

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ
CAMPUS DE MARECHAL CÂNDIDO RONDON
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

NIVALDO KARVATTE JUNIOR

**MICROCLIMA EM SISTEMAS DE INTEGRAÇÃO E CARACTERÍSTICAS
QUANTI-QUALITATIVAS DA SOMBRA DE ESPÉCIES ARBÓREAS NATIVAS E
CULTIVADA, NO CERRADO**

MARECHAL CÂNDIDO RONDON - PR

2014

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ
CAMPUS DE MARECHAL CÂNDIDO RONDON
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

NIVALDO KARVATTE JUNIOR

**MICROCLIMA EM SISTEMAS DE INTEGRAÇÃO E CARACTERÍSTICAS
QUANTI-QUALITATIVAS DA SOMBRA DE ESPÉCIES ARBÓREAS NATIVAS E
CULTIVADA, NO CERRADO**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual do Oeste do Paraná como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação *stricto sensu* em Zootecnia, Área de Concentração em “Produção e Nutrição Animal”, para a obtenção do título de “Mestre em Zootecnia”.

Orientador: Prof. Dr. Eduardo Eustáquio Mesquita

Coorientadores: Prof. Dr. Elcio Silvério Klosowski e Dr^a. Fabiana Villa Alves

MARECHAL CÂNDIDO RONDON - PR

2014

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ
CAMPUS DE MARECHAL CÂNDIDO RONDON
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

NIVALDO KARVATTE JUNIOR

**MICROCLIMA EM SISTEMAS DE INTEGRAÇÃO E CARACTERÍSTICAS
QUANTI-QUALITATIVAS DA SOMBRA DE ESPÉCIES ARBÓREAS NATIVAS E
CULTIVADA, NO CERRADO**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual do Oeste do Paraná como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação *stricto sensu* em Zootecnia, Área de Concentração “Produção e Nutrição Animal”, para a obtenção do título de “Mestre em Zootecnia”.

Marechal Cândido Rondon, 18 de fevereiro de 2014.

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Dr. Eduardo Eustáquio Mesquita
Presidente/Orientador – Universidade Estadual do Oeste do Paraná

Prof. Dr. Elcio Silvério Klosowski
Membro/Coorientador – Universidade Estadual do Oeste do Paraná

Dra. Fabiana Villa Alves
Membro/Coorientadora - Embrapa Gado de Corte

Dr. Roberto Giolo de Almeida
Membro - Embrapa Gado de Corte

Aos pais, Marilei Danieli Karwatte e Nivaldo Karwatte.
Às irmãs Aline Karwatte Piloneto e Elisandra Karwatte Rockenbach.
Imprescindíveis apoios, incentivos e paciência, fontes de inspiração e
aconchego recebidos durante esta caminhada...

DEDICAO.

AGRADECIMENTOS

A Deus sobre todas as coisas.

Ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia pela oportunidade de oferecer e concluir o curso de mestrado e a todos os professores que auxiliaram para a obtenção do título.

À CAPES pela concessão da bolsa.

À Fundect, pelo auxílio financeiro para a execução do projeto.

Ao orientador, Dr. Eduardo Eustáquio Mesquita, e co-orientador, Dr. Elcio Silvério Klosowski, pela ajuda e disponibilidade de atenção, principalmente nos momentos de maior “apuro”, por confiarem a mim a oportunidade de ir e conduzir o experimento na Embrapa Gado de Corte.

A co-orientadora, Dr^a. Fabiana Villa Alves, que acima de tudo acreditou e disponibilizou grande parte do seu tempo, proporcionando inúmeros caminhos de conhecimento, para meu crescimento pessoal e profissional, pela paciência, por não ficar louca com as minhas loucuras (ainda), pela amizade, brincadeiras, puxões de orelha, conversas e por acalmar minha ansiedade. Ah, não posso esquecer o seu salmão, divino.

Ao professor, Dr. Cláudio Yuji Tsutsumi, pela estatística e explicações.

Aos meus pais, Nivaldo Karvatte e Marilei Danieli Karvatte, que não mediram esforços para me ajudar em mais este percurso e que acima de tudo apoiaram, oferecendo todo amor, carinho e a paz que só encontro em vocês, base de todo o meu ser.

As minhas irmãs, Aline Karvatte Piloneto e Elisandra Karvatte Rockenbach, incentivaram, ouviram e aconselharam quando necessário, inspiraram e transmitiram força em todo o percurso.

A Rauen, que com um simples sorriso, abraço e olhar carinhoso, estabilizam todos os meus sentimentos e que veio mostrar que a vida vai muito além do que eu conheço.

Aos colegas de república André “pai”, Américo, Caroline, Fábio, Joilson e Julliana, quando cheguei a Campo Grande pensei: “E agora, Junior?” Mas logo pude perceber que eu havia encontrado uma segunda família. Obrigado pela parceria, conversas, festas e por todos serem meio desparafusados, assim como eu.

A minha “maninha” Caroline, a vida foi muito generosa te colocando em meu caminho, obrigado por estar ao meu lado em todas as situações e sempre tendo um colinho para eu deitar, pelos nossos “sambas” no meio da noite e suas palavras de conforto.

A fiel companheira de campo Natália, por trazer as marmitas da sua mãe e me salvar nas horas de apuros, por mesmo estando cansada das aulas, estar sempre pronta para qualquer “empreitada”.

A todos os colegas da pós-graduação, pelo desespero e pelas alegrias compartilhadas.

A todos os funcionários da Embrapa Gado de Corte, principalmente ao Odivaldo e Paulino, pelo apoio técnico na implantação e condução dos experimentos.

A todos que, direta ou indiretamente, auxiliaram para que fosse possível eu chegar até aqui.

Muito obrigado!

BIOGRAFIA

NIVALDO KARVATTE JUNIOR, filho de Nivaldo Karvatte e Marilei Danieli Karvatte, nasceu em Cascavel – PR, no dia 12 de Janeiro de 1989.

Estudou o ensino Fundamental na Escola Municipal José Silvério de Oliveira e ensino Médio no Colégio Alfa Teen – localizados na cidade de Cascavel – PR, com conclusão em Dezembro de 2006.

Em Fevereiro de 2007, iniciou o Curso de Graduação em Zootecnia pela Universidade Estadual do Oeste do Paraná, no *campus* de Marechal Cândido Rondon-PR.

Em Dezembro de 2011, cumpriu as exigências para obtenção do título de “Zootecnista”.

Em março de 2012, iniciou o Curso de Pós-Graduação em Zootecnia, nível Mestrado, oferecido pela Universidade Estadual do Oeste do Paraná em Marechal Cândido Rondon-PR, concentrando seus estudos na área de Produção Animal e Forragicultura.

Na Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, EMBRAPA – Gado de Corte, em Campo Grande, MS, conduziu o projeto de pesquisa de sua dissertação, submetendo-se aos exames finais de defesa em 18 de fevereiro de 2014.

RESUMO

KARVATTE JUNIOR, NIVALDO. Mestrado em Zootecnia. Universidade Estadual do Oeste do Paraná, fevereiro de 2014. **Microclima em sistemas de integração e características quanti-qualitativas da sombra de espécies arbóreas nativas e cultivada, no Cerrado.** Orientador: Dr. Eduardo Eustáquio Mesquita.

Foram avaliados o microclima em sistemas de integração, com determinação dos índices de conforto térmico ao sol e à sombra, e as características quanti-qualitativas da sombra de espécies arbóreas, nativas e cultivada, no Cerrado. O experimento foi conduzido na Embrapa Gado de Corte, Campo Grande-MS, no período de julho a setembro de 2013, em área experimental com três sistemas de integração (iLPF-1, com 357 árvores de eucalipto/ha; iLPF-2, com 227 árvores de eucalipto/ha e iLP, com 5 árvores nativas/ha), com *Brachiaria brizantha* cv. BRS Piatã. O microclima foi avaliado nos meses de julho, agosto e setembro, registrando-se, para isso, dados de temperatura do ar (T_a), temperatura de bulbo úmido (T_{bu}), temperatura de globo negro (T_{gn}), umidade relativa do ar (UR) e velocidade do vento (V_v), ao sol e a sombra, das 08h00 às 17h00, nos três sistemas. Posteriormente, foram calculados os índices de temperatura e umidade (ITU) e de temperatura de globo e umidade (ITGU), e a carga térmica de radiação (CTR). As configurações das sombras do cambará, cumbaru e eucalipto foram determinadas segundo Silva (2006), em julho, agosto e setembro, às 09h00, 12h00 e 15h00, a partir da altura total (HT), altura de tronco (Ht), comprimento de copa (CC) e diâmetro de copa (DC). Os sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta são eficientes na melhoria do microclima do ambiente de produção, sendo que a quantidade de sombra projetada é diferente conforme a espécie arbórea e sua configuração de copa.

Palavras-chave: árvores, conforto térmico, *Dipteryx alata*, *Eucalyptus urograndis*, *Gochnatia polymorpha*, sombreamento

ABSTRACT

KARVATTE JUNIOR, NIVALDO. Masters in Animal Production. Paraná West State University, february 2014. **Microclimate in integrate systems and quant qualitative characteristics of the shadow of native and cultivated tree species in the Cerrado.** Advisor: Dr. Eduardo Eustáquio Mesquita.

Were evaluated the microclimate in integrate systems, with determination of thermal comfort indices to sun and shade, and the quantitative and qualitative characteristics of shade trees, native and cultivated in Cerrado species. The experiment was conducted at Embrapa Beef Cattle, Campo Grande , in the period July-September 2013, in an area with three integrate systems (iCLF-1 , with 357 eucalyptus trees/ha; iCLF-2, with 227 eucalyptus trees/ha and ILP with 5 native trees/ha), with *Brachiaria brizantha* cv. BRS Piatã. The microclimate has been reported in the months of July, August and September, registering for that, data of air temperature (Ta), the wet bulb temperature (WBT), black globe temperature (BGT), relative humidity (RH) and wind speed (WS), the sun and shade, from 08:00 a.m. to 05:00 p.m. in the three systems. Subsequently, the rates of temperature and humidity (THI) and globe temperature and humidity (BGHI), and radiant thermal load (RTL) were calculated. The settings of the shadows cambará, cumbaru and eucalyptus were determined according to Silva (2006), in July, August and September, at 09:00 a.m., 12:00 and 03:00 p.m., from the total height (HT), stem height (HS), length canopy (LC) and crown diameter (CD). Integrate systems crop-livestock-forest are effective in improving the microclimate of the production environment, and the amount of drop shadow is different depending on the tree species and its configuration canopy.

