

AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DO SOMBREAMENTO ARBÓREO NO MEIO RURAL

Cristiane Guiselini¹, Iran José Oliveira da Silva² & Sonia Maria Piedade³

RESUMO

Objetivou-se, com este trabalho, avaliar a qualidade das sombras proporcionadas por algumas espécies arbóreas, de forma a quantificar e estabelecer um critério para indicação aos produtores rurais e paisagistas. Foram avaliadas as sombras das espécies: *Melia azedarach* (Santa Bárbara), *Leucaena leucocephala* (Leucena), *Terminalia catappa* (Chapéu de Sol) e *Bambusa vulgaris* (Bambu) cujos dados foram colhidos de hora em hora; no período entre as 9:00 até as 17:00 h, registrou-se: temperatura de bulbo seco, temperatura de bulbo úmido, umidade relativa, temperatura de globo negro e velocidade do vento, com instrumentos localizados debaixo da sombra respectiva e, a partir dos dados coletados, obtiveram-se os índices de conforto térmico: carga térmica radiante (CTR), índice de termômetro de globo negro (WBGT) e índice de temperatura e umidade relativa (THI). Os resultados obtidos após a análise estatística dos dados, permitiram concluir que a Leucena possui qualidade de sombra inferior às demais e que o Bambu apresentou melhores características térmicas. A Santa Bárbara e Chapéu de Sol não se diferenciaram estatisticamente e apresentaram valores intermediários.

Palavras-chave: sombreamento a pasto, qualidade de sombra, índices de conforto térmico

EVALUATION OF THE QUALITY OF ARBOREAL SHADES IN THE RURAL ENVIRONMENT

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the quality of the shades of some tree species, in order to quantify and establish a criterion to be used as an indicator for farmers and landscape designers. The shades of four species were evaluated: *Melia azedarach* (Santa Bárbara), *Leucaena leucocephala* (Leucena), *Terminalia catappa* (Chapéu de Sol) and *Bambusa vulgaris* (Bambu). The following data were registered at hourly interval from 9:00 AM to 5:00 PM: dry bulb temperature, wet bulb temperature, relative humidity, black globe temperature and velocity of the wind were registered with instruments located underneath the respective shades. From collected data were obtained the thermal comfort indices: radiating thermal (CTR), index of temperature of globe (WBGT) and index of temperature and relative humidity (THI). The results after analysis showed that Leucena has a quality of shade inferior as compared to others. Bambu presented better thermal characteristics. No statistical difference were observed between Santa Bárbara and Chapéu de Sol, both showing intermediate values.

Key words: shadowing of grass, shade quality, thermal comfort index

¹ Acadêmica de Engenharia Agrônômica – Estagiária NUPEA, Departamento de Engenharia Rural – ESALQ/USP, Av. Pádua Dias 11, CP 09, CEP 13189 - 000, Piracicaba, SP, Fone: (019) 429 4217, E-mail: cguiseli@hotmail.com

² Professor Doutor, Departamento de Engenharia Rural - ESALQ/USP, Fone: (019) 429 4217, E-mail: ijosilva@esalq.usp.br

³ Professora Doutora, Departamento de Ciências Exatas - ESALQ/USP

INTRODUÇÃO

O sombreamento natural é um dos grandes problemas encontrados atualmente na área de ambiência. A falta de informações com relação às espécies arbóreas a serem recomendadas para fornecer sombra de qualidade, é extremamente limitante à utilização adequada de espécies arbóreas para o conforto térmico em geral.

Sabe-se que a sombra de árvores pode e deve ser usada com a finalidade de proporcionar o conforto térmico tanto no meio rural, em instalações de animais, para o gado no pasto, como no meio urbano, sendo que aí ela também traz outros benefícios, como a redução de poluição atmosférica, visual e sonora.

Entretanto, embora no Brasil existam poucos trabalhos científicos desenvolvidos na área, é reconhecida, internacionalmente, a importância das árvores, tanto isoladas ou em grupo, no controle da radiação solar incidente sobre os diferentes ambientes e o gradiente de temperatura, luminosidade e umidade relativa envolvidos no microclima em que essas se encontram.

O resfriamento do ar é indubitável e incontestável (Bernatzky, 1982) pois, segundo o autor, ele não é somente o resultado do sombreamento proporcionado pelas árvores mas, principalmente, do seu consumo de energia para a evaporação.

