



Avaliação do sombreamento natural do flamboyant (*Delonix regia*) na temperatura de um ambiente construído¹

Evaluation of flamboyant (*Delonix regia*) natural shading in the temperature of a constructed environment

Mario Carlos Rodrigues Ayres²

¹ Extraído da tese do autor intitulada: Influência do sombreamento natural de duas espécies arbóreas na temperatura de edificações. Programa de pós-graduação em agronomia – Energia na Agricultura – FCA/UNESP, Botucatu, Brasil.

² Faculdade de Ciências Agrárias – FCA/UFMGD – Rua João Rosa Goes, 1761, caixa postal 322 – CEP 79825-070 – Brasil – e-mail: mac209m@ibest.com.br.

Recebido em: 17/06/2009

Aceito em: 06/07/2010

Resumo. Avaliar o sombreamento de uma espécie arbórea e seus efeitos na temperatura de um ambiente construído a partir das medições de temperatura de globo, temperatura do ar, umidade relativa foi o objetivo deste trabalho. Avaliou-se o sombreamento produzido pela espécie arbórea flamboyant (*Delonix regia*) quanto a atenuação da temperatura no interior de dois módulos de edificações. O local de realização da pesquisa foi a Embrapa agropecuária oeste (CPAO) no município de Dourados. Os dados foram coletados no interior de dois módulos de edificações sem vedação lateral, construídos em estrutura de madeira e cobertos com telhas de fibrocimento, sendo um localizado à sombra da árvore e outro ao sol. Em cada módulo foram colocados um termômetro de globo negro e um psicrômetro e no exterior um anemômetro para registro da velocidade do vento. A partir dos dados coletados, foram calculadas as porcentagens de atenuação da temperatura do ar, umidade relativa e temperatura de globo negro para cada um dos módulos. Com os resultados obtidos e relacionados os módulos a sombra da árvore com o módulo ao sol foi encontrada uma atenuação da temperatura de globo negro de 3,46° C e temperatura do ar de 1,26° C com porcentagem de 9,62% e 3,96%, respectivamente.

Palavras-chave. Sombreamento natural, arborização, temperatura, vegetação, conforto.

Abstract. The objective of this research was to evaluate the shading of a tree species and its effect on the temperature of a constructed environment using the measurements of the black globe temperature, air temperature, and relative humidity. The shading produced by the flamboyant tree species (*Delonix Regia*) was evaluated as the mitigation of the temperature inside of two buildings modules. The research took place at the EMBRAPA Agricultural West (CPAO) in the city of Dourados. Data were collected inside of two buildings modules without lateral wall, built in a wooden structure and covered with tiles of fibercement. Two modules have been deployed, the shade of a tree an another in the sun. Inside each module there were placed a dry bulb thermometer and a black globe thermometer and a psicrômetro and outside an anemometer was used for registering the wind speed. From the data collected the percentages were calculated for mitigation of the air temperature, relative humidity and black globe temperature for each of the modules. With the results from the related module under the shadow of the tree and the one exposed to the sun it was found a mitigation of the the black globe temperature of 3.46° C and air temperature of 1.26° C; with respective percentages of 9.62% and 3.96%.

Keywords. Natural shading, forestation, air temperature, vegetation, thermal comfort.

Introdução

A vegetação tem propriedades físicas e psicológicas e pode ser avaliada como um sistema

de climatização natural que, combinado a diversos elementos vegetais pode modificar o ambiente em escala microclimática, contribuir para aumentar a



habitabilidade dos espaços, para controlar a radiação solar, o movimento do vento e as porcentagens de umidade na atmosfera, afetando naturalmente as temperaturas próximas a superfície do solo (Bernatzky, 1982).

Com presença da vegetação a temperatura de uma área poderá ser reduzida, mesmo que não possua altura suficiente para fornecer sombra. Isto ocorre quando o vegetal dispersa ou absorve a radiação durante o processo de evapotranspiração (Izard & Guyot, 1983).

Izard & Guyot (1983) comprovaram que a vegetação arbórea contribui para a melhoria do microclima, tanto urbano quanto rural, pois tem a propriedade de reter partículas em suspensão no ar dez vezes mais que áreas gramadas e trinta e sete vezes mais que superfícies asfaltadas.