Keywords: trees, thermal comfort, *Dipteyx alata*, *Eucalyptus urograndis*, *Gochnatia polymorpha*, shading

LISTA DE FIGURAS

3 CAPÍTULO 2 – MICROCLIMA E ÍNDICES DE CONFORTO TÉRMICO À SOMBRA E AO SOL, EM SISTEMAS DE INTEGRAÇÃO NO CERRADO	35
Figura 1. Representação esquemática da área experimental.	39
Figura 2. (a) Conjunto psicrométrico de leitura visual; termohigrômetro digital com <i>datalogger</i> ; globo negro; (b) Abrigo micrometeorológico perfurado.	39
Figura 3. Esquema dos pontos amostrais (A e B).	40
Figura 4. Variáveis climatológicas do entorno da área e ano experimental.	42
Figura 5. Temperatura do ar em sistema de integração lavoura-pecuária (iLP); sistema de integração lavoura-pecuária-floresta com eucalipto em espaçamento de 14 m (iLPF-1); e sistema de integração lavoura-pecuária-floresta com eucalipto em espaçamento de 22 m (iLPF-2), à sombra e ao sol, em Campo Grande, MS. *Linha vermelha corresponde à faixa ideal de T_a , segundo Baêta e Souza (1997).	44
Figura 6. Temperaturas de globo negro em sistema de integração lavoura-pecuária (iLP); sistema de integração lavoura-pecuária-floresta com eucalipto em espaçamento de 14 m (iLPF-1); e sistema de integração lavoura-pecuária-floresta com eucalipto em espaçamento de 22 m (iLPF-2), à sombra e ao sol, em Campo Grande, MS.	44
Figura 7. Umidade relativa em sistema de integração lavoura-pecuária (iLP); sistema de integração lavoura-pecuária-floresta com eucalipto em espaçamento de 14 m (iLPF-1); e sistema de integração lavoura-pecuária-floresta com eucalipto em espaçamento de 22 m (iLPF-2), à sombra e ao sol, em Campo Grande, MS.	45
Figura 8. Velocidade do vento em sistema de integração lavoura-pecuária (iLP); sistema de integração lavoura-pecuária-floresta com eucalipto em espaçamento de 14 m (iLPF-1); e sistema de integração lavoura-pecuária-floresta com eucalipto em espaçamento de 22 m (iLPF-2), à sombra e ao sol, em Campo Grande, MS..	45
Figura 9. Temperatura do ar ($^{\circ}\text{C}$), ao sol e à sombra, das 08h00 às 17h00 (horário local, GMT -04h00), em Campo Grande (MS).	46
Figura 10. Temperatura de bulbo úmido, ao sol e à sombra, das 08h00 às.....	47

Figura 11. Temperatura de globo negro ($^{\circ}\text{C}$) em sistema de integração lavoura-pecuária (iLP); sistema de integração lavoura-pecuária-floresta com eucalipto em espaçamento de 14 m (iLPF-1); e sistema de integração lavoura-pecuária-floresta com eucalipto em espaçamento de 22 m (iLPF-2), à sombra e ao sol, em Campo Grande, MS. 48

Figura 12. Índice de temperatura e umidade (ITU) em sistema de integração lavoura-pecuária (iLP); sistema de integração lavoura-pecuária-floresta com eucalipto em espaçamento de 14 m (iLPF-1); e sistema de integração lavoura-pecuária-floresta com eucalipto em espaçamento de 22 m (iLPF-2), à sombra e ao sol, em Campo Grande, MS. 50

Figura 13. Índice de temperatura de globo e umidade (ITGU) em sistema de integração lavoura-pecuária (iLP); sistema de integração lavoura-pecuária-floresta com eucalipto em espaçamento de 14 m (iLPF-1); e sistema de integração lavoura-pecuária-floresta com eucalipto em espaçamento de 22 m (iLPF-2), à sombra e ao sol, em Campo Grande, MS. 51

Figura 14. Carga térmica de radiação (CTR) em sistema de integração lavoura-pecuária (iLP); sistema de integração lavoura-pecuária-floresta com eucalipto em espaçamento de 14 m (iLPF-1); e sistema de integração lavoura-pecuária-floresta com eucalipto em espaçamento de 22 m (iLPF-2), à sombra e ao sol, em Campo Grande, MS. 52

Figura 15. Carga térmica de radiação (CTR) em sistema de integração lavoura-pecuária (iLP); sistema de integração lavoura-pecuária-floresta com eucalipto em espaçamento de 14 m (iLPF-1); e sistema de integração lavoura-pecuária-floresta com eucalipto em espaçamento de 22 m (iLPF-2), à sombra e ao sol, em Campo Grande, MS. 53

Figura 16. Carga térmica de radiação (CTR) em sistema de integração lavoura-pecuária (iLP); sistema de integração lavoura-pecuária-floresta com eucalipto em espaçamento de 14 m (iLPF-1); e sistema de integração lavoura-pecuária-floresta com eucalipto em espaçamento de 22 m (iLPF-2), à sombra e ao sol, em Campo Grande, MS. 53

4 CAPÍTULO 3 – QUANTIDADE E QUALIDADE DA SOMBRA DE ESPÉCIES NATIVAS E CULTIVADA EM SISTEMAS SILVIPASTORIS NO CENTRO OESTE
..... 59

Figura 1. Croqui da área experimental, em sistemas silvipastoris com diferentes densidades de eucaliptos (i e ii) e sistema silvipastoril com árvores nativas (Dispersas).....	63
Figura 2. Espécies arbóreas avaliadas: (a) eucalipto (<i>Eucaliptus urograndis</i>), (b) cambará (<i>Gochnatia polymorpha</i>); (c) cumbaru (<i>Dipteryx alata</i>).....	64
Figura 3. Formato das folhas de (a) eucalipto (<i>Eucaliptus urograndis</i>), (b) cambará (<i>Gochnatia polymorpha</i>); (c) cumbaru (<i>Dipteryx alata</i>).....	64
Figura 4. Mensurações das árvores para sombreamento.	65
Figura 5. Esquema do ponto amostral (A).....	66
Figura 6. Cambará (<i>Gochnatia polymorpha</i>) em projeção frontal da sombra às 09h00 (a), projeção sobre o tronco às 12h00 (b) e projeção longitudinal da sombra às 15h00 (c), horário local, GMT -04h00, em Campo Grande, MS. Fonte: Elaboradas pelo autor.	70
Figura 7. Temperatura do ar (a), umidade relativa (b), temperatura de globo negro (c) e velocidade do vento (d), para os diferentes horários do dia, na condição de sombreamento de árvores de eucaliptos, em densidade de 357 árvores/ha (i) e 227 árvores/ha (ii) e árvores de cumbaru e de cambará, em Campo Grande, MS.	73
Figura 8. Valores do índice de temperatura e umidade (ITU) para os diferentes horários do dia, na condição de sombreamento de espécies de eucaliptos, em densidade de 357 árvores/ha (i) e 227 árvores/ha (ii) e árvores de cumbaru e de cambará, em Campo Grande, MS.....	75
Figura 9. Índice de temperatura de globo e umidade (ITGU) para os diferentes horários do dia, na condição de sombreamento de árvores de eucaliptos, em densidade de 357 árvores/ha (i) e 227 árvores/ha (ii) e árvores de cumbaru e de cambará, em Campo Grande, MS.....	76
Figura 10. Carga térmica de radiação (CTR), para os diferentes horários do dia, na condição de sombreamento de árvores de eucaliptos, em densidade de 357 árvores/ha (i) e 227 árvores/ha (ii) e árvores de cumbaru e de cambará, em Campo Grande, MS.	77

LISTA DE TABELAS

4 CAPÍTULO 3 – QUANTIDADE E QUALIDADE DA SOMBRA DE ESPÉCIES NATIVAS E CULTIVADA EM SISTEMAS SILVIPASTORIS NO CENTRO OESTE	59
Tabela 1. Altura total (H), altura de troco (Ht), comprimento de copa (CC) e diâmetro de copa (DC) de árvores cultivadas e nativas em sistemas silvipastoris em Campo Grande, MS	69
Tabela 2. Área de sombra (AS), comprimento de sombra (CS) e distância de sombra (DS) das espécies arbóreas de Campo Grande, MS	70
Tabela 3. Ângulo zenital em função de meses e horários de avaliações em Campo Grande, MS	71
Tabela 4. Eucaliptos necessários para produzir a sombra de uma espécie de árvore nativa (cumbaru ou cambará) de Campo Grande, MS.....	72
Tabela 5. Número de animais por área de sombra de acordo com o indivíduo arbóreo em Campo Grande, MS	72

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	16
2 CAPÍTULO 1 – REVISÃO DE LITERATURA	18
2.1 Sombra	18
2.2 Microclima	19
2.2.1 Temperatura, umidade relativa do ar e velocidade do vento	20
2.2.2. Radiação solar	21
2.3 Conforto térmico	22
2.4 Índices de Conforto Térmico	23
2.4.1 Índice de Temperatura e Umidade (ITU)	23
2.4.2 Índice de Temperatura de Globo e Umidade (ITGU ou BGHI)	24
2.4.3 Carga térmica de radiação	25
2.5 Sistemas de produção termicamente confortáveis	26
2.6 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	27
3 CAPÍTULO 2 – MICROCLIMA E ÍNDICES DE CONFORTO TÉRMICO À SOMBRA E AO SOL, EM SISTEMAS DE INTEGRAÇÃO NO CERRADO	35
Resumo	35
Abstract	35
Introdução	36
Material e Métodos	37
Resultados e Discussão	42
Conclusão	54
Referências Bibliográficas	54
4 CAPÍTULO 3 – QUANTIDADE E QUALIDADE DA SOMBRA DE ESPÉCIES NATIVAS E CULTIVADA EM SISTEMAS SILVIPASTORIS NO CENTRO OESTE	59
Resumo	59
Abstract	59
Introdução	60
Material e Métodos	62
Resultados e Discussão	68
Conclusão	78

Referências Bibliográficas..... 78

1 INTRODUÇÃO

Determinadas características das árvores podem interferir no conforto térmico de pessoas ou de animais, motivando diversos estudos de campo numa tentativa de se classificar as espécies segundo sua capacidade modificadora do microclima (GURGEL et al., 2012). Isto porque o território brasileiro, em sua maioria, situa-se na faixa intertropical, considerada a mais quente do planeta, recebendo a maior quantidade de radiação solar (SILVA, 2006).

Em regiões quentes, como no Cerrado brasileiro, o uso do sombreamento é uma das práticas mais eficientes para reduzir os efeitos indesejáveis do clima e as árvores constituem os melhores e mais econômicos recursos para proteger os animais em campo aberto (GURGEL et al., 2012), fornecendo condições de conforto térmico necessárias para a expressão de seu potencial de produção (SILVA et al., 1996).

As sombras, por sua vez, alteram o microclima da floresta, primeiramente, pela modificação da luz que penetra através da cobertura das árvores (SCHUMACHER e POGGIANI, 1993). A quantidade dessa radiação solar que chega à superfície terrestre depende muito da latitude, isto é, da posição geográfica do local (SILVA, 2006) afetando também, a temperatura do ar (BROOKS e KYKER-SNOWMAN, 2007).

