

AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DO SOMBREAMENTO NATURAL EM PASTAGEM NO OUTONO

MARTINS, J. L.¹; DA SILVA, I. J. O.²; FAGNANI, M. Â.³; MOURA, D. J.²; PIEDADE, S. M.⁴

RESUMO: O sombreamento natural é um dos principais elementos para o conforto térmico dos animais na pastagem. A definição da qualidade térmica das sombras fornecidas pelas espécies arbóreas é um fator importante na tomada de decisão dos produtores rurais. O presente trabalho tem como objetivo avaliar a qualidade térmica de algumas espécies arbóreas, usando, para isso, os dados climáticos e os índices de conforto térmico animal. Foram estudadas as sombras fornecidas pelas seguintes espécies: *Pera glabrata* Baill. (Sapateiro), *Copaifera langsdorffii* Desf. (Copaiba), *Platycyamus regnellii* Benth. (Pau Pereira), *Anadenanthera macrocarpa* Brenan (Angico), *Enterolobium contortisiliquum* Morong (Orelha de Preto). As variáveis meteorológicas registradas foram: temperatura de bulbo seco, temperatura de bulbo úmido, velocidade do vento, umidade relativa, temperatura de globo negro, radiação solar incidente e nível de iluminação durante o outono. Os registros dos dados foram realizados às 8:00, às 10:00, às 12:00, às 14:00, às 16:00 e às 18:00. Foram ainda determinados os índices de conforto térmico BGHI, CTR e THI. Usou-se o delineamento estatístico de blocos casualizados. Das espécies arbóreas estudadas, a que proporcionou a melhor qualidade térmica de sombreamento, com uma maior redução na carga térmica radiante, foi *Pera glabrata* Baill. (Sapateiro), seguida por *Platycyamus regnellii* Benth. (Pau Pereira) e por *Anadenanthera macrocarpa* Brenann (Angico) e *Copaifera langsdorffii* Desf. (Copaiba), ficando por último *Enterolobium contortisiliquum* Morong (Orelha de Preto). As características fenológicas das espécies estudadas tiveram fundamental relevância para a qualidade térmica do sombreamento.

Palavras-chave: arborização, sombreamento, conforto térmico, produção animal.

QUALITATIVE EVALUATION OF TREE SHADING IN PASTURES DURING FALL TIME

SUMMARY: Tree shades constitute the main elements of the thermal comfort for grazing animals. The definition of the quality of the shadow provided by the arboreal species is an important factor for the rural producer making decision. The current trial intends to evaluate the thermal quality of some arboreal species using meteorological data and animal thermal comfort indexes. The shadows provided by the following species were studied: *Pera glabrata* Baill., *Copaifera langsdorffii* Desf., *Platycyamus regnellii* Benth., *Anadenanthera macrocarpa* Brenan and *Enterolobium contortisiliquum* Morong. Meteorological data recorded were dry bulb temperature, wet bulb temperature, wind speed, relative humidity, black globe temperature, incident radiation and light intensity during fall. Data were recorded at 8 A. M., 10 A. M., 12 A. M., 2 P. M., 4 P. M. and 6 P. M., respectively. Thermal comfort indexes BGHI, CTR, THI, were also recorded. The arboreal species that provided the best thermal shadowing quality with a higher reduction on the thermal heat load was *Pera glabrata* Baill., followed by *Platycyamus regnellii* Benth., then *Anadenanthera macrocarpa* Brenan and *Copaifera langsdorffii* Desf. The least was *Enterolobium contortisiliquum* Morong. The phenotype characteristics of each of the studied species have fundamental relevance in the shadowing quality.

Keywords: arborization, shadowing, thermal comfort, animal production

¹ Eng^o Agrônomo Mestre em Engenharia Agrícola, e-mail: martinsjl@yahoo.com.br

² Prof.(a) Dr.(a) do Departamento de Engenharia Rural - ESALQ/USP.

³ Profa. Dra. do Departamento de Água e Solo da Faculdade e Engenharia Agrícola da UNICAMP.

⁴ Profa. Dra. do Departamento de Ciências Exatas da ESALQ/USP.

Recebido pelo Conselho Editorial em: 20.02.02

Aprovado pelo Conselho Editorial em: 04.09.03

INTRODUÇÃO

A busca de alternativas mais econômicas e menos agressoras ao meio ambiente leva à procura de soluções para os problemas relacionados ao conforto térmico, tanto humano como animal. Nesse contexto, a arborização destaca-se como uma das soluções propostas.

No mundo atual, a preocupação com as condições do ambiente é cada vez maior; a arborização torna-se uma ferramenta capaz de amenizar, de forma significativa, os efeitos desses problemas. No ambiente rural, temos as perdas no rendimento dos animais (redução da taxa de fertilidade, elevada mortalidade, redução do índice de desfrute e lactação), causadas pelo estresse dos animais (frangos de corte, bovinos leiteiros, suínos, etc.).

Estudos realizados por Kratzer (1956) comprovam que as áreas desprovidas de vegetação tornam-se muito quentes ao meio-dia e frias à noite; as áreas densamente vegetadas apresentam temperaturas sem grandes variações diurnas, sendo consideravelmente mais baixas que as anteriores. Configura-se, pois, uma variabilidade considerável nos microclimas, os quais por sua vez, dependendo da radiação solar recebida, do regime dos ventos e da precipitação ou umidade, (e, em conseqüência, da temperatura resultante), definirão ambientes mais ou menos confortáveis para os usuários (sejam eles humanos ou animais).