De acordo com Bernatzky (1982), uma área arborizada sombreada absorve menos calor durante o dia liberando-o rapidamente à noite, pois a vegetação arbórea não armazena calor em suas células, o que torna o microclima agradável.

O sombreamento tem como objetivo melhorar as condições de conforto humano nos espaços edificados, de tal forma que essas condições atuem quando os ambientes tornarem-se desconfortáveis devido a temperatura elevada e se faça necessário o uso de resfriamento artificial.

Segundo McPherson (1984), o efeito do sombreamento pela vegetação arbórea produz, durante o dia, redução na temperatura do ar próximo à superfície. A quantidade dessa redução depende da espécie considerada e da densidade de sua copa, pois a absorção da radiação solar sob a copa de uma árvore é baixa e o calor absorvido, irradia e aquece o ar próximo a planta. Dessa forma, o ar quente sobe e a sua quantidade fica retida na copa da árvore está diretamente relacionada à densidade de sua folhagem.

McPherson (1984) afirma que, em clima tropical, o sombreamento se faz necessário na maior parte do ano e vai além do período de superaquecimento quando sua exigência torna-se maior. Para diminuir o excesso de calor nas edificações uma das soluções encontradas foi desenvolvimento de sistemas artificiais de condicionamento de ar. Nos últimos tempos, a necessidade de economizar energia tem levado

pesquisadores à busca de alternativas que possam substituir ou reduzir o uso desses equipamentos.

Heisler (1986), em estudo sobre os efeitos da proximidade das árvores em uma edificação, comprovou que há uma considerável variação na economia de energia e enfatizou que a presença da vegetação pode aumentar, diminuir ou ter pouco efeito sobre o consumo de energia, pois está relacionada ao tipo de clima, de edificação, localização e característica das espécies arbóreas implantadas.

Neste trabalho avaliou-se o efeito do sombreamento proporcionado por flamboyant (*Delonix regia*) sobre a temperatura e conforto térmico no interior de módulos de edificações, sendo um localizado à sombra da árvore e outro ao sol.

Material e Métodos

O experimento foi desenvolvido na Embrapa agropecuária oeste (CPAO), localizada no município de Dourados - MS, durante o mês de janeiro de 2004. A caracterização do clima é quente e úmido no verão e ameno e seco no inverno, com possibilidades de ocorrência de geadas. A precipitação média anual é de 1400 mm, com temperatura média anual de 25°C no verão e 18°C no inverno segundo Embrapa (1999).

Pelas observações e medições feitas no local, foram definidas as características da árvore analisada (Tabela 1). Desta forma, com medições de campo, foi determinada a altura da árvore e do fuste, diâmetro do tronco, diâmetro e forma da copa, comprimento e largura das folhas e por tratar-se de árvore de grande porte, pode-se afirmar que a árvore estudada atingiu a fase adulta, o que possibilitou a implantação de uma edificação sob a sua copa.

Pela densidade da copa pode-se definir a taxa de atenuação da radiação solar, podendo interferir na passagem do ar pelo seu interior. Na espécie analisada, a densidade foi classificada como média, de acordo com Blossfeld (1965) citado por Furtado (1994) o que contribui para atenuação das temperaturas quando comparados os módulos à sombra da árvore e módulo ao sol.



Tabela 1. Característica da espécie arbórea analisada.

Características do flamboyant			
Altura aproximada da árvore (m)	9	Diâmetro da copa (m)	10
Altura do fuste (m)	3.2	Forma da copa	Semi-Esférica
Diâmetro do tronco (cm)	42	Comprimento da Folha (cm)	0,6
Cor do Tronco	Acinzentado	Largura da folha (cm)	0,4
Rugosidade do tronco	Pouco rugoso	Cor da folha	Verde médio

Nos dias selecionados para a avaliação do sombreamento do flamboyant, as condições do tempo variaram de céu claro a parcialmente nublado (com nuvens esparsas) e vento moderado $\leq 5,2\text{m s}^{-1}$.