A interação animal e ambiente é outro fator que precisa ser considerado, quando se busca maior eficiência na exploração pecuária, pois as diferentes respostas do animal às peculiaridades de cada região são determinantes no sucesso da atividade. Assim, a correta identificação dos fatores que influam na vida produtiva do animal, como o estresse imposto pelas flutuações estacionais do meio ambiente, permite ajustes nas práticas de manejo dos sistemas de produção, possibilitando oferecer sustentabilidade e viabilidade econômica (NEIVA et al., 2004).

Navarini et al. (2009), concluíram que o sombreamento proporcionado por pequenos bosques de guajuvira, apresenta um ambiente com melhores condições de conforto, aos animais, ao avaliarem o efeito do estresse térmico por meio de índices de conforto térmico, na produção de bovinos da raça nelore, sob diferentes condições de sombreamento natural. Devido às árvores funcionarem

como uma barreira, evitando a incidência de radiação direta na área sob a copa, enquanto que animais que permanecem em ambiente a pleno sol apresentam respostas de estresse a esta condição.

Baeta e Souza (1997) corroboram dessa informação, pelo fato das árvores transformarem energia solar em energia química latente, pelo processo de fotossíntese, reduzindo a parcela de energia destinada ao aquecimento do ar (intensidade luminosa relativa).

Neste sentido, as preocupações sobre conforto ambiental e bem-estar animal estão cada vez maiores no âmbito mundial, e os sistemas de produção animal estão procurando atender a essas exigências, tentando propiciar condições adequadas de criação, visando aperfeiçoar a produção e atender as demandas de mercado. No sistema de produção de gado em pasto, o sombreamento natural é um recurso que contribui para o provimento de bem-estar aos animais (MARTINS et al., 2002). Dessa forma, o uso de sistemas integrados de produção, como o de integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF), pode contribuir para minimizar os impactos da produção pecuária em biomas frágeis, como o Cerrado brasileiro, com efetiva recuperação de áreas degradadas e/ ou redução da exploração para fins agrícolas de áreas nativas (DUBOC et al., 2007).

Paciullo et al. (2009), afirmam que o sombreamento em sistemas silvipastoris também melhora valor nutritivo das gramíneas, resultado da maior disponibilidade de nutrientes no solo, que, associadas às melhores condições de conforto térmico aos animais, sinalizam a possibilidade de aumento no consumo de forragem e na produção animal.

Objetivou-se avaliar o microclima em sistemas de integração e as características quantiquantitativas da sombra de algumas espécies arbóreas, nativas e cultivada, por meio da avaliação dos índices de conforto térmico e das configurações das sombras, no Cerrado.

2 CAPÍTULO 1 – REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Sombra

Os bovinos podem identificar pequenas alterações climáticas e contornarem determinadas situações, como permanecerem à sombra em temperaturas mais elevadas (SCHÜTZ et al., 2009). O papel fundamental da sombra é proteger os animais da radiação solar direta e, parcialmente, da radiação difusa e refletida (BUFFINGTON et al., 1983). Silva (2008) verificou que a sombra das árvores reduz em 26% a carga de calor sobre bovinos à pasto. Assim, os bovinos podem e fazem uso dela quando as condições ambientais são estressantes a eles (KAZAMA et al., 2008). Porém, seu benefício pode ser limitado, particularmente, se o espaço for restrito e/ou se o bovino for adaptado às condições ambientais (KAZAMA et al., 2008). Schultz et al. (2010), estudando a influência do tamanho da sombra sobre o comportamento e fisiologia de vacas leiteiras no pasto, observaram que vacas com acesso a 9,6 m² por animal de sombra, gastaram duas vezes mais tempo sob esta em comparação com aquelas que tiveram acesso a 2,4 m² por animal (50% e 24% do tempo, respectivamente). Também, na área de sombra maior, houve 70% menos interações agressivas entre os animais. Também Silva et al. (2009), avaliando o uso de sombra artificial (4 m² de sombrite por animal) para bovinos leiteiros em pastejo, observaram que os animais buscaram a sombra nos horários em que os índices de conforto térmico ambiental eram mais elevados.

Bennet, Finch e Holmes (1985) afirmam que sombras são reconhecidamente benéficas e recomendadas em climas quentes, pois abrigar-se à sombra é um caminho para os animais perderem calor e regularem sua temperatura corporal, embora possam se tornar improdutivos se a sua busca reduzir acentuadamente o tempo de pastejo. Neste caso, os benefícios da sombra tendem a serem mais aparentes em *Bos taurus* do que em *Bos indicus* (MADER et al., 1997), em que *Bos taurus* iniciam a busca por sombra quando a temperatura excede 20°C, embora bovinos similares adaptados ao ambiente quente não busquem a sombra até que a temperatura do ambiente atinja 28°C (KAZAMA et al., 2008). *Bos indicus* e suas cruzas possuem melhor capacidade termorreguladora, pelas diferenças na taxa metabólica, consumo de água e

alimento, taxa de sudação e características do pelame e pele (BLACKSHAW e BLACKSHAW, 1994).

A melhor sombra é a proporcionada pelas árvores, pois proporcionam um microclima favorável devido à evapotranspiração (BUCKLIN et al., 1991). No entanto, quando o sombreamento natural não é possível, o artificial, seja móvel ou permanente, proporciona uma melhora considerável nas condições térmicas ambientais (BUCKLIN e BRAY, 1998).

Navarini et al. (2009), ao avaliaram as condições climáticas ao sol e sob diferentes condições de sombreamento (com árvores isoladas e em pequenos bosques) no oeste do Paraná, encontraram que o ambiente mais propício à produção de bovinos foi o sombreado por pequenos bosques de guajuvira.

Assim, são evidentes os benefícios da sombra em regiões com altas temperaturas. Porém, essa estratégia comportamental mitigatória só é eficaz se for oferecida área de sombra suficiente (GARCIA et al., 2013).

2.2 Microclima

A interação animal-ambiente deve ser considerada quando se busca maior eficiência na exploração pecuária, pois a correta identificação dos fatores que influenciam a produtividade animal, como o estresse imposto pelas flutuações estacionais, permite ajustes nas práticas de manejo dos sistemas de produção (BARBOSA, 2012). De fato, os bovinos em clima tropical, principalmente os que são criados em regime de pastos, estão expostos ao sol e a outras intempéries por várias horas ao dia, e tornam-se suscetíveis a um estado permanente de estresse, resultando em alterações fisiológicas que comprometem seu desempenho produtivo (DEITENBACH et al., 2008).

O ambiente é composto por um conjunto de tudo que afeta a constituição, o comportamento e a evolução de um organismo e que não envolve, diretamente, fatores genéticos (SILVA, 2000). De forma direta, o clima atua sobre o animal, que busca constantemente se adaptar as condições ambientais na busca do bem-estar.

Assim, para que os animais possam exprimir todo o seu potencial produtivo, torna-se necessário o estudo do ambiente térmico (OLIVEIRA et al., 2006). O clima representa um conjunto de fenômenos meteorológicos

(temperatura do ar, radiação solar, umidade relativa e velocidade do vento), que atuam sobre o comportamento animal exercendo efeito sobre o bem-estar e a produtividade (PEREIRA, 2005), sendo importante conhecer suas formas de avaliação. Quando se deseja caracterizar o clima médio ocorrente num território relativamente grande, faz-se o estudo do macroclima ou clima regional, exigindo, para sua caracterização, dados de um conjunto de postos meteorológicos, durante longo período de tempo (geralmente 30 anos), sendo influenciado pela posição geográfica (latitude, longitude e altitude). Para o clima local, ou mesoclima, a avaliação corresponde a uma situação particular do macroclima, podendo-se caracterizar, normalmente, um mesoclima através dos dados de uma estação meteorológica. Quando a avaliação corresponder a um espaço pequeno, tem-se o microclima, como por exemplo, dentro de renques ou fileiras de árvores de um sistema de integração, descrevendo o clima local, a partir da coleta de dados de temperatura, umidade relativa do ar e velocidade do vento, principalmente (TONIETTO e MANDELI, 2009).

2.2.1 Temperatura, umidade relativa do ar e velocidade do vento

As condições ambientais ideais para a maior parte dos bovinos são temperatura entre 13 e 18°C e umidade relativa do ar entre 60 e 70%, por serem condicionantes para o conforto térmico e funcionamento geral dos processos fisiológicos de bovinos (SILVA, 2008; OLIVEIRA et al., 2013). Em bovinos, os limites ideais de temperatura corporal para produtividade e sobrevivência devem ser mantidos entre 38°C e 39°C (RODRIGUES et al., 2010).

Quando a temperatura encontra-se elevada, acima da zona de conforto, reduz o consumo de alimento, principalmente daqueles com altos teores de fibra, cabendo aos animais ajustarem seu metabolismo, reações fisiológicas e comportamentais, como forma de resposta às condições do ambiente (SILVA, 1998).

A umidade relativa (UR) indica quanto o ar está próximo da saturação em vapor de água (YOUSEF, 1985). Esta, influencia marcadamente o balanço calórico em ambientes quentes, em que a perda de calor por evaporação é essencial para a manutenção da homeotermia (SILVA, 2000). Silva (2008) e Baêta e Souza (1997) consideram como confortáveis os ambientes com umidade

relativa entre 60 e 70%. Quando baixa, causa desidratação e irritação na pele e mucosas, predispondo o animal a várias patologias (STARLING et al., 2002). No caso de umidade alta, ocorre uma diminuição da perda de calor corporal para o meio, comprometendo o equilíbrio térmico e favorecendo, juntamente com outros fatores climáticos, o aumento de agentes vetores de patologias como nematóides, insetos, ácaros, fungos e bactérias (SILVA, 2000).

O vento pode ser definido como o movimento normal das massas de ar, que ocorre em razão das diferenças de pressão causadas devido às diferenças de temperatura entre dois meios considerados, que ocasiona o deslocamento de massas de ar (ventilação térmica). Sendo influenciado pela altitude, pela topografia e pela irregularidade do solo (FERRO et al., 2010).

O vento é uma variável climática relacionada à retirada da umidade do ar e a danos físicos causados na planta forrageira devido a sua alta velocidade, o que pode causar murchamento, dessecação, clorose e necrose nas folhas (NICODEMO et al., 2004). Segundo McDowell (1989), ventos com velocidade de 1,3 a 1,9 m.s⁻¹ são ideais para a criação de animais domésticos, causando preocupação quando atingem 8,0 m.s⁻¹.

2.2.2 Radiação solar

Hernandes et al. (2004) relatam que a radiação solar é atenuada pelo dossel das florestas naturais, atuando diretamente no balanço de energia, podendo interceptar até 80% da radiação incidente, e a correspondente redução de carga de calor radiante (CTR) pode ser superior a 30% (SILVA, 2006), melhorando as condições ambientais, proporcionando melhorias nas condições de conforto térmico aos animais.