Para Cavalheiro (1994), algumas considerações devem ser observadas no planejamento de uma arborização, sob o aspecto de conforto ambiental: as árvores possibilitam rebaixamento de temperatura de 6 a 8°C, por meio da fotossíntese; enriquecem a umidade relativa do ar, pela transpiração da fitomassa

(300-450 ml de água/m² de área); diminuem a reflexão da luz solar, consomem o gás carbônico e liberam o oxigênio; em razão da fotossíntese e da respiração, as árvores filtram o ar, retendo partículas sólidas nas folhas, além de diminuir a velocidade do vento e atenuarem os ruídos.

É justamente no meio rural que os componentes arbóreos, segundo Montoya et al. (1994), são subutilizados e seu potencial relativamente inexplorado.

É sobre o conforto térmico, cujos objetivos são a redução e o controle de radiação solar, da temperatura do ar, da umidade relativa e da velocidade do vento, que a ação moderadora da vegetação mais se manifesta (Sattler, 1992).

As pesquisas sobre arborização no meio rural, para melhoria nas condições de conforto e conseqüentemente na produção, estão relacionadas com o sombreamento natural e são mais aplicadas ao gado leiteiro em pastos (Sleutjes & Lizierie, 1991; Graves, 1988; Baccari, 1986; Hahn, 1981). Alguns comparam a eficiência da sombra fornecida pelas árvores à fornecida por telhados na redução da carga térmica de radiação, com os mais diferentes materiais de cobertura (Kelly et al., 1954; Hahn & Hruska, 1989).

No Brasil, as pesquisas sobre arborização no meio rural estão relacionadas à determinação de metodologias de avaliação da qualidade da sombra e à comparação de algumas espécies quanto à qualidade de sombra, o que foi demonstrado pelos autores Garboggini et al. (1995).

Estudando o efeito do sombreamento natural na redução da carga térmica de radiação, em Lavras MG, Silva et al. (1995) analisaram as seguintes espécies Sibipiruna (*Caesalpinia peltophoroides* Benth), Sapucaia (*Lecythis pisonis* Camb) e Tipuana (*Tipuana speciosa* Benth), concluindo que a sombra de melhor

qualidade térmica foi a da Sibipiruna, seguida da Tipuana e da Sapucaia. Comparadas, ainda, a um galpão coberto com telhas de fibrocimento e à radiação a céu aberto, houve uma redução da carga térmica de 37,7%, para o sombreamento natural, e de 34,4% para o telhado de fibrocimento.

Na região de Campinas, Bueno (1998) avaliou as espécies Jatobá (*Hymenaea courbaril*); Chuva de Ouro (*Cassia fistula*); Magnólia (*Michelia champaea*); Ipê Roxo (*Tabebuia impetiginosa*) e Sibipiruna (*Caesalpinia peltophoroides*). Entre as espécies estudadas, as que apresentaram o melhor desempenho quanto à atenuação da radiação solar foram, em primeiro lugar, a Sibipiruna (88,5% de atenuação), o Jatobá (87,2%) e a Chuva de Ouro (87,3%); em segundo lugar, a Magnólia (82,4%) e, por último, o Ipê Roxo, com 75,6% de atenuação.

Ainda na região de Campinas, Guiselini & Silva (1999), que avaliaram as espécies Santa Bárbara (*Melia azedarah*), Leucena (*Leucaena leucocephala*), Chapéu de Sol (*Terminalia catappã*) e Bambu (*Bambusa vulgaris*), concluíram que, dentre elas, a melhor qualidade térmica da sombra foi a do Bambu, seguida do Chapéu de Sol; a da Santa Bárbara ficou em posição intermediária e a da Leucena mostrou-se inferior.

O presente trabalho tem, como objetivo geral, avaliar a qualidade térmica do sombreamento natural fornecido por algumas espécies arbóreas, em condições de pastagem.

Como objetivos específicos, destacam-se:

- Avaliar os parâmetros micrometeorológicos e os índices de conforto térmico animal, nas suas variações diárias e anuais, sob a influência da sombra das espécies estudadas;
- Selecionar as melhores espécies estudadas para o uso em pastagem, de modo a servir como referência

a produtores, para implementar a arborização nesses locais.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no Campus da Universidade de São Paulo (USP), localizado no Município de Pirassununga, SP e situado nas coordenadas 21°57'02"S e 47°27'50"W e a uma altitude de 630m. A área total do campus compreende cerca de 2.269 ha, dos quais 30% ocupados por diferentes tipos de cerrado (cerrado "sensu strictu", cerradão e floresta ciliar) e os restantes 70%, por áreas de cultivo e de pastagem (Fina, 1999).

Seleção de árvores:

As árvores foram selecionadas de acordo com a disponibilidade de sua existência isolada, levando-se em conta, segundo Silva et al. (1998), velocidade de crescimento; tamanho, altura e forma das copas; tipo de folhas; isolamento de outras árvores e construções; cobertura do solo, evitando-se solo pavimentado; grau de toxidez, no caso de sombras em pastos, e idade das espécies.