Foram utilizados dois termômetros de globo negro, dois psicrômetro a ventilação natural, para as medições de temperatura de globo negro, temperatura do ar, umidade relativa do ar e um anemômetro para coleta da velocidade do vento. Os equipamentos medidores de temperaturas foram colocados no interior dos módulos de edificações pré-moldados e o anemômetro na parte externa.

Foram construídos dois módulos em estrutura de madeira, sem vedação lateral, nas dimensões 2,50 m x 2,00 m e pé direito 2,30 m, cobertos com telhas de fibrocimento de 6mm e inclinação de telhado de 30%, sendo um localizado à sombra da árvore e outro ao sol. A intenção de uma construção sem vedação lateral foi a de produzir uma interação entre os meios interno e o externo relacionando o sombreamento produzido pela espécie utilizada.

Os aparelhos medidores de temperatura no horário dos registros, sempre permaneceram sombreados pela cobertura, fixados por suporte metálico e localizado no centro geométrico das construções a 1,30 m do solo (altura média do peito de uma pessoa) e dispostos no interior dos módulos localizados ao sol e à sombra da árvore.

Durante o período experimental foram selecionados cinco dias, com céu claro ou com nuvens esparsas e os demais desconsiderados, por se apresentarem nublados ou com ocorrência de precipitação pluviométrica durante o período da medição.

Os aparelhos foram colocados simultaneamente no módulo à sombra da árvore e no módulo ao sol, às 7:15 h e as medições coletadas em intervalos de 60 minutos, de modo que, primeira medida foi registrada às 8:15h e a última às 16:15 h.

A partir da coleta dos dados de temperatura de globo negro (T_g), temperatura do ar (T_s) e temperatura de bulbo úmido (T_u), calculou-se a umidade relativa do ar (UR) e o índice de temperatura de globo e umidade (ITGU). Os dados da velocidade do vento foram coletados simultaneamente nos mesmos horários.

Para psicrômetro sem aspiração e pressão atmosférica de 750 mmHg, foram calculados os valores de umidade relativa do ar (UR), pelas expressões matemáticas que consideram as medidas dos termômetros de bulbo seco e bulbo úmido, conforme Pereira et al. (2002). Pela expressão proposta por Buffington et al. (1981), calculou-se o índice de temperatura de globo e umidade (ITGU) a partir das medidas das temperaturas de globo negro e termômetro de bulbo úmido.

Foi adotado como parâmetro de normalização a temperatura no interior do módulo ao sol, para quantificar o efeito da sombra da árvore analisada. O cálculo das variações relativas da temperatura do ar foi obtido pela equação 1.

$$R_{T_s} = \frac{T_{s\text{ SOL}} - T_{s\text{ SOMBRA}}}{T_{s\text{ SOL}}} \cdot 100 \quad \text{Eq. (1)}$$

Onde:

VR_{T_s} = variação relativa da temperatura do ar (%)

$T_{s\text{ SOL}}$ = temperatura do ar no módulo localizado ao sol ($^{\circ}\text{C}$).

$T_{s\text{ SOMBRA}}$ = temperatura do ar no módulo localizado à sombra do indivíduo arbóreo analisado ($^{\circ}\text{C}$).

Para as temperaturas obtidas nos globo negro utilizou-se a equação 2:

$$VR_{T_g} = \frac{T_{g\text{ SOL}} - T_{g\text{ SOMBRA}}}{T_{g\text{ SOL}}} \cdot 100 \quad \text{Eq. (2)}$$



Onde:

VR_{Tg} = variação relativa da temperatura de globo (%).

$T_{g\ SOL}$ = temperatura de globo no módulo ao sol (°C).

$T_{g\ SOMBRA}$ = temperatura de globo no módulo à sombra do indivíduo arbóreo analisado (°C).

A partir dos resultados obtidos na equação 1 e equação 2, foi calculada a média horária diária das variações relativas para as condições de sombreamento com a utilização da equação 3:

$$M_H = \frac{Vr1 + Vr2 + Vr3 + Vr4 + Vr5}{5} \quad \text{Eq. (3)}$$

Onde:

M_H = média horária das variações relativas (%).

VrN = variação relativa de temperatura no dia N analisado(%).