Em geral, áreas de florestas absorvem mais radiação que áreas de pastagem, pois refletem menor quantidade de radiação solar incidente (13% vs 18%) devido à interceptação da radiação (PORFIRIO DA SILVA et al., 2006).

De acordo com Schumacher e Poggiani (1993), os formatos das coberturas das árvores de uma floresta influenciam no modo como a radiação chega ao seu interior, pelo fato de que, nas árvores tipo coníferas, a luz é fortemente reduzida, mas pouco modificada qualitativamente. Já as árvores tipo folhosas, a luz sofre uma grande absorção seletiva.

Ribaski et al. (2002) mostram que o microclima existente sob as copas das árvores beneficia os animais domésticos, mantendo-os confortáveis à sombra, ao contrário da exposição à insolação direta ou às baixas temperaturas do inverno, podendo acarretar na redução do consumo da pastagem tanto por razões de desequilíbrio do balanço térmico quanto por restrições do horário de pastejo.

A radiação solar direta, principalmente no verão, impõe uma carga de calor radiante sobre os animais, constituindo num dos elementos climáticos estressores responsáveis pela depressão na produção de leite (BACCARI JUNIOR, 2001). No caso do gado de corte, o problema é provavelmente mais sério, uma vez que esses animais são quase sempre mantidos exclusivamente à céu aberto, no pasto (SILVA, 2006).

2.3 Conforto térmico

Um ambiente é considerado confortável quando o animal está em equilíbrio térmico com ele, ou seja, quando o calor produzido pelo metabolismo é perdido para o meio ambiente sem prejuízo da sua homeostase (SILVA et al., 2010).

O conforto térmico traduz uma situação em que o balanço térmico é nulo, isto é, o calor que o organismo do animal produz, mais o que ele ganha do ambiente, é igual ao calor perdido por intermédio da condução, da radiação, da convecção, da evaporação e do calor contido nas substâncias corporais eliminadas (SILVA, 1998). Se isso não ocorre, o animal se defende por meio de mecanismos de termorregulação, com o objetivo de ganhar ou perder calor para o ambiente em que está (ROSSAROLLA, 2007). Isto porque os animais homeotérmicos devem manter a temperatura corporal dentro de limites estreitos ao longo do dia. Para tanto, deve existir equilíbrio entre a termogênese (produção de calor) e a termólise (perda de calor) durante esse período. Esses processos são regulados pela modulação da termogênese e da intensificação de diferentes mecanismos de termólise, e a ativação desses mecanismos se dá principalmente a partir das variações na temperatura do ar (BARBOSA et al., 2004).

Existem limites de temperatura nos quais os animais encontram-se, ou “zona de conforto térmico” (ZCT), em que o mesmo mantém a homeotermia com o mínimo de esforço do sistema termorregulador, não havendo sensação de frio ou calor. Quando a temperatura ambiente ultrapassa estes limites, os animais

passam a sofrer estresse térmico. A ZCT difere entre espécies e raças, e para zebuínos varia de 7 a 35°C (SILVA, 2008).

Neste contexto, a utilização de áreas sombreadas atenua os efeitos de temperatura e radiação solar elevadas, permitindo, frequentemente, melhores desempenhos produtivos (McILVAN e SHOOP, 1970; NAVARINI et al., 2009). Cabe ressaltar que, segundo Silva (2000), de todas as variáveis climáticas, a umidade atmosférica e a temperatura do ar são as maiores responsáveis pelo conforto/ desconforto térmico animal, daí sua utilização em vários índices desenvolvidos para se avaliar o ambiente produtivo.

2.4 Índices de Conforto Térmico

Os índices de conforto térmico, por serem de fácil obtenção, tornam-se uma ferramenta importante no manejo animal (MOURA e NAAS, 1993). Como já acenado, seu uso é importante na avaliação do impacto do ambiente sobre os bovinos, principalmente em condições tropicais, pois podem descrever mais precisamente os efeitos do ambiente físico sobre a habilidade dos animais em dissipar calor (SILVA et al., 2009). Ademais, tentam apresentar em um único parâmetro, tanto as variáveis meteorológicas (temperatura, umidade relativa do ar, velocidade do vento e radiação solar) como o desconforto que tal ambiente pode proporcionar naquele momento (MARTELLO et al., 2004).

2.4.1 Índice de Temperatura e Umidade (ITU ou THI)

Silva (2000) observou que, se o ITU for usado para avaliar um determinado ambiente, não mostrará quaisquer diferenças para animais mantidos no interior de abrigos, à sombra e sob o sol direto.

O ITU pode ser obtido pela seguinte equação de acordo com Thom (1958):

$$\text{ITU} = t_{\text{bs}} + 0,36t_{\text{bu}} + 41,5$$

Em que:

t_{bs} = temperatura de bulbo seco (°C);

t_{po} = temperatura de ponto de orvalho (°C).

Segundo Hahn e Mader (1997), valores de ITU menores ou iguais a 70 são indicadores de um ambiente não estressante; entre 71 e 78 são críticos; de 79 a 83 a situação é de perigo; e acima de 83, de emergência.

Em um exemplo de sua utilização, Navarini et al. (2009) utilizaram-no para avaliar o ambiente térmico de bovinos da raça Nelore sob diferentes condições de sombreamento e à pleno sol. Os autores encontraram valores de ITU de brando (72 a 78) a moderado (79 a 88).

2.4.2 Índice de Temperatura de Globo e Umidade (ITGU ou BGHI)

Em 1932, Vernon propôs a utilização de um globo oco, pintado de preto, no interior do qual foi colocado um termômetro para medir sua temperatura interna. De acordo com o autor, a temperatura indicada pelo globo proveria a estimativa dos efeitos combinados da energia radiante procedente do meio, em todas as direções possíveis, da temperatura do ar e da velocidade do vento, dando assim uma medida de conforto térmico proporcionado pelo ambiente nestas condições (SILVA, 2000).

Proposto por Buffington et al. (1981), este índice teve com base o Índice de Temperatura e Umidade (ITU), substituindo-se a temperatura de bulbo seco pela temperatura de globo negro. Segundo Baêta e Souza (1997), o ITGU é mais preciso indicador de estresse que o ITU, por considerar a radiação solar. De fato, de acordo com Silva (2000), a temperatura de globo negro é uma maneira de indicar os efeitos combinados da radiação, convecção, e sua influência no organismo vivo. Desta forma, o ITGU seria um índice mais apropriado para determinar o conforto térmico de vacas expostas a condições tropicais, com temperaturas elevadas e radiação solar intensa (MARTELLO et al., 2004).

O National Weather Service (1976) delimitou valores de ITGU até 74 como situação de conforto; entre 75 e 78, situação de alerta; 79 a 84, perigo; e acima de 84, situação crítica.

A equação de Buffington et al. (1981) é:

$$\text{ITGU} = t_{gn} + 0,36t_{po} + 41,5$$

Em que: t_{gn} = temperatura de globo negro (°C);

t_{po} = temperatura de ponto de orvalho (°C).

2.4.3 Carga térmica de radiação

A carga térmica de radiação (CTR) é a radiação total recebida por um corpo, de todo o espaço circundante. Essa definição não engloba a troca líquida de radiação entre o corpo e o meio circundante, mas inclui a radiação incidente no corpo (BOND e KELLY, 1955).

A CTR também pode ser definida como a quantidade total de energia térmica trocada por um indivíduo através de radiação com o meio ambiente (SILVA, 2000). Provê uma estimativa dos efeitos combinados da energia térmica radiante procedente do meio ambiente em todas as direções possíveis, da temperatura do ar e da velocidade do vento, dando assim uma medida do conforto térmico, desde que se suponha não haver trocas térmicas por evaporação entre o ambiente e o animal considerado (CONCEIÇÃO et al., 2008). Este índice não é de ambiência como um todo, mas um indicador das condições térmicas ambientais que expressa a radiação total recebida pelo globo negro proveniente do ambiente ao seu redor (ESMAY, 1979), e é calculada pela equação:

$$CTR = \sigma (TRM)^4$$

Em que:

CTR = carga térmica de radiação, em $W.m^{-2}$;

σ = constante Stefan-Boltzmann.

$$TRM = 100 \sqrt[4]{(2,51 \sqrt{V_v}(T_{gn} - T_{bs}) + \left(\frac{T_{gn}}{100}\right)^4)}$$

Em que:

TRM = temperatura radiante média, em K;

v_v = velocidade do vento, em m/s;

t_{gn} = temperatura do globo negro (°C); e

t_{bs} = temperatura de bulbo seco (do ar), em K.

2.5 Sistemas de produção termicamente confortáveis

A integração de culturas é praticada há anos, como uma forma alternativa para recuperar pastagens degradadas. A utilização de resíduos de culturas na alimentação dos animais ou o pastejo das restevras de lavouras, por exemplo, são práticas frequentes em uso em várias regiões do Brasil (MACEDO, 2009).

O uso de sistemas integrados de produção pecuária pode contribuir para minimizar os impactos da produção no ecossistema local, com aumento do bem estar animal aliado à efetiva recuperação de áreas degradadas e/ou redução da exploração para fins agrícolas, como por exemplo de áreas nativas do Cerrado (DUBOC et al., 2007).

Sob manejo adequado, os sistemas de produção em integração promovem melhorias diretas e/ou indiretas de ordem zootécnica e ambiental, resultantes do sombreamento e da maior disponibilidade de nutrientes no solo que, associadas ao maior conforto térmico dos animais, sinalizam a possibilidade de aumento no consumo de forragem e no ganho de peso individual (ALVES, 2012).

A importância dos sistemas integrados de produção, segundo Nicodemo et al. (2001), é clara, visto que promovem o desenvolvimento sustentável, combinando produção (alimentos, madeira, lenha, forragem, fibras), conservação dos recursos naturais (solos, microbacias, áreas florestais, biodiversidade, entre outros) e ativos ambientais (sequestro de carbono).

Contudo, apesar de já se encontrarem bem estabelecidos no Cerrado (KLUTHCOUSKI et al., 2003), o uso daqueles que incluem componentes arbóreos é ainda limitado, mesmo com evidências de que árvores são fundamentais na melhoria da ambiência, principalmente em ambientes tropicais (MOTA, 2010).

Como exemplo, tem-se o sistema de integração lavoura-pecuária (iLP) e o sistema de integração lavoura-pecuária-floresta (iLPF). Na integração lavoura-pecuária, tem-se a alternância temporária (rotação) de cultivo de grãos e pastejo de animais em pastagens de gramíneas e/ou leguminosas e seus consórcios, podendo ser utilizado de maneiras distintas, dependendo dos interesses individuais (MORAES et al. 1998). Proporcionando benefícios biológicos e econômicos quando comparados a sistemas que apresentam apenas um tipo de produção, animal ou vegetal (SULC e TRACY, 2007).