Destaca-se que a carência de informações sobre o assunto retrata a necessidade de se estudar seus efeitos, porém se acredita, diante desta problemática, que a indicação da melhor espécie para a arborização de determinada área, estará relacionada às características termofísicas da sua sombra, que é o objetivo desta pesquisa.

Para o meio rural, Silva et al. (1996) ressaltam que o interesse por esse tipo de estudo está ligado diretamente ao aumento de produção, ou seja, fornecer ao animal as condições de conforto necessárias para a expressão de seu potencial genético.

Apesar da reconhecida eficiência das árvores em proporcionar uma região de sombra propícia ao conforto térmico do gado, poucos trabalhos quantificam esta situação (Castineira, 1993).

Segundo Kelly et al. (1954) as árvores oferecem sombras ideais, mas seus valores comparativos são difíceis de serem medidos com instrumentos, devido às suas formas irregulares. Um número limitado de observações na localidade de Davis, Califórnia, indicou que a intensidade de radiação de árvores pode ser menor que aquelas sob coberturas de chapas de alumínio.

Hahn (1981) e Baccari (1986) observaram aumento de 20% na média de produção de gado de leite, dos animais que tinham acesso à sombra.

Sleutjes & Lizieiri (1991) analisaram as diferenças com relação ao conforto térmico de gado leiteiro nas quatro situações: curral a céu aberto, estábulo tradicional, cocho coberto e sombra natural de árvore (mangueira). O experimento foi conduzido em tardes quentes de verão, com temperaturas entre 30° a 38°C. O índice ITGU para estas situações foi, respectivamente, de 94,94, 83,39, 82,22 e 81,47. Os autores concluíram que o curral a céu aberto é de extremo desconforto em tardes de verão tropical; entretanto, não há diferenças significativas entre as áreas sombreadas, ou seja, a sombra de árvores foi tão eficiente quanto a sombra do estábulo com paredes de alvenaria, coberto com

telhas de barro e pé direito alto e do cocho coberto com telhas de amianto, aberto e bem ventilado. Concluíram, então, que a sombra natural pode substituir, com relação ao conforto térmico, instalações caras e tradicionais.

Silva et al. (1998) concluíram que, em função dos dados apresentados resultantes de pesquisas anteriores, a metodologia utilizada é recomendada para avaliação da qualidade térmica de sombras. Deve-se salientar que, com o avanço da tecnologia, novos sistemas de aquisição de dados podem ser utilizados, de maneira a facilitar o trabalho dos pesquisadores, porém a adoção dos índices de conforto térmico que consideram os valores da velocidade dos ventos, é mais eficiente nesta análise.

Em razão do exposto, o presente trabalho tem, como objetivo geral a caracterizar espécies arbóreas utilizadas para sombreamento no meio rural e urbano, com o intuito de classificá-las do ponto de vista termo-físico, através dos índices de conforto térmico existentes.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido no município de Nova Odessa e as árvores estudadas estavam localizadas dentro do Instituto Zootécnico do Estado de São Paulo (IZ); para este estudo foram utilizadas as árvores isoladas evitando-se, assim, a influência de outras sombras.

As árvores foram selecionadas de acordo com a disponibilidade de sua existência isolada no Instituto, levando-se em consideração: (Lima, 1993; Silva, 1995; Nääs, 1995) o emprego em pastos para fornecer sombreamento natural, a qualidade da copa (rala, média ou densa), a projeção da sombra e o tempo de crescimento. Com base nesses aspectos, foram selecionadas quatro espécies distintas destinadas ao sombreamento a pasto.

Melia azedarach, pertencente à família Meliaceae, originária da Ásia, é uma árvore decídua, isto é, com folhas alternas, flores pequenas mas numerosas nos conjuntos terminais grandes, fruto tipo drupa, amareladas e enrugadas, que persistem com o inverno. É encontrada em áreas perturbadas, natural em bordas das estradas, nas clareiras de florestas e em áreas naturais; na paisagem é usada como árvore ornamental (Russell, 1997).

Leucaena leucocephala, família Leguminosae, subfamília Mimosoideae, mais comumente conhecida por leucena; seu porte varia de 12 a 20 m de altura, tronco liso, as folhas são alternas, o bipinatifólio, 12-30 cm longo, com 4-10 pares dos folíolos por folha, as inflorescências (conjuntos de flor) são cabeças esféricas de 1,5 - 2,5 cm de diâmetro, embalados densamente com muitas flores pequenas, aproximadamente 100, 1 - 4 nas axilas das folhas em pedúnculos de 2 - 4 cm longo. As flores são brancas, com as 5 pétalas separadas e os 10 estames; as vagens (fruta do legume) são estreitas oblongadas (Seem, 1995).

