado em Arquitetura Tecnologia e Cidade) - Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas.

ABREU, L. V.; LABAKI, L. C. Conforto térmico propiciado por algumas espécies arbóreas: avaliação do raio de influência através de diferentes índices de conforto. **Ambiente Construído**, v.10, n.4, p103-117, 2010.

ABREU-HARBICH, L. V.; LABAKI, L.C.; MATZARAKIS, A. Effect of tree planting design and tree species on human thermal comfort in the tropics. **Landscape and Urban Planning**, v. 138, p. 99–109, jun. 2015.

ALVES, M. R. P. Palmeiras. Características botânicas e evolução. Campinas, SP: Fundação Cargill, 1987. 129p.

BANDEIRANTE, E. D. P. Guia de Arborização Viária e Áreas Verdes Públicas, 2010. Disponível em: www.edp.com.br/distribuicao/edp-bandeirante/utilidades/guia-de-arborizacao/Documents/Guia_Arborização.pdf Acesso em 01/08/2017.

BIONDI, D; BATISTA, A.C.; FERREIRA, R. L. C. Plano de arborização para o bairro de Brasília Teimosa - Recife - PE. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE ARBORIZAÇÃO URBANA, 3, Curitiba, 1990. Anais. Curitiba: FUFEF do Paraná, 1990. P.211-219.

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 Estadual de Campinas.

BUENO-BARTHOLOMEI, C. L.; LABAKI, L. C. (2003). How much does the change of species of trees affect their solar radiation attenuation? In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON URBAN CLIMATE (15th), Lodz, Poland, 2003.

DANTAS, C.I.; SOUZA, C.M.C. Arborização urbana na cidade de Campina Grande - PB: Inventário e suas espécies. **Revista de Biologia e Ciências da Terra, Campina Grande**, v. 4, n. 2, 2004, n/p.

DETZEL, V. A. Avaliação monetária de árvores urbanas. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE ARBORIZAÇÃO URBANA, 3, Curitiba, 1990. Anais. Curitiba: FUFEF do Paraná, 1990. p 140-152.

FERNANDES, M. R. Refazendo o sertão: o lugar do buriti (Mauritia flexuosa Linn. f.) na cultura sertaneja de Terra Ronca-GO. , 2011. Disponível em: <http://repositorio.unb.br/handle/10482/9408>. Acesso em: 2/9/2017.

GREY, G. W.; DENEKE, F. J. Urban forestry. New York: John Wiley, 1978, 279p.

HÖPPE, Peter. The physiological equivalent temperature–a universal index for the biometeorological assessment of the thermal environment. **International journal of Biometeorology**, v. 43, n. 2, p. 71-75, 1999.

INTERNATIONAL STANDARDIZATION FOR ORGANIZATION. ISO 7726: Ergonomics of The thermal environment -- Instruments for measuring physical quantities. Genebra, 2001.62p.

KERBAUY, G. B. **Fisiologia Vegetal**. Rio de Janeiro: Guananara Koogan, 2008. 2. ed., 446p.

KONG, L.; LAU, K. K.-L.; YUAN, C.; et al. Regulation of outdoor thermal comfort by trees in Hong Kong. **Sustainable Cities and Society**, v. 31, p. 12 -25, 2017.

KRÜGER, Eduardo Leite et al. Calibration of the outdoor comfort index Physiological Equivalent Temperature (PET) for Curitiba. **Ambiente Construído**, v. 18, n. 3, p. 135-148, 2018.

KRÜGER, E. L.; DRACH, P. R. C.; EMMANUEL, R.; CORBELLA, O. D. Estudo de conforto em espaços abertos em região de clima temperado: o caso de Glasgow, Reino Unido. **Ambiente Construído**, v. 12, n. 1, p. 7 -25, 2012.

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

LORENZI, H. Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. 5 .ed. Instituto Plantarum de Estudos da Flora, 2008. v. 1. 384 p.

LORENZI, Harri Souza et al. **Palmeiras no Brasil: nativas e exóticas**. Sâo Paulo, BR: Edit. Plantarum, 1996.

MACEDO, S. S.; MESQUITA, P. R.; Ética e Estética o Destino do Litoral._**Paisagem eAmbiente - Ensaios**, FAUUSP, São Paulo, v. III, 1989.

MACIEL, M. C. A história da praça João Alves e sua contribuição na paisagem da cidade. **Paisagem e Ambiente**, , n. 23, p. 184 - 197, 2007.

MASCARÓ, J. J.; GIACOMIN, S. D.; CUADROS, S.; Ambiência urbana e arborização pública. *In:* ENCAC E ELACAC - ENCONTRO NACIONAL E ENCONTRO LATINOAMERIANO SOBRE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, IX e V., 2007, Ouro Preto. **Anais...** Ouro Preto: ANTAC, 2007. CD rom.

MATZARAKIS, A.; MAYER, H.; IZIONMON, M. G. Applications of a Universal Thermal Iindex: physiological equivalent temperature. **International Journal of Biometeorology**, v. 43, p. 76-84, 1999.

MINELLA, F. C. O.; ROSSI, F. A.; KRÜGER, E. Análise do efeito diurno do fator de visão do céu no microclima e nos níveis de conforto térmico em ruas de pedestres em Curitiba. **Ambiente Construído**, v. 11, n. 1, p. 123 -143, 2011.

MONTEIRO, C.A.F.; MENDONÇA, F.; DANNI-OLIVEIRA, I.M.D.; BRANDÃO, A.M.P.M.; GONÇALVES, N.M.S. Clima urbano. SP, E. Contexto, 2003.

MONTEIRO, L. M.; ALUCCI, M. P. Modelos Preditivos de Estresse Termo-Fisiológico: estudo empírico comparativo em ambientes externos. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 12., Fortaleza, 2008. **Anais...** Fortaleza: Antac, 2008. 1 CD-ROM.

MORENO, M. M.; **Parâmetros para implantação efetiva de áreas verdes em bairros periféricos de baixa densidade.** Campinas, SP, 2006. 155 p. Dissertação (mestrado). Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas.

OBI, N. I; CHENDO, I.G. The influence of vegetation on microclimate in hot humid tropical environment: a case of Enugu urban. International Journal of Energy and Environmental Research, v. 2, n.4, 2014, 11p.

PEZZUTO, Claudia Cotrim et al. Avaliação do ambiente térmico nos espaços urbanos abertos: Estudo de caso em Campinas, SP. 2007.

RIBEIRO, N. L. S. Atenuação solar e sombreamento produzido por espécies de palmeiras em área urbana. Campinas, SP, 2018. Dissertação (mestrado); Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas.

SHASHUA-BAR, Limor et al. Microclimate modelling of street tree species effects within the varied urban morphology in the Mediterranean city of Tel Aviv, Israel. **International journal of climatology**, v. 30, n. 1, p. 44-57, 2010.

SELHUB, E. M.; LOGAN, A. C. Your brain on nature: the science of nature's influence on your health, happiness, and vitality. Canada: Wiley, 2012. 248 p.

TRINDADE, Sidnei. A palmeira. [S.I.]: Jardinagem e Paisagismo, 2010. Disponível em: http://jardinagemepaisagismo.com/a-palmeira.html. Acesso em: 18 ago. 2016

WEIRICH, R. A. *et al.* Arborização urbana para mitigação das condições microclimáticas em Goiânia, Goiás. **Revista Ecologia e Nutrição Florestal-ENFLO**, v. 3, n. 2, p. 48 -58, 2015.