Do mesmo modo, tem-se o sistema de integração lavoura-pecuária-floresta, que integra os componentes agrícola e pecuário em sucessão (consórcio ou rotação), com a inclusão do componente arbóreo na mesma área, onde o componente "lavoura" é utilizado, normalmente, na fase inicial de implantação do componente florestal (BALBINO et al., 2011). A simples existência de sombra de árvores, neste sistema, pode alterar favorável e significativamente o desempenho dos animais, bloqueando principalmente, elevados níveis de radiação solar, melhorando o microclima do ambiente (LEME et al., 2005).

De fato, o componente arbóreo exerce efeito benéfico no microclima das pastagens ao atuar diretamente na redução da incidência de radiação solar e no balanço energético do sistema, com modificações da temperatura e umidade do ar, diretamente relacionadas com a qualidade ambiental e o conforto térmico animal (BALISCEI, 2011).

Por fim, Macedo et al. (2008) destacam os sistemas silvipastoris e agrossilvipastoris como uma proposta dinâmica de manejo integrado e sustentável do solo, com objetivos de produzir, em uma mesma área, madeira para serraria, grãos e carne bovina.

2.6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVES, F.V. O componente animal em sistemas de produção em integração. In: BUNGENSTAB, D. J. **Sistemas de integração, a produção sustentável**. 2.ed. Brasília: Embrapa. p.143-154, 2012.
- BACCARI JUNIOR, F.; POLASTRE, R.; FRÉ, C.A. Um novo índice de tolerância ao calor para bubalinos: correlação com ganho de peso. In: REUNIÃO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 23, 1986, Campo Grande, MS. **Anais...** Campo Grande: SBZ, 1986. p.316.
- BACCARI JUNIOR, F. **Manejo Ambiental da vaca leiteira em climas quentes**. Londrina: Universidade Estadual de Londrina. p.142, 2001.
- BAÊTA, F.C.; SOUZA, C.F. **Ambiência em edificações rurais: conforto animal**. Viçosa-MG: Universidade Federal de Viçosa. p.246, 1997.
- BALBINO, L.C.; CORDEIRO, L.A.M.; PORFÍRIO DA SILVA, V.; MORAES, A.; MARTINEZ G.B.; ALVARENGA, R.C.; KICHEL, A.N.; FONTANELI, R.S.; SANTOS, H.P.; FRANCHINI, J.C.; GALERANI, P.R. Evolução tecnológica e

- arranjos produtivos de sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta no Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v.46, n.10, p.0-0, 2011. [online]
- BALISCEI, M.A.; BARBOSA, O.R.; SOUZA, W.; COSTA, M.A.T.; FKUTZMANN, QUEIROZ, E.O. Microclimate without shade and silvopastoral system during Summer and winter. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**. v. 35, n. 1, p. 49-56, 2013.
- BARBOSA, O. R.; BOZA, P. R.; SANTOS G. T.; SAKAGUSHI, E. S.; RIBAS, N. P. Efeitos da sombra e da aspersão de água na produção de leite de vacas da raça Holandesa durante o verão. **Acta Scientiarum Animal Sciences**, v. 26, n. 1, p.115-122, 2004.
- BARBOSA, L.S. **Uso de sombreamento sobre índices térmicos, respostas fisiológicas e desempenho de bezerras cruzadas ½ Holandês x ½ Jersey a pasto**. 2012. 7f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Estadual de Goiás, Anápolis.
- BENNETT, I.L; FINCH, V.A.; HOLMES, C.R. Time spent in shade and its relationship with physiological factors of thermoregulation in three breeds of cattle. **Applied Animal Behavior Science**. v. 13, p. 227-236, 1984-1985.
- BROOKS, R. T.; KYKER-SNOWMAN, T. D. Forest floor temperature and relative humidity following timber harvesting in southern New England, USA. **Forest Ecology and Management**, v. 254, p.65–73, 2007.
- BOND, T.E.; KELLY, C.F. The globe thermometer in agricultural research. **Transactions of the ASAE**., v.36, n.7, p.251-255, 1955.
- BUCKLIN, R.A. Methods to relieve heat stress for dairy cows in hot, humid climates. **Applied Engineering Agricultural**. St. Joseph, v.7, p.241-247, 1991.
- BUCKLIN, R.A.; BRAY, E.R. The American experience in dairy management in warm and hot climates. In: SIMPOSIO BRASILEIRO DE AMBIENCIA NA PRODUÇÃO DE LEITE, 1, Piracicaba, 1998. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1998, 156-174p.
- BUFFINGTON, D.E.; COLLAZO AROCHO, A.; CANTON, G.H. PITT, D. Black globe humidity index (BGHI) as a comfort equation for dairy cows. **Transactions for the American Society of Agricultural Engineers**. v.24, n.3, p.711-714, 1981.
- BUFFINGTON, D. E.; COLLIDER, R. J.; CANTON, G. H. Shade management systems to reduce heat stress for dairy cows in hot, humid climates. **Transactions of the American Society of Agricultural Engineers**, v.26, n.6, p.1798-1802, 1983.

- BLACKSHAW, J.K.; BLACKSHAW, A.W. Heat stress in cattle and the effect of shade on production and behaviour: a review. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, v.34, p.285-295, 1994.
- CONCEIÇÃO, M. N.; SILVA, I.J.O.; DIAS, C. T. S. Avaliação do tipo de sombreamento para novilhas leiteiras em pastagens. In: 2008, Lavras. In: 45ª REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 2008, Lavras. **Anais...** Lavras: SBZ, 2008.
- DAJOZ, R. **Ecologia geral**. 3.ed. Petrópolis: Vozes, 1978. p.472.
- DEITENBACH, A.; FLORIANI, G.S.; DUBOIS, J.C.L.; et al. **Manual agroflorestal para a Mata Atlântica**. Brasília: MDA, FAF, 2008. 196p.
- DUBOC, E.; COSTA, C.J.; VELOSO, R.F.; et al. **Panorama atual da produção de carvão vegetal no Brasil e no Cerrado**. Planaltina: Embrapa Cerrados, (Embrapa Cerrados. Documentos, 197), p. 37, 2007.
- ESMAY, M.L. **Principles of animal environment**. Westport: AVI, 1978. 358 p. (Environmental engineering in agriculture and food series).
- FERRO, F.R.A.; NETO, C.C.C.; TOLEDO FILHO, M.R.; FERRI, S.T.S.; MONTALDO, Y.C. Efeito do estresse calórico no desempenho reprodutivo de vacas leiteiras. **Revista Verde**. v.5, n.5, p.01–25, 2010.
- GARCIA, P.R. **Sistema de avaliação do bem-estar animal para propriedades leiteiras com sistema de pastejo**. 2013. 182f. Dissertação (Mestrado e Engenharia de Sistemas Agrícolas) – Universidade de São Paulo, Piracicaba.
- GURGEL, E.M.; SERAPHIM, O.J.; SILVA, I.J.O. Método de avaliação bioclimática da qualidade da sombra de árvores visando ao conforto térmico animal. **Revista Engenharia Agrícola**. v.27, n.2, p.20-34, 2012.
- HAHN, G.L.; MADER, T.L. Heat waves in relation to thermoregulation, feeding behavior and mortality of feedlot cattle. In: PROCEEDINGS OF THE INTERNATIONAL LIVESTOCK ENVIRONMENT SYMPOSIUM MINNEAPOLIS, 5., 1997, Minneapolis. **Anais...** St. Joseph: ASAE. 1997, p.563-567.
- HERNANDES, J.L.; PEDRO JUNIOR, M.J.; BARDIN, L. Variação estacional da radiação solar em ambiente externo e no interior de floresta semidecídua. **Revista Árvore**, v.28, n.2, p.167-172, 2004.
- KAZAMA, R.; ROMA, C. F. C.; BARBOSA, O. R.; ZEOULA, L. M.; DUCATTI, T.; TESOLIN, L. C. Orientação e sombreamento do confinamento na temperatura da superfície do pelame de bovinos. **Acta Scientiarum Animal Sciences**, v.30, n.2, p.211-216, 2008.

- KELLY, C.F.; BOND, T.E. Bioclimatic factors and their measurement. In: NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES. A guide to environmental research on animals. **Anais...** Washington, D.C: National Academy of Sciences, 1971, p.7-92.
- LEME, T. M. S. P. et al. Comportamento de vacas mestiças holandeses x zebu, em pastagem de *Brachiaria decumbens* em sistema silvipastoril. **Ciência e Agrotecnologia**. v.29, n.3, p.668-675, 2005.
- MACEDO, R.L.G.; VALE, A.B.; VENTURIN, N. Eucalipto em sistemas silvipastoris e agrossilvipastoris. **Informe Agropecuário: Eucalipto**, v.29, n.242, p.71-85, 2008.
- MACEDO, M.M.C. Integração lavoura e pecuária: o estado da arte e inovações tecnológicas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, p.133-146, 2009 (supl. especial).
- MADER, T.L. et al. Behavior response of non-Brahman cattle to shade in commercial feedlots. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM LIVESTOCK ENVIRONMENT, 5., 1997, St. Joseph. Proceedings. **Anais...**St. Joseph: American Society of Agricultural Engineers, 1997, p.795-802.
- MARTELLO, L.S; SAVASTANO JR, H; PINHEIRO, M.G; SILVA, S.L; ROMA JR., L.C. Avaliação do microclima de instalações para gado de leite com diferentes recursos de climatização. **Revista Engenharia Agrícola**. v.24, n.2, 2004.
- MARTINS, J. L. ; SILVA, I. J. O. ; FAGNANI, M. A. ; PIEDADE, S. M. . Avaliação da qualidade térmica do sombreamento natural de algumas espécies arbóreas em condição de pastagem. **Engenharia Rural**. v. 13, n.único, p. 01-12, 2002.
- McDANIEL, AH, e CB ROARK. Desempenho e pastoreio hábitos de Hereford e Aberdeen-Angus vacas e bezerros em pastagens melhoradas como relacionadas ao tipo de sombra. **Journal Animal Science**, v. 15 p.59-63, 1956.
- McDOWELL, R.E. **Bases biológicas de la production animal em zonas tropicales**. 1.ed. São Paulo: Ícone. 1989, 340p.
- McILVAIN, E.H.; SHOOP, M.C. Sombra para melhorar gado ganhos e uso de pastagens. **Journal Gama Gerenciar**. v.24, p.181-184, 1970.
- MORAES, A.; LESAMA, M.F.; ALVES, S.J. Lavoura-pecuária em sistemas integrados na pequena propriedade. In ENCONTRO LATINO AMERICANO SOBRE PLANTIO DIRETO NA PEQUENA PROPRIEDADE, 3., 1998, Pato Branco. **Anais...** Pato Branco:CEFET-PR, 1998. (1 CD-ROM).
- MORI, S.A. SILVA, L.A.M. LISBOA, G. & CORADIN, L. **Manual de manejo do herbário fanerogâmico**. Ilhéus, Centro de Pesquisa do Cacau. 1989.