As pastagens do piquete, onde foram selecionadas as espécies arbóreas para o experimento, são compostas por braquiária (*Braquiária decumbens*). As árvores encontradas no piquete de pastagem são resultado do corte seletivo do cerrado. Com isso, foram selecionados exemplares adultos de cinco espécies, um exemplar de cada espécie, que atendiam aos critérios acima. As espécies selecionadas foram:

1. Sapateiro, *Pera glabrata* Baill:- características morfológicas: altura de 8-10 m, com tronco de 40-50

cm de diâmetro. Folhas simples, glabras, de 7-11 cm de comprimento por 3-5 cm de largura. Fenologia: floresce durante os meses de janeiro a março. Os frutos iniciam a maturação no final de outubro, prolongando-se até janeiro. O desenvolvimento das plantas no campo é apenas moderado. O exemplar selecionado (Figura 1) possui diâmetro da sombra da copa igual a 12,5 m, circunferência do tronco à altura do peito, tronco múltiplo: $t_1 = 1,52$ m, $t_2 = 1,50$ m, com altura do fuste igual a 3,54 m.

2. Copaíba, *Copaifera langsdorffii* Desf.: características morfológicas: altura de 10-15 m, com tronco de 50-80 cm de diâmetro. Copa globosa densa; folhas compostas pinatífidas, com 3-5 jugos; folíolos alternos ou opostos, glabros, de 4-5 cm de comprimento por 2-3 cm de largura. Fenologia: floresce durante os meses de dezembro a março. Os frutos amadurecem em agosto-setembro com a planta quase totalmente despida de folhagem. O exemplo selecionado (Figura 2) possui diâmetro de sombra da copa igual a 16,5 m, circunferência do tronco à altura do peito, tronco único: $t = 2,0$ m, com altura do fuste igual a 2,3 m.

3. Pau Pereira, *Platycyamus regnellii* Benth.: características morfológicas: altura de 10-20 m, com tronco de 40-60 cm de diâmetro, folhas compostas trifolioladas; folíolos glabros na face superior e ferrugíneo-tomentosos na inferior. Fenologia: floresce durante os meses de fevereiro a abril. Os frutos iniciam a maturação em agosto com a planta totalmente destituída de folhagem, prolongando-se até o final de setembro. O exemplo selecionado (Figura 3) possui diâmetro da copa igual a 15,8 m, circunferência do tronco à altura do peito, tronco único: $t = 2,00$ m, altura do fuste igual a 2,30 m.

4. Angico, *Anadenanthera macrocarpa* Brenan: características morfológicas: altura de 13-20 m, com tronco de 40-60 cm de diâmetro. Sua casca varia de uma forma quase lisa e clara até rugosa ou muito fissurada e preta. Seus ramos novos podem se apresentar espinhentos. Folhas compostas bipinadas, de 10-25 jugas; folíolos rígidos, com 20-80 jugos. Fenologia: floresce durante os meses de setembro a novembro com a planta quase totalmente despida de folhagem. Os frutos (vagens) amadurecem de agosto a setembro. O exemplo selecionado (Figura 4) possui diâmetro da copa igual a 23,7 m, circunferência do tronco à altura do peito, tronco único: $t = 3,68$ m, altura do fuste igual a 4.10 m.

5. Orelha de Preto, *Enterolobium contortisiliquum* Morong: características morfológicas: altura de 20-35 m, com tronco de 80-160 cm de diâmetro. Folhas compostas bipinadas com 2-7 jugas. Fenologia: floresce a partir de meados de setembro, prolongando-se até novembro. A maturação dos frutos ocorre durante os meses de junho e julho, permanecendo, entretanto, na árvore por mais alguns meses. O exemplo selecionado (Figura 5) possui diâmetro da copa igual a 20,0 m, circunferência do tronco à altura do peito: tronco múltiplo: $t_1 = 1,53$ m; $t_2 = 1,36$ m; $t_3 = 1,33$ m; $t_4 = 0,98$ m; altura do fuste igual a 2,65 m.

Dados obtidos a partir de Lorenzi (1992).

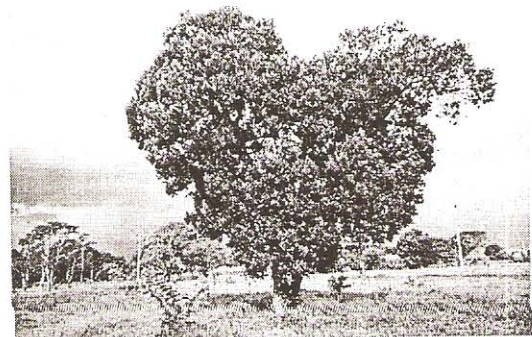


Figura 1 - Sapateiro (*Pera glabrata* Baill).

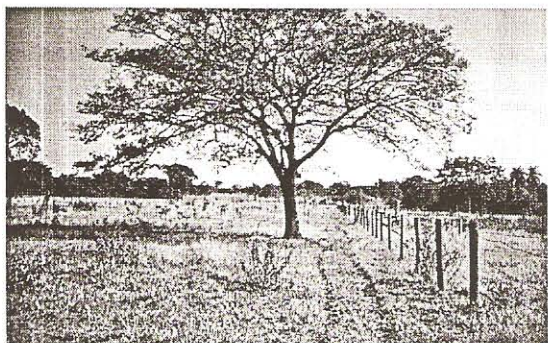


Figura 2 - Copaíba (*Copaifera langsdorffii* Desf.)