Terminalia catappa, conhecida também por amendoeira, guarda-sol, chapéu-de-sol e castanhola, pertence à família Combretaceae com origem na Índia e na Malásia. Árvore de tronco reto e casca áspera, formando galhos horizontais, folhas grandes, duras, verdes quando jovens, depois amareladas e vermelho-rubro. Flores de coloração creme-amarelado, presas em longas hastes dispostas nas porções terminais dos ramos, fruto de forma elipsóide, contendo uma semente muito dura com amêndoa comestível, de coloração amarelo-arroxeadado

quando maduro; desenvolve-se em qualquer tipo de solo, de fertilidade mediana, bem drenados; possui crescimento lento e pode ser utilizada como planta ornamental; frutifica de novembro a março (Tassara et al., 1999).

Bambusa vulgaris, mais comumente chamada Bambu, pertence à família das Gramineae, originária da Ásia. Seu porte pode atingir até 15 m de altura, a folha tem 25 cm de comprimento e 4 de largura em média, gomos verdes e cilíndricos (Recht & Wetterwald, 1992) e, segundo Graça (1988) a característica mais marcante é que o seu crescimento se dá por meio de entouceiramento (cespitoso) isto é, pela formação de touceiras mais ou menos densas.

Para se qualificar as sombras das árvores, estudaram-se as características psicrométricas do microclima gerado pelas mesmas, de acordo com a metodologia proposta por Silva et al. (1996).

Registraram-se os dados de temperatura de bulbo seco e bulbo úmido, temperaturas de máxima e mínima, velocidade do vento e temperatura do globo negro. Abaixo de cada sombra da espécie selecionada foi instalada uma mini-estação meteorológica, de forma a se registrar todos os dados inerentes ao microclima gerado pela sombra.

Os equipamentos foram locados diretamente sob a sombra projetada da árvore selecionada e a céu aberto. Alguns autores instalaram os equipamentos a 1,30 m do nível do solo, simulando a altura média do tórax do ser humano (Bueno et al., 1997) e outros, estudando conforto térmico animal, adotaram a altura média de 1,60 m, simulando o dorso dos bovinos (Silva et al., 1995). Como as árvores em estudo estão a pasto, adotou-se a altura média de 1,60 m, simulando o dorso do bovino. Com relação à posição horizontal dos equipamentos, colocou-se a mini-estação meteorológica a uma distância média de 0,50 m do tronco da espécie ou no centro geométrico da sombra projetada, observando-se que, em ambos os casos, os equipamentos deverão ser deslocados de acordo com a inclinação do sol e, conseqüentemente, com a movimentação da sombra.

Os dados registrados de hora em hora, ao longo do dia, foram: os valores da velocidade do vento, a temperatura de bulbo seco e a temperatura de bulbo úmido, a temperatura de globo negro e, por meio das equações psicrométricas, os valores das demais propriedades do ar. Essas medições foram realizadas no local do experimento, visando-se quantificar as relações termo-físicas entre a sombra proporcionada pela árvore e o meio ambiente. Para o estudo comparativo e qualitativo usaram-se os índices de conforto térmico recomendados pela literatura:

Índice de Temperatura e Umidade (THI) desenvolvido por Thom (1958):

$$THI = TBS + 0,36 TBU + 41,5$$

em que:

TBS - temperatura de bulbo seco (°C)

TBU - temperatura de bulbo úmido (°C)

Índice de Temperatura de Globo (WBGT):

$$WBGT = 0,7 TBU + 0,2 TG + 0,1 TA$$

sendo:

TBU - temperatura de bulbo úmido (°C)

TG - temperatura de globo (°C)

TA - temperatura ambiente (°C)

Índice de Carga Térmica Radiante (CTR), proposta por Esmay (1979):

$$CTR = \tau (TMR)^4$$

TRM- Temperatura radiante média

$$TMR = 100 \{ [2.51(V.V.)^{0.5}(TG - Ta) + (TG/100)^4]^{0.25} \}$$

onde:

VV - velocidade do vento (m s⁻¹)

TG - temperatura de globo negro (K)

Ta - temperatura ambiente (K)

$\tau = 5.67 * 10^{-8} K^{-4} W m^{-2}$ (Constante de Stefan-Boltzmann)

Os dados foram coletados durante 5 dias (14, 15 e 22 de outubro/98 e 5 e 9 de fevereiro/99) e seus registros realizados nos horários 9:00, 10:00, 11:00, 12:00, 13:00, 14:00, 15:00, 16:00 e 17:00 horas, visando ao mapeamento climatológico da radiação solar do dia, metodologia proposta por Silva et al. (1998).