- MOURA, D.J.; NÃÃS, I.A. Estudo comparativo de índices de conforto térmico na produção animal. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, Lavras. 1993. **Anais...** Lavras. 1993. p.42-46.
- NAVARINI, F.C.; KLOSOWSKI, E.S.; CAMPOS, A.T.; TEIXEIRA, R.A., ALMEIDA, C.P. Conforto térmico de bovinos da raça nelore a pasto sob diferentes condições de sombreamento e a pleno sol. **Engenharia Agrícola**, v.29, n.4, p.508-517, 2009. [online].
- NEIVA, J.N.M.; TEIXEIRA, M.; TURCO, S.H.N.; OLIVEIRA, S.M.P.; MOURA, A.A.A.N. Efeito do estresse climático sobre os parâmetros produtivos e fisiológicos de ovinos Santa Inês mantidos em confinamento na região litorânea do Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.3, p.668-678, 2004.
- NICODEMO, M. L. F.; SILVA, V. P.; STHIAGO L. R. L.; GONTIJO NETO M. M.; LAURA, V. A. **Sistemas silvipastoris - introdução de árvores na pecuária do Centro Oeste brasileiro**. Campo Grande: Embrapa Gado de Corte, 2004. p.17-20. (Embrapa Gado de Corte. Documentos, 146).
- OLIVEIRA, L.M.F.; YANAGI JUNIOR, T.Y.; FERREIRA, E.; CARVALHO, L.G.; SILVA, M.P. Zoneamento bioclimático da região sudeste do Brasil para o conforto térmico animal e humano. **Engenharia Agrícola**. v.26, n.3, p.823-831, 2006.
- OLIVEIRA, C.C. **Desempenho e comportamento ingestivo diurno de novilhas nelore em sistemas integrados de produção no Cerrado brasileiro**. 2013. 86f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina.
- PACIULLO, D.S.C.; LOPES, F.C.F.; MALAQUIAS JUNIOR. J.D.; VIANA FILHO, A.; RODRIGUEZ, N.M.; MORENZ, M.J.; AROEIRA, L.J.M. Características do pasto e desempenho de novilhas em sistema silvipastoril e pastagem de braquiária em monocultivo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.44, n.11, p.1528-1535, 2009.
- PEREIRA, C.C.J. **Fundamentos de Bioclimatologia Aplicados à Produção Animal**. Belo Horizonte: FEPMVZ, 2005. 195p.
- PORFÍRIO-DA-SILVA, V.; RIBASKI, J. Sistema silvipastoril: integração de competências para a competitividade do agronegócio brasileiro. **Opiniões**, Ribeirão Preto, p.48-49, 2006. Disponível em: <<http://www.revistaopinioes.com.br/cp/materia.php?id=405>>. Acesso em: 21 ago. 2013.
- RIBASKI, J.; MONTOYA, L.J.; RODIGHIERI, H.R. [2002]. **Sistemas Agroflorestais: aspectos ambientais e socioeconômicos**. Disponível em: <<http://www.planetaorganico.com.br/TrabRibaski.htm>> Acesso em 27/03/13.

- RODRIGUES, A.L.; SOUZA, B.B.; PEREIRA FILHO, J.M. influência do sombreamento e dos sistemas de Resfriamento no conforto térmico de vacas leiteiras. **ACSA-Agropecuária Científica no Semi Árido**, v.6, n.2, p.14–22, 2010.
- ROSSAROLLA, G. **Comportamento de vacas leiteiras da raça Holandesa, em pastagem de milho com e sem sombra**. 2007, 13f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.
- SAMPAIO, C. A. P.; CRISTANI, J.; DUBIELA, J. A.; BOFF, C. E.; OLIVEIRA, M. A. Avaliação do ambiente térmico em instalação para crescimento e terminação de suínos utilizando os índices de conforto térmico nas condições tropicais. **Ciência Rural**, v.34, n.3, p.785-790, 2004.
- SCHUMACHER, M.V.; POGGIANI, F. Caracterização microclimática no interior dos talhos de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh, *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden e *Eucalyptus torelliana* F. Muell, localizados em Anhembi, SP. **Revista Ciência Florestal**. v.3, n.1, p.9-20, 1993.
- SCHÜTZ, K. E.; ROGERS, A. R.; COX, N. R.; TURCKER, C. B. Dairy cows prefer shade that offers greater protection against solar radiation in summer: shade use, behavior and body temperature. **Applied Animal Behaviour Science**, v.116, p.28-34, 2009.
- SCHÜTZ, K.E.; ROGERS, A.R.; POULOUIN, Y.A.; COX, N.R.; TUCKER, C.B. The amount of shade influences the behavior and physiology of dairy cattle. **Journal of Dairy Science**, v.93, n.1, p.125-133, 2010.
- SILANIKOVE, N. Effects of heat stress on the welfare of extensively managed domestic ruminants. **Livestock Production Science**, v.67, p.1-18, 2000.
- SILVA, I. J. O.; GHELFI FILHO, H. ; NÄÄS, I. A.; GARBOGGINI, I. . Redução da carga térmica de radiação através do sombreamento natural. In: CONGRESSO ARGENTINO Y INTERNATIONAL DE INGENIERIA RURAL, 1996, Neuquém. **Anais...** IV Congresso Argentino y II International de Ingenieria Rural, 1996. v. 2. p. 799-807.
- SILVA, I. J. O. da. Ambiência na produção de animais em clima quente: In: SIMPÓSIO BRASILEIRO NA PRODUÇÃO DE LEITE, 1, 1998, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1998.
- SILVA, I.J.O. Climatização das instalações para bovino leiteiro. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE AMBIÊNCIA NA PRODUÇÃO DE LEITE, 1, Piracicaba, 1998. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1998, p.10-23.
- SILVA, R. G. **Introdução à bioclimatologia animal**. São Paulo: Ed. Nobel, 2000. 285p.

- SILVA, R.G. Predição da configuração de sombra de árvores em pastagens para bovinos. **Engenharia Agrícola**. v.26, n.1, p.268-281, 2006.
- SILVA, L. L. G.G.da ; Dias ; SOUTO, S. M.Souto ; RESENDE, A. S. ; COLOMBARI, A. A. ; MIRANDA, C. B. ; FRANCO, A. A. . Influência de espécies de leguminosas arbóreas na qualidade e produção de pastagem de capim Marandu. **Archivos Latinoamericanos de Producción Animal**, v.16, n.2, p.48-56, 2008.
- SILVA, R.F.; AQUINO, A.M.; MERCANTE, F.M. Macrofauna invertebrada do solo em sistema integrado de produção agropecuária no Cerrado. **Acta Scientiarum Agronomica**. v.30, p.725-731, 2008.
- SILVA, R. G. **Biofísica ambiental**: os animais e seu ambiente. Jaboticabal: Funep, 2008.
- SILVA, E. C. L.; MODESTO, E. C.; AZEVEDO, M.; FERREIRA, M. A.; DEBEUX JÚNIOR, J. C. B.; SCHULER, A. R. P. Efeitos da disponibilidade de sombra sobre o desempenho, atividades comportamentais e parâmetros fisiológicos de vacas da raça Pitangueiras. **Acta Scientiarum Animal Sciences**, v.31, n.3, p.295-302, 2009.
- SILVA, E.V.C.; KATAYAMA, K.A.; MACEDO, G.G.; RUEDA, P.M.; ABREU, U.G.P.; ZUCCARI, C.E.S.N. Efeito do manejo e de variáveis bioclimáticas sobre a taxa de gestação em vacas receptoras de embriões. **Ciência Animal Brasileira**, v.11, n.2, p.280-291, 2010.
- SILVA, L.L.G.G.; RESENDE, A.S.; DIAS, P.F.; SOUTO, S.M.; AZEVEDO, B.C.; VIEIRA, M. de S.; COLOMBARI, A.A.; TORRES, A.Q.A.; MATTA, P.M.; PERIN, T.B.; FRANCO, A. Avaliação de conforto térmico em sistema silvipastoril em ambiente tropical. **Asociación Latinoamericana de Producción Animal**. v.18, n.3-4, p.87-95, 2010.
- STARLING, J. M.C.; SILVA, R.G.; CERÓN-MUÑO, M.; BARBOSA, G.S. S.C.; COSTA, M.J.R.P. Análise de Algumas Variáveis Fisiológicas para Avaliação do Grau de Adaptação de Ovinos Submetidos ao Estresse por Calor. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.5, p.2070-2077, 2002.
- SULC, R.M.; TRACY, B.F. Integrated crop-livestock systems in the U.S. corn belt. **Agronomy Journal**. v.99, n.2, p.335-345, 2007.
- THOM, E. C. Cooling degress: day air-conditioning, heating and ventilating. **Transaction of the American Society of Heating, Refrigeratin and Air Conditioning Engineers**, Atlanta, v.55, n.7, p.65-72, 1958.
- TONIETTO, J.; MANDELI, F. **Clima**. [2009]. Disponível em: <<http://www.cnpv.embrapa.br>> Acesso em: 18 de novembro de 2013.

TUCKER, C. B.; ROGERS, A.R.; SCHUTZ, K.E. Effect of solar radiation on dairy cattle behaviour, use of shade and body temperature in a pasture-based system. **Applied Animal Behaviour Science**, v.109, p.141–154, 2008.

YAGLOU, C.P.; MINARD, D. Control of heat casualties at military training centers. **Archive Ind. Health**, v.16, p.302–316, 1957.

YOUSEF, M. K. Stress physiology in livestock. **Poultry Science**, Boca Raton, v.3, p.159, 1985.

3 CAPÍTULO 2 – MICROCLIMA E ÍNDICES DE CONFORTO TÉRMICO À SOMBRA E AO SOL, EM SISTEMAS DE INTEGRAÇÃO NO CERRADO

Resumo – O fornecimento de sombra natural é uma das práticas mais eficientes e econômicas para se reduzir os efeitos indesejáveis do clima. Desse modo, o objetivo do trabalho foi avaliar o microclima, à sombra e ao sol, por meio de parâmetros microclimáticos e índices de conforto térmico, em um sistema de integração com árvores nativas e dois com eucalipto. O experimento foi conduzido na Embrapa Gado de Corte, Campo Grande-MS, no período de julho a setembro de 2013. O delineamento experimental foi o de blocos casualizados, em esquema de parcelas subsubsubdivididas (Os tratamentos das parcelas foram os sistemas, sub parcelas os meses, sub sub parcelas os locais (sombra e sol) e sub sub sub parcelas os horários), com quatro repetições. Foram determinadas as características psicrométricas, temperatura do ar (T_a , °C), temperatura de globo negro (T_{gn} , °C), temperatura de bulbo úmido (T_{bu} °C), umidade relativa (UR, %) e velocidade do vento (V_v , $m.s^{-1}$), em quatro dias consecutivos, das 8h00 às 17h00 (horário local, GMT -04h00), a intervalos de uma hora. Para todos os tratamentos foram calculados o índice de temperatura e umidade (ITU), índice de temperatura de globo e umidade (ITGU) e a carga térmica de radiação (CTR). Os valores de T_a variaram de 19,2 à 43,5°C, T_{gn} 19,3 à 48,3°C, T_{bu} 18,3 à 27,1°C, UR, 15,2 à 84,9% e V_v de 0,0 a 4,8 $m.s^{-1}$. Os valores de ITU variaram de 77,7 a 80,9, os de ITGU entre 79,4 e 87,9 e a CTR entre 496,7 e 784,3 $W.m^{-2}$. Árvores dispersas e em menor densidade promoveram melhores condições de conforto térmico.