Foram calculadas as médias horárias diárias de temperatura de globo negro, temperatura do ar, índice de temperatura de globo e umidade e umidade relativa do ar.

Os valores coletados no flamboyant foram analisados e considerados na modelagem dos dados os seguintes fatores: ambientes (sombra e sol), horários (08:15, 09:15, 10:15, 11:15, 12:15, 13:15, 14:15, 15:15, 16:15 horas) e dias (tomados como bloco). O modelo linear geral assumido para os fatores estudados foi o seguinte:

A análise de medidas repetidas baseada em modelos mistos foi realizada utilizando-se o procedimento MIXED do sistema SAS (LITTELL et al., 1998). O efeito do fator horário foi interpretado por meio de equações de regressão polinomiais, utilizando-se o aplicativo computacional SAEG (Ribeiro Júnior, 2001). Na análise estatística foi utilizado o nível de 1% de probabilidade.

Resultados e Discussão

A Tabela 2 apresenta os valores médios horários dos dias registrados para temperaturas de globo negro (T_g), temperatura do ar (T_s) e temperatura de bulbo úmido (T_u) no interior dos módulos à sombra do flamboyant e ao sol.

Pelos resultados das médias horárias dos dias analisados, observou-se que as temperaturas de globo negro e a temperatura do ar foram mais elevadas no interior dos módulos entre os horários

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \alpha\beta_{ij} + \gamma_k + \epsilon_{ijk} \quad \text{Eq. (4)}$$

Em que:

Y_{ijk} : Observação referente ao i-ésimo ambiente, no j-ésimo horário e no k-ésimo;

μ : dia médio geral (bloco).

α_i : efeito do i-ésimo ambiente.

β_j : efeito do j-ésimo horário.

$\alpha\beta_{ij}$: efeito da interação entre o i-ésimo ambiente e o j-ésimo horário.

γ_k : efeito do k-ésimo dia (bloco).

ϵ_{ijk} : erro experimental, admitido $\sim N(0, \sigma^2)$.

Foram considerados os níveis do fator horário com medidas repetidas dentro de cada ambiente. Utilizou-se a metodologia de modelos mistos, mais apropriada para estes dados, admitindo-se efeitos fixos para os fatores ambientes e horários e efeito aleatório para o fator dia (blocos). O modelo linear misto, em notação de matrizes tem a seguinte forma:

$$Y = X\beta + Zv + \epsilon \quad \text{Eq. (5)}$$

Y : vetor de observação univariadas.

β : vetor desconhecido de efeitos fixos relacionados com a matriz modelo (delineamento) conhecida X .

v : vetor desconhecido de efeitos aleatórios relacionados com a matriz conhecida Z .

ϵ : vetor desconhecido de erros aleatórios (resíduos).

das 11:15 h e 16:15 h tanto à sombra quanto ao sol, com máxima para T_g às 15:15h de 35,7 °C à sombra e de 39,0 °C ao sol e para T_s de 33,7 °C às 16:15h à sombra e 34,6 °C às 15:15h ao sol.

Na Tabela 2, observam-se valores médios horários dos dias de registro das medições para a temperatura de globo negro (T_g), temperatura do ar (T_s), temperatura de bulbo úmido (T_u), do módulo à sombra do flamboyant e do módulo ao sol. A maior diferença das médias horárias para a T_g foi de 4,2° C. A média registrada dos dias analisados foi de 32,5° C no módulo à sombra e 35,96° C no módulo ao sol. A diferença entre as médias foi de 3,46° C, com porcentagem de 9,62% na comparação entre os módulos. Para T_s , a maior diferença entre as médias horárias foi de 1,8° C. A média dos dias foi de 30,54° C no módulo à sombra e de 31,8° C ao sol. A diferença entre as médias foi de 1,26° C e porcentagem de 3,96%.



Tabela 2. Valores médios horários registrados das temperaturas de globo negro (Tg), temperatura do ar (Ts) e temperatura de bulbo úmido (Tu), no módulo à sombra do flamboyant e no módulo ao sol.