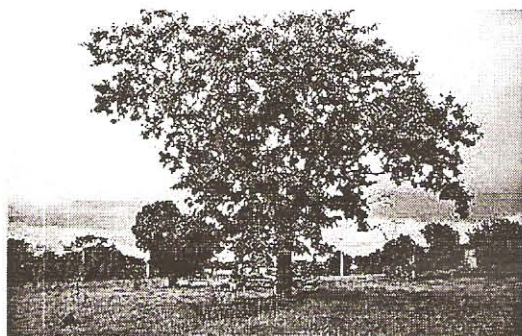


Figura 3 - Pau Pereira (*Platycamus regnellii* Benth.)

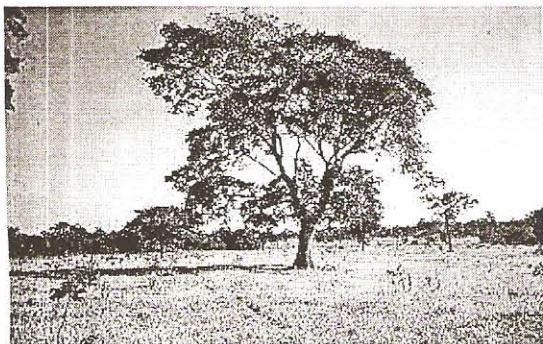


Figura 4 - Angico (*Anadenanthera macrocarpa* Brenan).



Figura 5 - Orelha de Preto (*Enterolobium contortisiliquum* Morong).

Após a seleção das espécies e dos exemplares, foram realizados estudos prévios, no sentido de observar o deslocamento das sombras ao longo do dia. Isso facilitou a locação dos equipamentos de coleta de dados e evitou que recebessem radiação solar direta.

Estudo da sombra:

Para qualificar as sombras das espécies arbóreas, foram estudadas as características psicrométricas do microclima gerado, de acordo com a metodologia proposta por Silva et al. (1998).

Foram registrados os dados de temperatura de bulbo seco e de bulbo úmido, as temperaturas de máximas e mínimas, a velocidade do vento, a temperatura do globo negro e nível de iluminação. Sob a sombra de cada espécie selecionada, foi instalada uma mini-estação meteorológica, de forma a registrar todos os dados inerentes ao microclima gerado pela sombra. Além da mencionada altura média de 1,6 m (simulando o dorso do bovino), recomendou-se, com relação à posição horizontal dos equipamentos, que eles fossem colocados à distância média de 0,50 m do tronco da espécie, ou no centro geométrico da sombra projetada. Em ambos os casos, os equipamentos foram deslocados de acordo com a inclinação do sol e, conseqüentemente, com a movimentação da sombra, conforme proposto por SILVA et al. (1995). Para a medida da velocidade do vento, foi utilizado um termo-anemômetro da marca Alnor. O nível de iluminação foi registrado com um luxímetro da marca Minipa.

Para a interpretação dos dados, foram utilizados alguns índices de conforto térmico:

- a) Índice de temperatura e de umidade relativa (THI), proposto por Thom (1977):

$$THI = T_{bs} + 0,36 T_{bu} + 41,5 \quad (1)$$

onde:

T_{bs} = temperatura de bulbo seco (°C);
T_{bu} = temperatura de bulbo úmido (°C).

- b) Carga térmica radiante (CTR), proposta por SILVA (2000):

$$CTR = 1,053 hc (T_g - T_{bs}) + \alpha T_g^4 \quad (2)$$

onde:

hc = $(k/0,15)0,38Re^{0,6} Pr^{1/3}$;
k = condutividade térmica do ar;
Re = número de Reynolds;
Pr = número de Prantl;
T_g = temperatura de globo negro
T_{bs} = temperatura de bulbo seco (°C);
 α = constante de Stefan-Boltzmann, $5,67 \times 10^{-8} W/(K^4 m^2)$

- c) Índice de globo negro e umidade (BGHI), proposto por Buffington et al. (1981)

$$BGHI = T_g + 0,36T_{po} + 41,5 \quad (3)$$

onde:

T_g = temperatura de globo negro, (°C);
T_{po} = temperatura de ponto de orvalho (°C), obtida com o programa PLUS (Psychrometric Look-Up Substitute) de Albright (1990).

Esses valores foram calculados para todos os horários estudados, durante todo o período de estudo.

Coleta dos dados

Os dados foram coletados durante 30 dias no outono, no período de 20/05/2000 a 18/06/2000. Para a leitura dos dados, foi adotada a coleta às 8:00, às 10:00, às 12:00, às 14:00, às 16:00, e às 18:00, visando ao mapeamento climatológico da radiação solar do dia,

segundo a metodologia proposta por Silva et al. (1998).

Análise dos dados

Foram selecionados os dias de maior desconforto (considerados críticos), utilizando-se como parâmetros de seleção, os valores de entalpia, obtidos com o programa PLUS (Psychrometric Look-Up Substitute) de Albright (1990).

Delineamento experimental

O delineamento adotado foi o de blocos casualizados e o pacote estatístico usado foi o SAS.

A análise estatística constou de seis tratamentos (referentes às cinco espécies de árvores e mais a testemunha a céu aberto) e com trinta blocos (representados pelos dias de avaliação), com uma repetição.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nos horários mais quentes do dia (12:00, 14:00 e 16:00), visualizou-se, mais claramente, a eficiência das sombras das espécies arbóreas estudadas em minimizar os efeitos da radiação solar. As variáveis respostas que traduziram mais nitidamente esses resultados foram a temperatura de globo negro (T_g), o índice de carga térmica radiante (CTR) e o nível de iluminação, que serão discutidos a seguir.