O delineamento experimental utilizado para análise estatística dos dados foi o de blocos inteiramente casualizados (DIC) adotando-se o teste de Tukey para a comparação das médias. O pacote estatístico SAS foi usado para a avaliação dos dados.

Fez-se o estudo comparativo dos índices de conforto térmico com as espécies selecionadas para estudo.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

A análise dos resultados mostrou que as diferenças estatísticas entre as espécies arbóreas foram evidenciadas nos horários mais quentes do dia, ou seja, no intervalo das 12:00 às 16:00 horas.

Os valores médios das variáveis resposta foram considerados para análise geral dos resultados. Verifica-se, na Tabela 1, o resultado do teste de Tukey, utilizado para a comparação das médias, para a variável resposta temperatura de globo. Nota-se que nos horários 9:00 e 10:00 horas não ocorreu variação estatística nas médias da temperatura de globo porém, a partir das 11:00 horas, essas diferenças foram observadas, mostrando que a *Leucena* apresentou valores superiores de temperatura de globo, e o *Bambu*, inferiores. Essas diferenças nem sempre são evidenciadas graficamente (Figura 1) devido as diferenças entre as temperaturas serem pequenas. Deve-se ressaltar, aqui, que para ambientes abertos a simples redução de 0,5°C tem eficiência considerável na avaliação do conforto térmico do ambiente.

Tabela 1. Avaliação* pela temperatura de globo (TG)

Horário	Santa Bárbara	Leucena	Chapéu de Sol	Bambu
09:00	24,78 a	25,60 a	23,44 a	23,76 a
10:00	28,10 a	27,90 a	25,72 a	25,06 a
11:00	28,74 ab	31,00 a	27,64 ab	28,02 b
12:00	29,48 a	31,68 a	29,34 a	29,40 a
13:00	31,10 ab	35,24 a	30,56 ab	29,92 b
14:00	32,28 ab	37,40 a	31,94 ab	31,62 b
15:00	32,76 ab	37,78 a	32,32 ab	31,88 b
16:00	32,14 ab	37,26 a	31,86 ab	31,70 b
17:00	32,16 ab	36,66 a	31,48 ab	31,02 b

* As médias seguidas de letras iguais não apresentaram diferenças estatísticas (p>0,05) pelo teste de Tukey

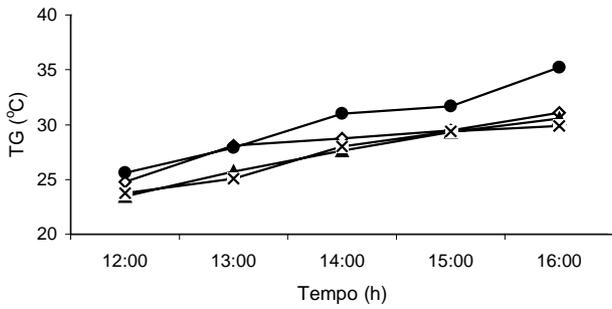


Figura 1. Variação da temperatura de globo e média da sombra de espécies arbóreas estudadas

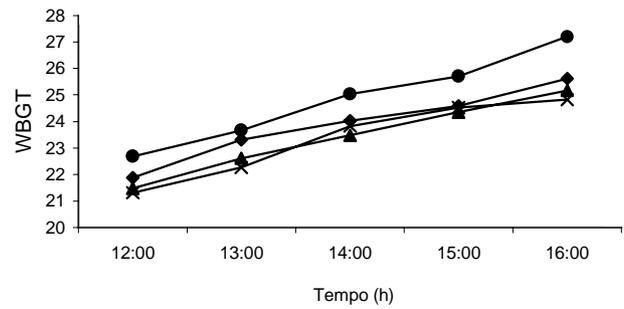


Figura 2. Variação do índice de temperatura e umidade relativa médio de sombras de espécies arbóreas estudadas

Com relação à avaliação do índice de temperatura e umidade relativa (THI) observa-se (Tabela 2) que na comparação das médias pelo teste de Tukey, a Leucena se distinguiu das demais, apresentando os maiores valores de THI, destacando-se também o Bambu, com os menores valores.