Equipamentos	Tg (°C)		Ts (°C)		Tu (°C)	
	Sombra	Sol	Sombra	Sol	Sombra	Sol
Horário						
08:15	27,0	29,4	25,2	26,0	22,5	23,5
09:15	29,4	32,2	27,4	28,6	23,3	24,3
10:15	31,3	34,7	28,9	30,3	23,6	24,7
11:15	32,7	36,6	30,7	32,5	23,8	25,1
12:15	33,6	37,6	31,3	32,8	23,9	25,2
13:15	34,4	38,2	32,2	33,5	24,2	25,0
14:15	34,3	37,7	32,3	33,4	23,7	24,7
15:15	35,7	39,0	33,3	34,6	23,9	24,7
16:15	34,1	38,3	33,7	34,4	24,1	25,1
Média	32,5	35,96	30,54	31,8	23,7	24,7

Com base nos valores médios horários registrados nos dias analisados e apresentados, na Tabela 2, para avaliação de sombreamento do flamboyant, observou-se que quanto maiores às temperaturas de globo (Tg), maior a variação da temperatura do ar (Ts), ou seja, menores as temperaturas sob a copa da árvore.

Na Tabela 3, observam-se os valores médios horários dos dias registrados para ITGU e UR no interior do módulo à sombra do flamboyant e do módulo ao sol e valores de velocidade do vento.

Tabela 3. Valores médios horários de índice de temperatura de globo e umidade (ITGU) e umidade relativa do ar (UR) no interior do módulo à sombra do flamboyant e do módulo ao sol e valores de velocidade do vento.

Horário	ITGU		UR(%)		Vel. do vento (m s ⁻¹)
	Sombra	Sol	Sombra	Sol	
08:15	76,3	78,7	78,9	80,5	2,8
09:15	78,5	81,3	70,1	69,6	4,2
10:15	80,1	83,4	63,2	62,4	4,7
11:15	81,2	85,0	55,2	54,1	5,4
12:15	82,0	85,8	52,9	53,2	5,7
13:15	82,8	86,1	50,5	49,1	5,5
14:15	82,4	85,5	47,4	47,8	5,4
15:15	83,5	86,5	44,4	43,3	6,1
16:15	82,5	86,2	43,6	45,8	6,7
Média	81,0	84,3	56,2	56,2	5,2

Pela Tabela 3, para o índice de temperatura de globo e umidade (ITGU) os valores médios horários máximos registrados ocorreram às 15:15 h com 83,5 à sombra da árvore e de 86,5 ao sol e a maior diferença entre os módulos foi registrada às 11:15h com 3,8. Para umidade relativa do ar (UR) os valores médios horários máximos ocorreram às 8:15 h com 78,9% no módulo à sombra da árvore e de 80,5% no módulo ao sol e a maior diferença foi registrada às 16:15 h com 2,0%.

Pelos registros, observou-se que para umidade relativa do ar, os valores máximos foram encontrados nas primeiras medições do dia.

Dados obtidos de umidade relativa do ar (UR) confirmam que as variações encontradas na pesquisa ocorreram, ora com valores maiores ao sol, ora com valores maiores à sombra do flamboyant. Variações estas também encontradas em estudo realizado por Bueno (1998) sobre atenuação da radiação solar incidente por



diferentes indivíduos arbóreos, levando em consideração as características de cada espécie.

Os dados de velocidade do vento para avaliação do conforto térmico de um ambiente são importantes, pois suas variações podem produzir alterações no conforto de homeotérmicos conforme o deslocamento das massas de ar. No período em que as medições foram registradas essas variações estiveram próximas da média de 5,2 m s⁻¹.

Pela Tabela 4 na análise de variância dos dados coletados para avaliação do sombreamento da variável Tg, houve efeito significativo dos fatores ambiente e horário e não significativo da interação de ambiente versus horário. Para a variável temperatura de bulbo seco ou temperatura do ar (Ts), houve efeito significativo dos fatores ambiente e horário e efeito não significativo da interação ambiente versus horário.

Tabela 4. Resumo da análise de variância dos dados do flamboyant, mostrando os testes dos efeitos fixos para as variáveis, temperatura de globo negro (Tg) e temperatura do ar (Ts), com base em modelos mistos.