Temperatura de globo negro (T_g)

A variação da temperatura de globo negro, nas sombras estudadas, pode ser observada na Figura 6. Observa-se que a temperatura de globo negro, média ao longo do dia, em condição de céu aberto, foi superior às demais, o que já era esperado. Nos horários mais

quentes do dia, entre 12 e 16 horas, a espécie Orelha de Preto (*Enterolobium contortisiliquum* Morong) apresentou temperatura de globo negro superior à das demais espécies estudadas, diferindo-se estatisticamente.

Essa característica permite justificar a importância da densidade da copa na redução da temperatura de globo negro. Também outros fatores, como a altura da copa e o tipo de folha, são determinantes na qualidade final do sombreamento e do conforto térmico.

Na Tabela 1, apresentam-se os resultados da análise estatística. Observa-se que, às 12 horas, a temperatura de globo negro a céu aberto apresentou a maior média, diferenciando-se das espécies estudadas. A classificação das espécies em função da temperatura de globo negro, de acordo com a análise estatística, foi: a Orelha de Preto (*Enterolobium contortisiliquum* Morong), que difere da Copaíba (*Copaifera langsdorffii* Desf.) e que diferem das espécies Angico (*Anadenanthera macrocarpa* Brenan), Sapateiro (*Pera glabrata* Baill) e Pau Pereira (*Platycyamus regnellii* Benth), que não diferiram entre si, apresentando o menor valor de temperatura de globo negro e, conseqüentemente, uma melhor qualidade de sombra.

Tabela 1 - Comparação de médias da temperatura de globo negro, em °C (Teste Tukey).

Horário	Sapateiro	Copaíba	Pau Pereira	Céu aberto	Angico	O. de Preto
12:00	26,20d	28,63c	26,51d	36,00a	26,90d	31,03b
14:00	27,71d	29,96c	27,61d	37,01a	29,00cd	32,38b
16:00	26,65c	27,71c	26,30c	32,46a	27,71c	29,56b

As médias seguidas de letras iguais não apresentaram diferenças estatísticas ($p>0,01$) pelo Teste de Tukey

Nível de iluminação

A variação do nível de iluminação, nas sombras estudadas, pode ser observada na Figura 7. Constatase que o nível de iluminação médio, ao longo do dia, na testemunha a céu aberto, foi superior ao das demais. Nos horários de maior intensidade luminosa do dia, entre as 12 e 16 horas, a espécie Orelha de Preto (*Enterolobium contortisiliquum* Morong) apresentou um nível de iluminação superior às demais espécies estudadas.

Pela Tabela 2, para o nível de iluminação (em lux), pode-se observar que, às 12 horas, a testemunha a céu aberto foi a que teve maior média, seguida pela Orelha de Preto, vindo a seguir a Copaíba (*Copaifera*

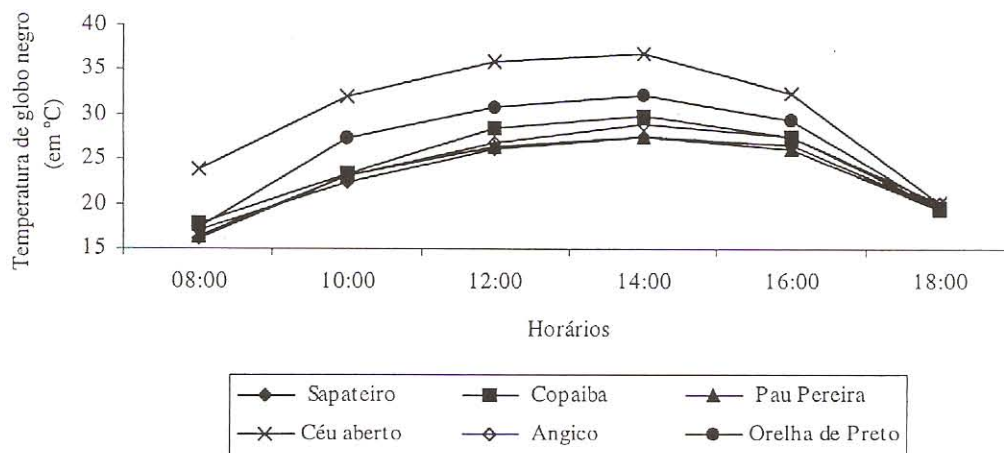


Figura 6 - Variação média da temperatura de globo negro (°C), na sombra fornecida por diferentes espécies.

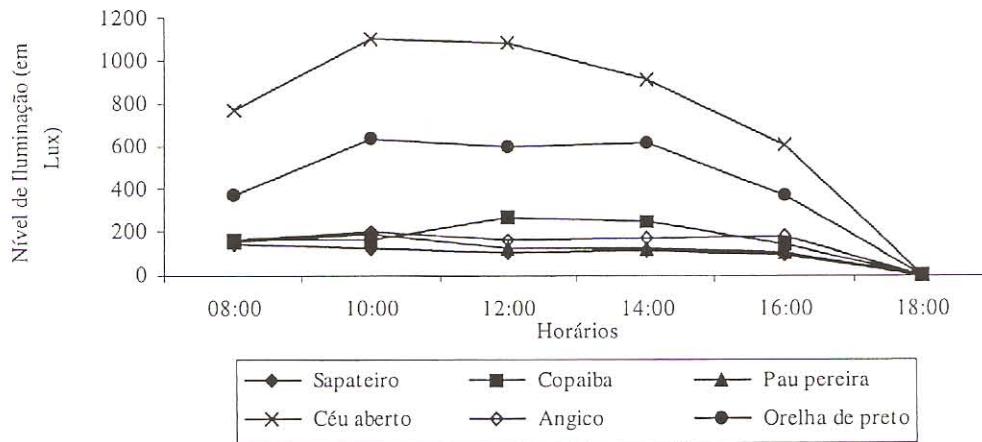


Figura 7 - Variação das médias do nível de iluminação (em lux), na sombra fornecida por diferentes espécies arbóreas estudadas.

langsdorffii Desf.) e o Angico (*Anadenanthera macrocarpa* Brenan), e o Pau Pereira (*Platycyamus regnellii* Benth) e o Sapateiro (*Pera glabrata* Baill.), que não diferiram estatisticamente entre si.