Tabela 2. Avaliação* pelo índice de temperatura e umidade relativa (THI)

Horário	Santa Bárbara	Leucena	Chapéu de Sol	Bambu
09:00	72,39 a	75,57 a	71,73 a	73,26 a
10:00	74,03 b	76,81 a	73,89 b	75,43 b
11:00	76,34 ab	78,68 a	76,13 ab	77,77 b
12:00	77,76 b	80,31 a	77,55 b	78,55 b
13:00	79,62 ab	81,81 a	79,09 ab	79,90 b
14:00	80,77 ab	82,92 a	80,91 ab	80,88 b
15:00	78,95 a	84,21 a	81,87 a	81,12 a
16:00	80,62 a	83,57 a	81,89 a	80,50 a
17:00	80,44 ab	83,38 a	81,32 ab	79,95 b

* As médias seguidas de letras iguais não apresentaram diferenças estatísticas (p>0,05) pelo teste de Tukey

O mesmo comportamento foi observado também quando se avaliou o índice de temperatura de globo e a umidade (WBGT) conforme observado na Tabela 3 e na Figura 2.

A variação dos resultados ao longo do dia, pode ter sido ocasionada pela presença de nuvens no horário da leitura dos dados e pelo efeito convectivo proporcionado pela ventilação.

Na Tabela 4, quando se verifica o efeito da carga térmica radiante (CTR) o vento influi nas diferenças entre as sombras

Tabela 3. Avaliação* pelo índice de termômetro de globo (WBGT)

Horário	Santa Bárbara	Leucena	Chapéu de Sol	Bambu
09:00	22 a	23 a	21 a	21 a
10:00	23 a	24 a	23 a	22 a
11:00	24 ab	25 a	23 ab	24 b
12:00	25 a	26 a	24 a	25 a
13:00	26 ab	27 a	25 b	25 b
14:00	26 b	28 a	26 b	26 b
15:00	26 b	28 a	27 ab	26 b
16:00	26 ab	28 a	26 ab	25 b
17:00	26 ab	27 a	26 ab	25 b

* As médias seguidas de letras iguais não apresentaram diferenças estatísticas (p>0,05) pelo teste de Tukey

Tabela 4. Avaliação* pela carga térmica radiante (CTR)

Horário	Santa Bárbara	Leucena	Chapéu de Sol	Bambu
09:00	481 a	428 a	451 a	449 a
10:00	514 a	496 a	470 a	460 a
11:00	533 a	586 a	504 a	515 a
12:00	513 a	532 a	500 a	516 a
13:00	517 b	582 a	510 b	506 b
14:00	535 b	650 a	527 b	530 b
15:00	640 a	627 a	524 a	528 a
16:00	528 ab	603 a	504 b	512 b
17:00	530 ab	586 a	512 b	503 b

* As médias seguidas de letras iguais não apresentaram diferenças estatísticas (p>0,05) pelo teste de Tukey

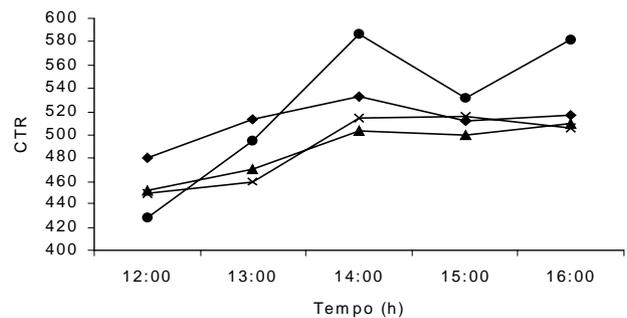


Figura 3. Variação da carga térmica radiante média, da sombra de espécies arbóreas estudadas

Este comportamento se deve, possivelmente, às características morfológicas das espécies; na Leucena, por apresentar uma copa rala e possuir folhas delgadas, a incidência de radiação solar é maior que nas outras espécies, tornando assim a qualidade de sua sombra inferior às demais. Apesar da espécie Santa Bárbara possuir folhas menores que o Chapéu de Sol, sua copa é mais densa e isto faz com que esta característica compense a outra, igualando a qualidade térmica da sombra das duas espécies.

O Bambu, por seu hábito não arbóreo, porte maior e projeção de sombra também maior, resulta numa área sombreada melhor e de qualidade superior.