Efeito	Tg				Ts			
	GL Num	GL Den	Valor F	Pr > F	GL Num	GL Den	Valor F	Pr > F
Ambiente	1	4	35,80	0,0039	1	4	136,96	0,0003
Horário	8	32	32,15	0,0001	8	32	71,31	0,0001
Amb*Hor	8	32	1,30	0,2775	8	32	1,28	0,2867

Na Tabela 5 de análise de variância dos dados coletados para avaliação do sombreamento para a variável ITGU verifica-se que houve efeito significativo para ambiente e horário e não

significativo da interação ambiente versus horário. Para a variável UR houve efeito significativo para horário e não significativo para ambiente e para a interação ambiente versus horário.

Tabela 5. Resumo da análise de variância dos dados do flamboyant, mostrando os testes dos efeitos fixos para as variáveis, índice de temperatura de globo e umidade (ITGU) e umidade relativa do ar (UR), com base em modelos mistos.

Efeito	ITGU				UR			
	GL Num	GL Den	Valor F	Pr > F	GL Num	GL Den	Valor F	Pr > F
Ambiente	1	4	71,64	0,0011	1	4	0	0,977
Horário	8	32	23,40	0,0001	8	32	50,90	0,0001
Amb*Hor	8	32	1,38	0,2406	8	32	0,92	0,5144

Na Tabela 6, são observadas as correlações para temperatura de globo negro (Tg), temperatura do ar (Ts), índice de temperatura de globo e umidade (ITGU) e umidade relativa do ar

(UR). Houve correlação positiva (p<0,01) da variável Tg com Ts e Tg com o ITGU. Houve correlação negativa (p<0,01) da variável UR com as variáveis Tg, Ts e ITG.

Tabela 6. Correlações de Pearson para as variáveis, temperatura de globo negro (Tg), temperatura do ar (Ts), índice de temperatura de globo e umidade (ITGU), umidade relativa do ar (UR) para o flamboyant.

	Tg	Ts	ITGU	UR
Tg	1,00000	0,89566**	0,98677**	-0,78259**
Ts	0,89566**	1,00000	0,88126**	-0,93984**
ITGU	0,98677**	0,88126**	1,00000	-0,72100**
UR	-0,78259**	-0,93984**	-0,72100**	1,00000

** Significativo (P<0,01), pelo Teste t.

Na Tabela 7, observa-se as equações de regressão ajustadas para as variáveis de temperatura de globo negro (Tg), temperatura do

ar (Ts), índice de temperatura de globo e umidade (ITGU) e umidade relativa do ar (UR) em função do horário de coleta (Hor) para o flamboyant.

Tabela 7. Equações de regressão ajustadas para as variáveis de temperatura de globo negro (Tg), temperatura do ar (Ts), índice de temperatura de globo e umidade (ITGU) e umidade relativa do ar (UR), em função do horário de coleta (Hor) para o flamboyant.

Variáveis	Equações de regressão	R ²
Tg	$T\hat{g} = -5,85131 + 5,92080^{**} \text{ Hor} - 0,205519^{**} \text{ Hor}^2$	0,56
Ts	$T\hat{s} = -0,684877 + 4,47401^{**} \text{ Hor} - 0,144958^{**} \text{ Hor}^2$	0,77
ITGU	$ITGU = 48,3095 + 5,11587^{**} \text{ Hor} - 0,179439^{**} \text{ Hor}^2$	0,52
UR	$UR = 189,936 - 18,7317^{**} \text{ Hor} + 0,604454^{**} \text{ Hor}^2$	0,79

** significativo (p< 0,01).

Na Figura 1, são representadas as estimativas da temperatura de globo negro (Tg), da temperatura do ar (Ts), do índice de temperatura

de globo e umidade (ITGU) e da umidade relativa do ar (UR) em função do horário, para o flamboyant.