Tabela 2 - Resultado da comparação de médias da intensidade luminosa, em lux (Teste Tukey).

Horário	Sapateiro	Copaíba	Pau Pereira	Céu aberto	Angico	O. de Preto
12:00	102,77c	262,20c	120,20c	1082,57a	159,50c	597,13b
14:00	118,77c	251,23c	119,67c	917,93a	171,87c	617,13b
16:00	96,77c	145,80c	102,57c	607,67a	179,27c	369,30b

As médias seguidas de letras iguais não apresentaram diferenças estatísticas ($p > 0,01$) pelo teste de Tukey

Índice de carga térmica radiante (CTR)

A variação do índice de carga térmica radiante (CTR), nas sombras estudadas, pode ser observada na Figura 8. Nota-se que o índice de carga térmica, ao longo do dia, em condição de céu aberto, foi superior ao das demais espécies. A Orelha de Preto (*Enterolobium contortisiliquum* Morong) apresentou valor de CTR superior ao das demais espécies estudadas, seguida pela Copaíba (*Copaifera langsdorffii*

Desf.), pelo Angico (*Anadenanthera macrocarpa* Brenan), pelo Pau Pereira (*Platycyamus regnellii* Benth.) e pelo Sapateiro (*Pera glabrata* Baill).

Na Figura 8, observa-se a variação da CTR (em W/m^2) nas sombras estudadas. Nota-se que as espécies que apresentam melhor qualidade térmica são Sapateiro (*Pera glabrata* Baill) e Pau Pereira (*Platycyamus regnellii* Benth.). A espécie com maior CTR é a Orelha de Preto (*Enterolobium contortisiliquum* Morong).

As características morfológicas da espécie, tamanho da copa, tipo e perda ou não de folhas, (Waldige, 1994) foram fatores decisivos para a quantidade de carga térmica radiante que atravessa a copa das árvores. Dessas características, a densidade da copa, consequência da perda de folhas, foi, no outono, o principal fator para a maior quantidade de carga térmica recebida pela espécie Orelha de Preto (*Enterolobium contortisiliquum* Morong). Observa-se que as sombras das espécies Sapateiro (*Pera glabrata* Baill.) e Pau Pereira (*Platycyamus regnellii* Benth.), que não perdem as folhas no outono, receberam menor carga térmica radiante.

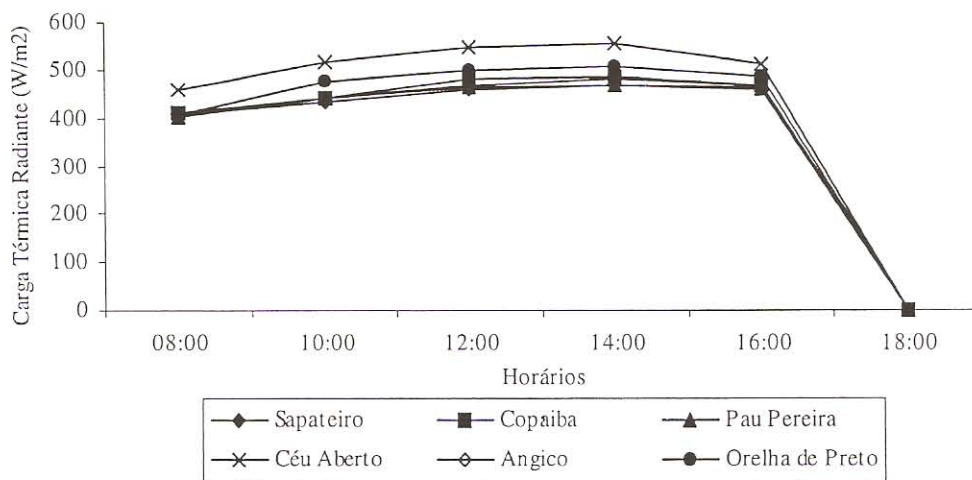


Figura 8 - Variação das médias da carga térmica radiante (W/m^2), na sombra fornecida por diferentes espécies.

Na Tabela 3, nota-se que, às 12 horas, a testemunha a céu aberto se diferencia das demais, com uma maior média de carga térmica radiante, a seguir vem a Orelha de Preto (*Enterolobium contortisiliquum* Morong) e, logo após, a Copaíba (*Copaifera langsdorffii* Desf.), que não diferiram estatisticamente entre si, e com a menor média de carga térmica radiante o Sapateiro (*Pera glabrata* Baill.), o Pau Pereira (*Platycyamus regnellii* Benth.) e o Angico (*Anadenanthera macrocarpa* Brenan), que também não diferem entre si.

Tabela 3 - Comparação de médias do índice de carga térmica radiante, CTR, em W/m^2 (Teste Tukey).