CONCLUSÕES

De acordo com os resultados apresentados, conclui-se que a Leucena apresentou qualidade térmica de sombra inferior às demais espécies estudadas e que o Bambu foi superior. Quanto às espécies Santa Bárbara e Chapéu de Sol verificou-se, pelos resultados, que não apresentaram diferenças estatísticas, demonstrando comportamento intermediário à Leucena e ao Bambu.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BACCARI, F.J.R. Manejo ambiental para a produção de leite nos trópicos. In.: CICLO INTERNACIONAL DE PALESTRAS SOBRE BIOCLIMATOLOGIA ANIMAL, 1., 1986, Jaboticabal. **Anais...** Jaboticabal: FUNEP, 1986. p 45 - 53.
- BARTENSTEIN, F. The future of urban forestry. **Journal of Arboriculture**, Urbana, v.7, n.10, p.261, 1981.
- BUENO, C.L.; LABAKI, L.C.; SANTOS, R.F. Caracterização das espécies arbóreas e sua contribuição para o conforto térmico urbano do sub-distrito de Barão Geraldo, Campinas. In: ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 4, 1997. Salvador. **Anais...** Salvador: FAUBA, LACAM-ANTAC, 1997. p.93 - 96.
- CASTINEIRA, M.P. Estudo de índices de conforto térmico em sombras de árvores no pasto. Universidade Federal de São Carlos, 1993. 14p., mimeografado.
- ESMAY, M.L. **Principles of animal environment**. Westport: AVI Publisher, 1979, 325p.
- GRAÇA V.L. **Bambu – Técnicas para o cultivo e suas aplicações**. São Paulo: Icone, 1988, 124p.
- HAHN, L.G. Housing and management to reduce climatic impacts on livestock. **Journal of Animal Science**, Menasha, v.52, n.1, p.175 - 186, 1981.
- KELLY, C.F.; BOND, T.E.; ITTNER, N.R. Design of livestock shades construction and location of shades contribute to animal comfort and maintenance of feed intake. **California Agriculture**, Berkeley, p.3 - 4, Aug. 1954.
- LIMA, A.M.L.P. **Análise da arborização viária na área central e em seu entorno**. Piracicaba: ESALQ/USP, 1993. 238p. Tese Doutorado
- RECHT, C.; WETTERWALD, M.F. **Bamboos**. London: B. T. Bastford, 1992, 127p.
- RUSSELL, A. B. **Trees of the Maritime Forest**. URL://www.ces.ncsu.edu/depts/hort/consumer/maritime/Meliaaz.htm. 1997.
- SEEM, J. **Leucaena leucocephala**. URL://eddie.mannlib.comell.Oedu/instruction/horticulture/H415/species/leucaena/overview/leucaena.html. 08.Jul.1995.
- 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, XXIV, Viçosa, 1995. **Resumos...** Viçosa: SBEA, 1995. p.
- SILVA, I.J.O.; GHELFI FILHO, H.; NÄÄS, I.A.; GARBOGGINI, I. L.A. Redução da carga térmica de radiação através do sombreamento natural. In: CONGRESSO ARGENTINO DE INGENIERIA RURAL, 4, CONGRESSO INTERNACIONAL DE INGENIERIA RURAL, 2, 1996, Neuquen. **Memorias...** Neuquem: Universidad Nacional del Comhue, Universidad Nacional de La Plata, INTA Centro Regional Patagonia Norte, 1996. p.799 - 807.
- SILVA, I.J.O.; SILVA, K.O.; NÄÄS, 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, GO, 1998. **Anais...** Goiânia - GO, 1998. p. 277-283.
- SLEUTJES, M.A.; LIZIERIE, R.S. Conforto térmico do gado leiteiro. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE CONSTRUÇÕES RURAIS, AGRIBUILDING, 1., 1991, Campinas. **Anais...** Campinas, UNICAMP, 1991.
- TASSARA, H. A biblioteca virtual do estudante brasileiro. URL://bibvirt.futuro.usp.br/acervo/paradidat/frutas/amendoeira/amendoeira.html. 18.Jan.1999.
- THOM, E.C. Cooling degress: Day air-conditioning, heating, and ventilating. **Transactions of the American Society of Heating, Refrigerating and Air - Conditioning Engineers**, Atlanta, v55, n.7, p. 65 - 72, 1958.
- YAGLOW, C.P.; MINARD, D. Control of heat casualties at military training centers. **Archives of Industrial Health**, Chicago, v.16, p.302 - 316, 1957.