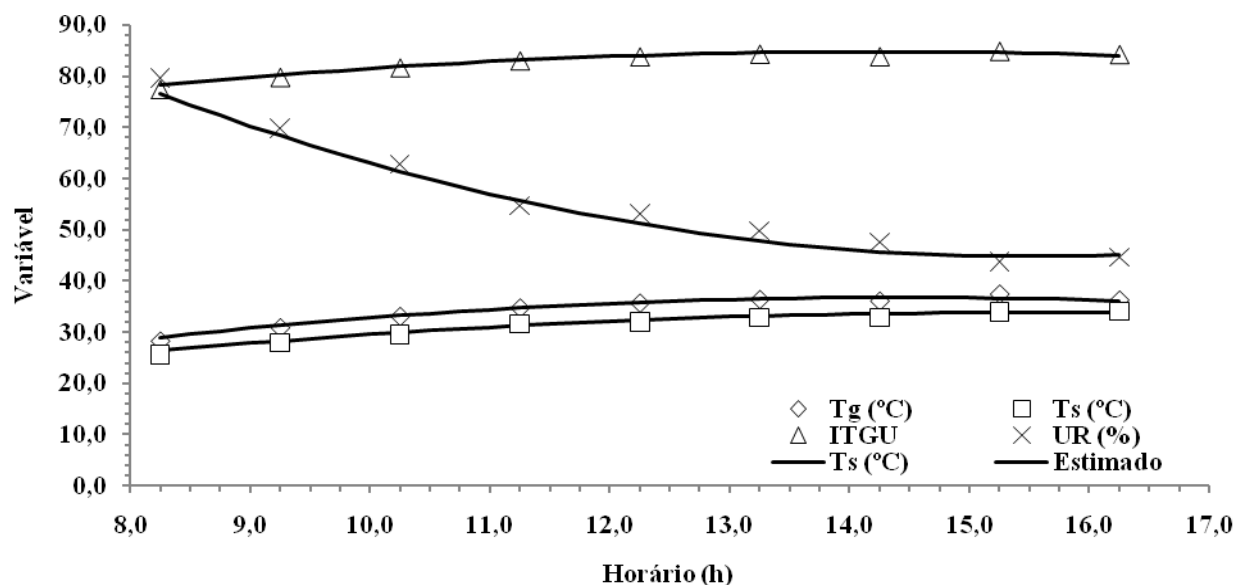


Figura 1. Estimativas da temperatura de globo negro (Tg), da temperatura do ar (Ts), do índice de temperatura de globo e umidade (ITGU) e da umidade relativa do ar (UR) em função do horário, para o flamboyant.

Conforme os modelos apresentados na Tabela 7, pode-se confirmar que houve comportamento quadrático do horário para as variáveis Tg, Ts e ITGU. Observando os dados dos modelos apresentados na Figura 1 pode-se verificar que a mínima umidade relativa do ar ocorreu às 15:29 h, a máxima temperatura de globo negro às 14:24 h, a máxima temperatura do ar às 15:26 h e a máxima para o índice de temperatura de globo e umidade às 14:16 h.

Alterações no microclima local podem ser observadas pela densidade foliar da copa da

árvore, que produz resfriamento do seu interior, assim, as copas mais densas interceptam melhor a radiação solar e retêm com maior facilidade o ar quente impedindo-o a sua dissipação. A copa do flamboyant é classificada por densidade foliar média (Tabela 1), o que permitiu com maior facilidade a dissipação do ar quente, confirmado pelos resultados obtidos na pesquisa. Essa afirmação foi comprovada por Ghelfi Filho et al. (1996) na avaliação de duas espécies arbóreas adequadas para pastagens e por Silva et al. (1996) em estudo de redução da carga térmica de



radiação pelo sombreamento de três espécies arbóreas, que apresentavam diferentes densidade foliar.

Por tratar-se de região de clima quente, o sombreamento arbóreo do flamboyant produziu alterações favoráveis no microclima, assim, a atenuação da temperatura pela arborização assume papel de relevância quanto a obstrução da radiação solar direta, também comprovada por Heisler (1982), em trabalhos realizados, o autor afirma que mesmo quando estavam sem folhas as espécies arbóreas analisadas produziram variações na transmissão da radiação.