Horário	Sapateiro	Copaíba	Pau Pereira	Céu aberto	Angico	O. de Preto
12:00	459,09d	480,00c	463,54d	547,01a	466,68cd	500,09b
14:00	468,21d	488,25c	468,82d	554,41a	481,56cd	508,66b
16:00	462,86c	468,89bc	459,69c	512,73a	469,93bc	484,89b

As médias seguidas de letras iguais não apresentaram diferenças estatísticas ($p > 0,01$), pelo teste de Tukey.

Redução da carga térmica

As reduções da carga térmica, proporcionadas pelas sombras das espécies arbóreas estudadas, estão

comparadas com a exposição a céu aberto na Tabela 4 e na Figura 9. De acordo com os dados, a espécie arbórea que proporcionou a maior redução na carga térmica radiante, em média, ao longo do dia, foi o Sapateiro (*Pera glabrata* Baill.), com 13,9% de redução, seguida de perto pelo Pau Pereira (*Platycyamus regnellii* Benth.), com 13,9%, em terceiro o Angico (*Anadenanthera macrocarpa* Brenan), com 12,8%, em quarto a Copaíba (*Copaifera langsdorffii* Desf.), com 11,6%, e, por último, a Orelha de Preto (*Enterolobium contortisiliquum* Morong), com 8,30 % de redução.

A redução da carga térmica mostrada na Tabela 4 e na Figura 9 reforça o quanto as características morfológicas de cada espécie interferem na qualidade térmica de sua sombra. As espécies Orelha de Preto (*Enterolobium contortisiliquum* Morong) e Copaíba (*Copaifera langsdorffii* Desf.), que perdem suas folhas no outono, o que reduz a densidade de suas copas, apresentaram uma redução menor na carga térmica radiante que as demais espécies estudadas, produzindo uma menor eficiência de sombra, nessa época do ano.

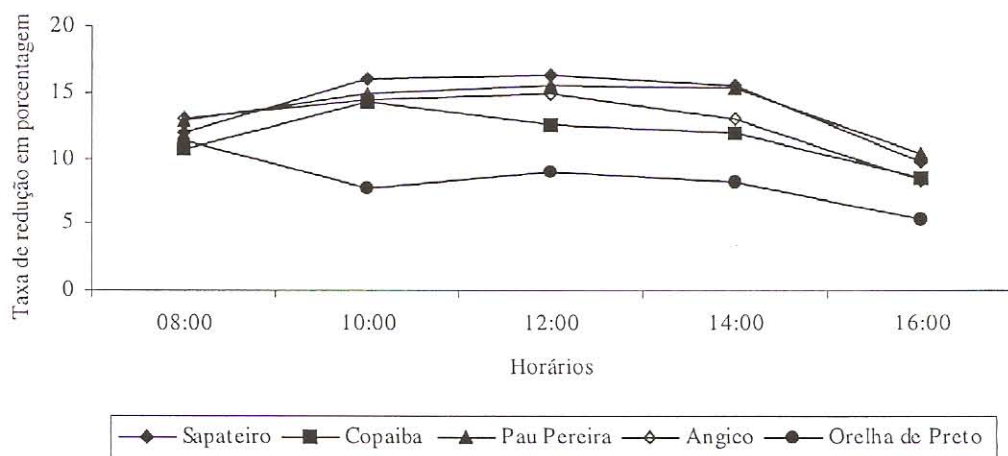


Figura 9 - Variação média da redução da carga térmica radiante (CTR), na sombra fornecida por diferentes espécies arbóreas ao longo do dia, em porcentagem.

Para as variáveis respostas estudadas, temperatura de globo negro, carga térmica radiante (CTR) e nível de iluminação, a espécie Orelha de Preto (*Enterolobium contortisiliquum* Morong) apresentou os resultados mais negativos, em decorrência da perda de folhas no outono.

Tabela 4 - Carga térmica de radiação em porcentagem não bloqueada, os valores entre parênteses indicam porcentagem de redução.

Horário	Sapateiro	Copaíba	Pau pereira	Angico	Orelha de preto
08:00	88,0 (12,0)	89,0(11,0)	87,0(13,0)	87,0(13,0)	89,0(11,0)
10:00	84,0 (16,0)	86,0 (14,0)	85,0(15,0)	86,0(14,0)	92,0(8,0)
12:00	84,0 (16,0)	87,0(13,0)	84,0(16,0)	85,0(15,0)	91,0(9,0)
14:00	84,0 (16,0)	88,0(12,0)	85,0(15,0)	87,0(13,0)	92,0(8,0)
16:00	90,0 (10,0)	91,0(9,0)	90,0(10,0)	92,0(8,0)	95,0(5,0)
Médias	86,1(13,9)	88,4(11,6)	86,1(13,9)	87,2(12,8)	91,7(8,3)

Vale ressaltar que, mesmo com a característica perda de folhas no outono, houve na espécie Orelha de Preto (*Enterolobium contortisiliquum* Morong) uma redução nos níveis de todas as variáveis-respostas

estudadas, em comparação ao tratamento a céu aberto. A copa rala intercepta a radiação solar incidente (Heisler, 1974), ocorrendo a ação moderadora da vegetação na redução e no controle da radiação solar (Sattler, 1992).