Palavras-Chave: eucalipto, CTR, ITGU, ITU, nativas, sombreamento

Microclimate and thermal comfort indices in the shade and sun, in integrate systems in the Cerrado

Abstract - The supply of natural shade is one of the most efficient and economical to reduce the undesirable effects of climate practices. Thus, the objective of this study was to evaluate the microclimate, the shade and the sun through microclimatic parameters and thermal comfort indices in an integrate system with

native and two eucalyptus trees. The experiment was conducted at Embrapa Gado de Corte, Campo Grande - MS, in the period July to September 2013. The experimental design was a randomized complete block design with a splitsplitsplitplot (The plots treatments were the systems, split plots month, local splitsplit plots (shade and sun) and splitsplitsplit plots schedules), with four replications. Were determined the psychometric characteristics, air temperature (T_a , °C), black globe temperature (T_{bg} , °C), wet bulb temperature (T_{bw} , °C), relative humidity (RH%) and wind speed (S_w , ms^{-1}) on four consecutive days from 8:00 a.m. to 17:00 p.m. (local time, GMT - 4:00) at intervals of one hour. For all treatments the temperature and humidity index (THI) index globe temperature and humidity (BGHI) and radiant thermal load (RTL) were calculated. T_a values ranged from 19.2 to 43.5°C, 19.3 T_{bg} to 48.3°C, 18.3 T_{bw} to 27.1°C, RH 15.2 to 84.9% and S_w 0.0 to 4.8 ms^{-1} . The THI values ranged from 77.7 to 80.9, for the BGHI between 79.4 and 87.9, and between 496.7 and 784.3 $RTL Wm^{-2}$. Scattered trees and low-density promoted better conditions for thermal comfort.

Key words: Eucalyptus, CTR, BGHI, ITU, native, shading

Introdução

Em sistemas extensivos localizados na faixa intertropical, o calor excessivo pode ocasionar estresse e desconforto fisiológico em bovinos, além de diminuição do bem estar animal. Entretanto, tais animais também são capazes de identificar alterações climáticas e contorná-las, modificando seu comportamento em busca de maior conforto, reduzindo seu consumo ou procurando sombra, sempre com ônus ao processo produtivo (NAVARINI et al., 2009; SCHÜTZ et al., 2009; KRUSCHEWSKY et al., 2011). O fornecimento de sombra natural é uma das práticas mais eficientes e econômicas para se reduzir os efeitos indesejáveis do clima sobre os animais, uma vez que as árvores diminuem a carga de calor associada, principalmente, à radiação solar (KAZAMA et al., 2008; ALVES, 2012; GURGEL et al., 2012).

Assim, sistemas produtivos capazes de mitigar o calor por meio de árvores são essenciais para a sustentabilidade da pecuária nos trópicos. De fato, os sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta, ou agrossilvipastoris, embora

concebidos inicialmente para a recuperação de solos e pastagens degradados, têm se destacado também por melhorarem as condições microclimáticas, com redução do estresse térmico sobre os animais e melhoria do bem estar (THORNTON et al., 2009; BROOM et al., 2013).

Geiger (1965) define microclima como a variação dos elementos meteorológicos nas camadas de ar acima do solo (até 2 m de altura) que, mesmo em pequenas distâncias, podem variar em função do tipo de solo, vegetação, maior ou menor insolação, presença de correntes de vento, entre outros. No interior de formações florestais, o microclima é ainda mais variável e instável quando comparado à áreas abertas, pela existência de diferentes estratos que separam as camadas de ar acima das copas, da camada de ar junto ao solo no sub-bosque (HOFFMAN et al., 2010).

Embora difícil de se estabelecer quão estressante é um ambiente produtivo, vários indicativos são usados na sua caracterização em termos de conforto térmico e bem-estar, entre os quais estão os índices de conforto térmico. Estes, por combinarem e sintetizarem as variáveis climáticas de base, inferem mais precisamente sobre os efeitos do ambiente físico e a habilidade dos animais em dissipar calor (MARTELLO et al., 2004; SILVA et al., 2009). Embora não existam índices específicos para o ambiente tropical, para ruminantes, os mais utilizados são o índice de temperatura e umidade (ITU), proposto por Thom (1959); índice de temperatura de globo negro e umidade (ITGU), de Buffington et al. (1981), e a carga térmica de radiação (CTR), de Esmay (1979). Contudo, Silva e Maia (2013) ressaltam que, mesmo sendo muito difuso o uso do ITU e ITGU, tais índices são pouco eficientes na avaliação do ambiente em regiões tropicais, visto que não preveem a radiação solar direta e indireta. Seu uso neste trabalho dá-se pelo motivo de possibilitar a comparação com outros estudos já realizados.

O objetivo do trabalho foi avaliar o microclima e determinar índices de conforto térmico, ao sol e à sombra, em sistemas agrossilvipastoris com diferentes espécies arbóreas, no Cerrado.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido na Embrapa Gado de Corte, município de Campo Grande-MS (20°27' S, 54°37' O, e 530 m de altitude), nos meses de julho,

agosto e setembro de 2013. O padrão climático da região, de acordo com a classificação de Köppen, encontra-se na faixa de transição entre Cfa e Aw tropical úmido, com precipitação média anual de 1.560 mm.

O delineamento experimental foi o de blocos casualizados, em esquema de parcelas subsubsubdivididas, com quatro repetições (piquetes). As parcelas correspondem aos sistemas de integração (iLPF-1, iLPF-2 e iLP), as subparcelas aos meses (julho, agosto e setembro), subsubparcelas, à posição (sombra e sol), e as subsubsubparcelas aos horários (08h00 às 17h00, a intervalos de uma hora).

A área experimental (Figura 1), com 18 ha, consiste de 3 sistemas de integração, estabelecidos em 2008 com capim-piatã (*Brachiaria brizantha* cv. BRS Piatã), quais: (i) sistema de integração lavoura-pecuária-floresta 1 (iLPF-1), com espaçamento entre fileiras de árvores de 14 metros e densidade de 357 árvores/ha; (ii) sistema de integração lavoura-pecuária-floresta 2 (iLPF-2), com espaçamento entre fileiras de árvores de 22 metros e densidade de 227 árvores/ha; e (iii) sistema de integração lavoura-pecuária (iLP), com 5 árvores nativas remanescentes do cerrado/ha. Os espaçamentos (14 e 22 m) entre fileiras de árvores foram determinados em função do maquinário (colheitadeira e trator) usado para o plantio da cultura perene intercalar (soja). O componente arbóreo dos sistemas iLPF-1 e iLPF-2 é o eucalipto (*Eucalyptus grandis* x *urophylla*, clone H 13), com espaçamento de 2 m entre árvores, com 26 m de altura média em agosto de 2013, desramado até 6 m de altura. Das 20 espécies de árvores remanescentes do Cerrado, presentes no sistema iLP, foram escolhidas duas mais representativas (cambará, *Gochnatia polymorpha*; e cumbaru, *Dipteryx alata*) para disposição dos equipamentos.

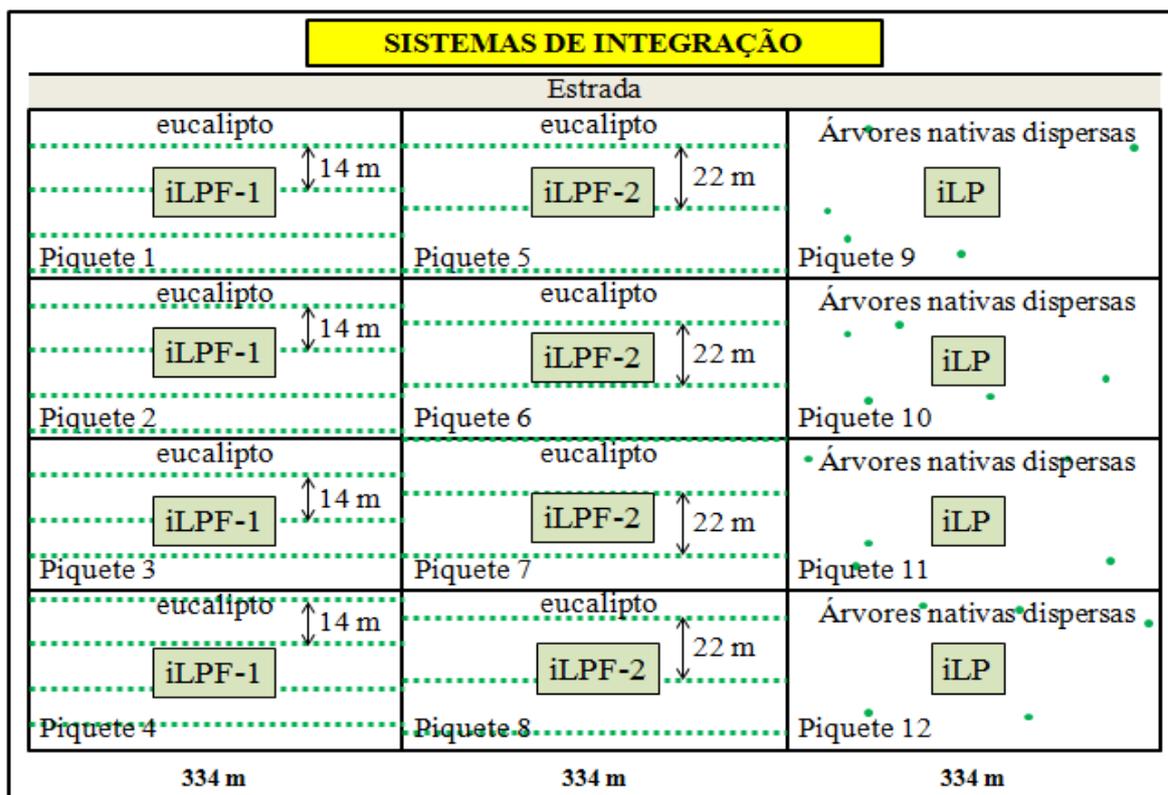


Figura 1. Representação esquemática da área experimental.