O flamboyant, por suas características e pela forma da copa semi-esférica, produziu sombreamento com maior eficiência nos horários em que a radiação solar foi mais intensa, comprovou-se esta afirmação quando foram feitos os registros das medições e comparada com as temperaturas entre os módulos ao sol e à sombra da árvore. Comprovada por Sattler et al. (1987) em estudo sobre geometria das sombras por diferentes formas de copas de árvores, em que afirma que a forma da copa da árvore tem interferência na obstrução da radiação solar direta.

Conclusões

O sombreamento da copa do flamboyant (*Delonix regia*) proporcionou alterações favoráveis ao microclima local. Houve redução da temperatura à sombra do flamboyant (*Delonix regia*), tanto na temperatura do ar, como para a temperatura de globo negro.

Houve redução no índice de temperatura de globo e umidade (ITGU) na comparação entre os módulos ao sol e à sombra da árvore. Pelas características da espécie arbórea, porte, forma e densidade foliar da copa do flamboyant e pelos resultados obtidos, afirma-se que houve atenuação das temperaturas à sombra da árvore.

Referências

BERNATZKY, A. The contribution of trees and green spaces to a town climate. In: **Energy and Building**, v.5. p. 1-10. 1982.

BUENO, C.L. **Estudo da Atenuação da Radiação Solar Incidente por Diferentes Espécies Arbóreas**. 1998. 177p. Dissertação (Mestrado em Hidráulica e Saneamento).

Faculdade de Engenharia Civil, UNICAMP, Campinas, 1998.

BUFFINGTON, D.E.; COLLAZO-AROCHO, A.; CANTON, G.H.; THATCHER, W.W.; COLLIER, R.J. Black globe humidity index (BGHI) as confort equation for dairy cows. **Transactions of the ASAE**, v.24, n.3, p. 711 – 714, 1981.

EMBRAPA. Embrapa Agropecuária Oeste (Dourados, MS). **Boletim Agrometeorológico 1999**. Embrapa Agropecuária Oeste. Dourados, 30p. 1999.

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

GHELFI FILHO, H.; SILVA, I.J.O.; NÃÃS, I.A. Sombreamento natural: avaliação de algumas espécies arbóreas através de índices de conforto térmico. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 25, 1996, Bauru-SP. **Anais...** Bauru: SBEA. Paper n. 395- 96, 8 p. 1996.

HEISLER, G.M. **Reductions of solar radiation by tree crowns**. In Newark, D.E., Progress in Solar Energy, American Section of the International Solar Energy Society. p.133 – 138, 1982.

HEISLER, G.M. Effects of individual trees on the solar radiation climate of small buildings. **Urban Ecology**. v.9, p.337-359, 1986.

IZARD, J.L.; GUIOT, A. **Arquitetura Bioclimática**. Barcelona: Gustavo Gilli, 1983.

LITTELL, R.C.; HENRY, P.R.; AMMERMAN, C.B. Statistical analysis of repeated measures data using SAS procedures. **Journal of Animal Science**, 76, p 1216 – 1231, 1998

MCPHERSON, E.G. **Planting Desing for solar Control. Energy Conserving Site Desing**. E G.



Washington, DC: American Society of Landscape Architects, 1984.

PEREIRA, A.R.; ANGELOCCI, L.R.; SENTELHAS, P.C.; **Agrometeorologia: fundamentos e aplicações práticas.** Guaíba- RS: Agropecuária, 478p. 2002.

RIBEIRO JUNIOR, J.I. **Análise estatística no SAEG.** Viçosa: UFV, 301p. 2001.

SATTLER, M.A. **Computer-Based Design Techniques for the Thermal Analysis of Low Cost Housing in Brazil, Incorporating the use of shading by trees.** 1987. A Thesis submitted to the Faculty Studies in Candidacy for the Degree of Doctor of Philosophy. University of Sheffield, 1987.

SILVA, I.J.O.; SILVA, K.O.; NÃÃS, I.A. Redução da carga térmica de radiação através do sombreamento natural. **In: CONGRESSO ARGENTINO DE ENGENHARIA RURAL, 4., CONGRESSO INTERNACIONAL DE ENGENHARIA RURAL, 2.,** 1996, Neuquen. **Memórias...** Neuquen: Universidad Nacional Del Comahue, Universidad Nacional de La Plata, INTA Centro Regional Patagônia Norte, p.799-807. 1996.