CONCLUSÃO

Pelos dados apresentados, a espécie arbórea que proporcionou os melhores resultados nas variáveis respostas apresentadas (temperatura de globo negro, carga térmica radiante, CTR, e nível de iluminação) foi o Sapateiro (*Pêra glabrata* Baill.), seguida pela espécie Pau Pereira (*Platycyamus regnellii* Benth.), vindo a seguir o Angico (*Anadenathera macrocarpa* Brenan), a Copaíba (*Copaifera langsdorffii* Desf.), e a Orelha de Preto (*Enterolobium contorsiliquum* Morong), com o pior desempenho de qualidade de sombra.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBRIGHT, L. D. **Environment control for animals and plants**. St. Joseph: ASAE. 1990. 453p.

- BACCARI, F.J.R. Manejo ambiental para a produção de leite nos trópicos. In: CICLO INTERNACIONAL DE PALESTRAS SOBRE BIOCLIMATOLOGIA ANIMAL, 1., Jaboticabal, 1986. **Anais**. Jaboticabal: FUNEP, 1986. p.45-53.
- BUENO, C. L. **Estudo da atenuação da radiação solar incidente por diferentes espécies arbóreas**. Campinas, 1998, 177p. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas.
- BUFFINTON, D. E.; COLLAZO-AROCHO, A.; CANTON, G. H.; PITTI, D.; TATCHER, W.W.; COLLIER, R. J. **Black Globe**: humidity comfort index for dairy cows. St. Joseph: ASAE, 1977. 10p. (ASAE Paper, 77-4517).
- CAVALHEIRO, F. Arborização urbana: planejamento, implantação e condução. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARBORIZAÇÃO URBANA, 2.; ENCONTRO NACIONAL DE ARBORIZAÇÃO URBANA, 5., São Luiz, 1994. **Anais**. São Luiz: SBAR, 1994. p. 227-231.
- FINA, B. G. **Florística e fitossociologia em área de cerradão, Município de Pirassununga, SP**. Rio Claro, 1999. 63p. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista "Julio de Mesquita Filho".
- GARBOGGINI, I. L. A.; GHELFI FILHO, H.; SILVA, I. J. O. Avaliação da qualidade da sombra de espécies arbóreas através dos índices de conforto térmico para a região de Piracicaba, SP. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 24., Viçosa, 1995. **Resumos**. Viçosa: SBEA. 1995. p.116.
- GRAVES, R. E. Evite o stress pelo calor. **Gado Holandês**, v.54, n.153, p.20-21, 1988.
- GUISELINI, C.; SILVA, I.J.O. Avaliação da qualidade do sombreamento arbóreo no meio rural. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.3, n.3, p-380-384, 1999.
- HAHN, G. L. Housing and management to reduce climatic impacts on livestock. **Journal of Animal Science**, v.52, n.1, p.175-186, 1981.
- HAHN, G. L.; HRUSKA, R. L. **Bioclimatology and livestock housing**: theoretical and applied aspects. St. Joseph: ASAE, 1989. 13p. (Paper ASAE, n. 89-4531).
- HEISLER, G. M. Trees and human comfort in urban areas. **Journal of Forestry**, v.72, n.8, p.466-469, 1974.
- KELLY, C. F.; BOND, T. E.; ITTNER, N. R. Design of livestock shades construction and location of shades contribute to animal comfort and maintance of feed intake. **California Agriculture**, v.12, n.4, p.3-4, 1954.
- KRATZER, P. A. **The climate of cities**. Braunchweig: Vieweg and Sohn, 1956. 83 p.
- LORENZI, H. **Árvores brasileiras**. Nova Odessa: Plantarum. 1992. 368p.
- MONTOYA, L. J.; MEDRADO, M. J. S.; MASCHIO, L. M. A.. Aspectos de arborização de pastagens e de viabilidade técnica-econômica da alternativa silvipastoril. **Documentos EMBRAPA/CNPQ**, n.26, p.157-171, 1994.
- SATLER, M. A. **Arborização urbana e conforto ambiental**. In: CONGRESSO BRASILEIRO SOBRE ARBORIZAÇÃO URBANA, 1., Vitória, 1992. **Anais**. Vitória: SBAU, 1992. p.15-28.
- SILVA, I. J. O. ; SILVA, K. O.; NÃÃS, I. A. Arborização: uma metodologia para avaliação da qualidade de sombras por meio dos índices de conforto térmico. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE BIOMETEOROLOGIA, 2., Goiânia, 1998. **Anais**. Goiânia: Sociedade Brasileira de Biometeorologia, 1998. p.277-283.

- SILVA, K. O.; SILVA, I. J. O.; GHELFI FILHO, H.; NÄÄS, I. A. Caracterização da sombra de árvores, através de índices de conforto térmico, para a região de Lavras-MG. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 24., Viçosa, 1995. **Resumos**. Viçosa: SBEA, 1995.
- SILVA, R.G. Introdução à bioclimatologia animal. São Paulo: Nobel, 2000. 286p.
- SLEUTJES, M. A.; LIZIERIE, R. S. Conforto térmico do gado leiteiro. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE CONSTRUÇÕES RURAIS, AGRIBUILDING, 1., Campinas, 1991. **Resumos**. Campinas: UNICAMP. 1991. 1v.
- THOM, E. C. Cooling degrees day; air conditioning, heating, and ventilating. **Transaction of the American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers**, v.55, n.7, p.65-72, 1977.
- WALDIGE, G. **Avaliação do sombreamento proporcionado por alguns tipos de árvores em pastagens**. Jaboticabal: UNESP, 1994. 30p.