Foram determinadas as características psicrométricas dos três sistemas, em quatro dias consecutivos, nos meses de julho, agosto e setembro de 2013, das 8h00 às 17h00 (horário local, GMT -04h00), a intervalos de uma hora, metodologia proposta por Silva et al. (1998). Para a determinação da temperatura (°C) e umidade do ar (%), foram utilizados termohigrômetros digitais com *datalogger* (marca Instrutherm, modelo HT-500) (Figura 2a), inseridos em canos de PVC perfurados (Figura 2b), metodologia proposta por Trumbo et al. (2012).



Figura 2. (a) Conjunto psicrométrico de leitura visual; termohigrômetro digital com *datalogger*, globo negro; (b) Abrigo micrometeorológico perfurado.

Fonte: Elaborado pelo autor.

As temperaturas de bulbo úmido ($^{\circ}\text{C}$) foram obtidas por meio de conjunto psicrométrico de leitura visual (escala -10°C a $+50^{\circ}\text{C}$, marca Incoterm) (Figura 2.a). Para a mensuração da temperatura de globo negro ($^{\circ}\text{C}$), foi adotada a metodologia proposta por Souza et al. (2002), utilizando-se termohigrômetros digitais com *datalogger* (marca Instrutherm, modelo HT-500) inseridos em bóias plásticas (PVC) de 0,15 m de diâmetro, pintadas de preto fosco, conforme proposto por Souza et al. (2002) (Figura 2a). A velocidade do vento ($\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$) foi medida com anemômetro digital portátil (marca Homis, modelo HMM 489). Os equipamentos foram alocados à pleno sol (A), e sob a sombra projetada (B) a 2 metros da linha das árvores, (Figura 3), à 1,5 m da altura do solo (na tentativa de se simular o dorso de um bovino adulto). Entretanto, durante o decorrer do dia, foram deslocados horizontalmente conforme a projeção da sombra e inclinação solar (SILVA et al., 1996).

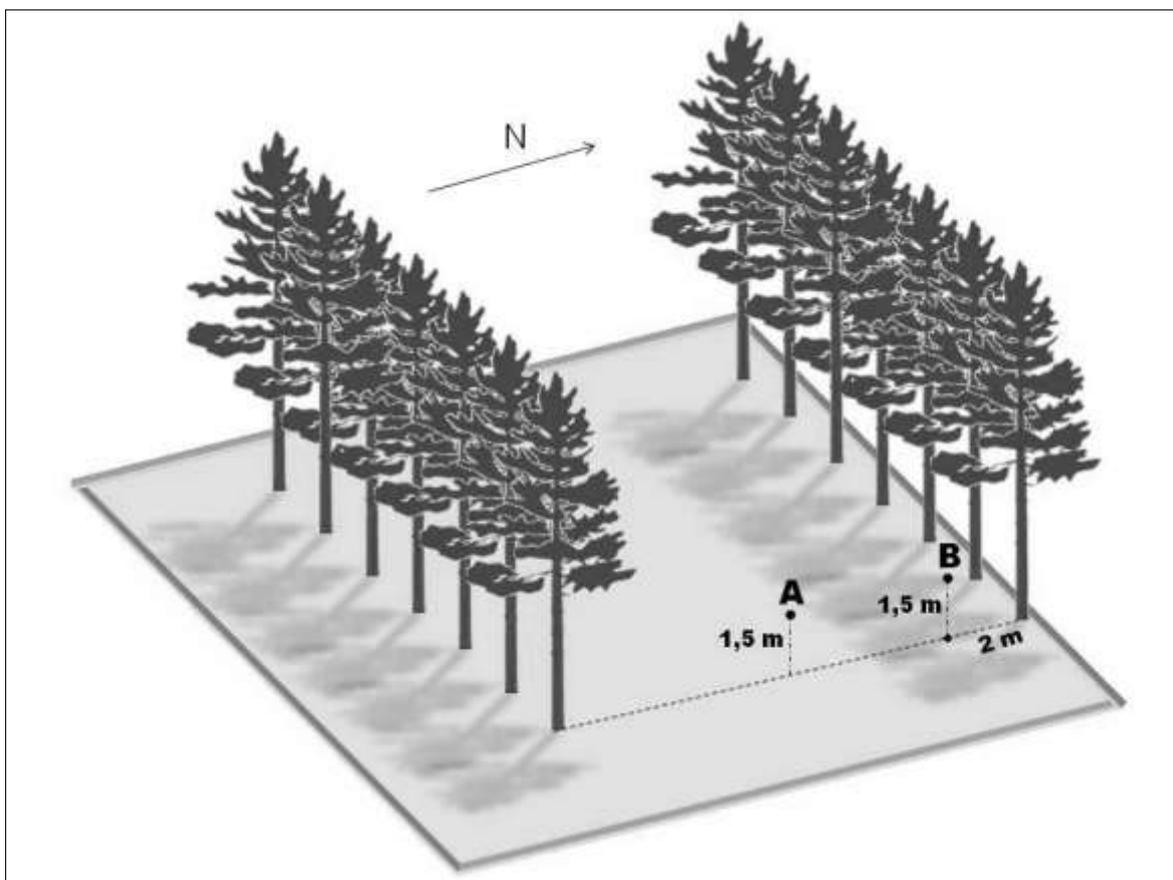


Figura 3. Esquema dos pontos amostrais (A e B).

A partir dos parâmetros microclimáticos obtidos, foram calculados os índices de temperatura e umidade (ITU), segundo Thom (1958); índice de

temperatura de globo negro e umidade (ITGU), proposto por Buffington et al. (1981); e carga térmica de radiação (CTR), segundo Esmay (1979).

As equações utilizadas são descritas a seguir:

a) Índice de Temperatura e Umidade (ITU)

$$ITU = t + 0,36t_{bu} + 41,5 \dots \dots \dots (1)$$

Em que:

t : temperatura de bulbo seco (°C);

t_{bu} : temperatura de bulbo úmido (°C).

b) Índice de Temperatura de Globo e Umidade (ITGU)

$$ITGU = t_{gn} + 0,36t_{bu} + 41,5 \dots \dots \dots (2)$$

Em que:

t_g : temperatura de globo negro (°C);

t_{bu} : temperatura de bulbo úmido (°C).

c) Carga térmica de radiação (CTR)

$$CTR = \sigma \times (T_m^4) \dots \dots \dots (3)$$

$$T_m = 100 \times \sqrt[4]{\left\{ 2,51 \times v^{0,5} \times ((t_g + 273) - (t + 273)) + \left(\frac{(t_g + 273)}{100} \right)^4 \right\}} \dots \dots \dots (4)$$

Em que:

σ : constante de Stefan-Boltzman, $5,67 \times 10^{-8} \text{ K}^4 (\text{W m}^{-2})$

T_m : Temperatura Radiante Média (W.m^{-2});

v : velocidade do vento (m s^{-1});

t_g : temperatura de globo negro (°C);

t: temperatura do ar (°C).

Os dados foram submetidos à análise de variância e regressão, adotando-se o nível de 5% de probabilidade, por meio do aplicativo estatístico SAS 9.0 (2002).

Resultados e Discussão

Os dados meteorológicos do entorno foram coletados, diariamente, por meio de estação meteorológica (A702 – INMET) distante 3 km da área experimental (Figura 4).

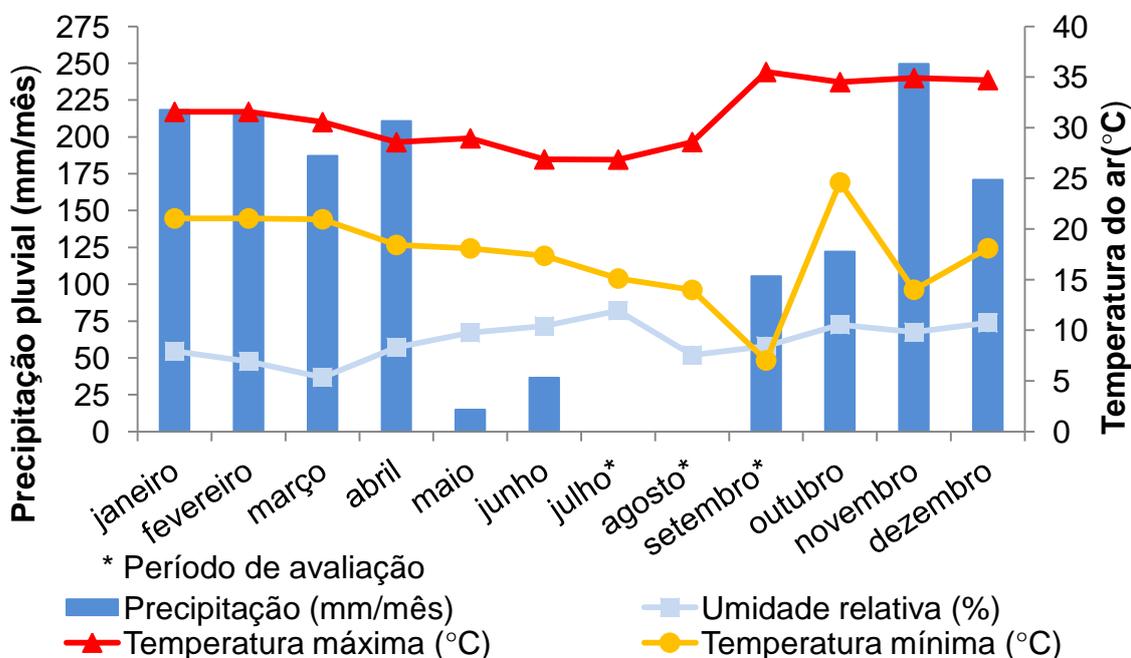


Figura 4. Variáveis climatológicas do entorno da área e ano experimental.

Fonte: Estação meteorológica (A702 – INMET), Embrapa Gado de Corte, Campo Grande, MS.

O mês de setembro foi o com maiores temperaturas em todos os sistemas de produção, fato previsível pela aproximação do equinócio de primavera e alongamento dos dias, com aumento das horas e fotoperíodo (GEIGER, 1965).

Os maiores valores de temperatura do ar (T_a) e temperatura de globo negro (T_{gn}) foram observados ao sol, entre as 12h00 e 13h00, nos três sistemas avaliados (Figuras 5 e 6). Dos três sistemas, o com eucalipto com espaçamento

de 22 m entre fileiras (iLPF 2) foi o que apresentou maior média, neste horário, para T_a ($43,5^\circ\text{C}$), seguido do sistema com poucas árvores dispersas (iLP, com $39,4^\circ\text{C}$) e eucalipto com espaçamento de 14 m (iLPF 1, $37,8^\circ\text{C}$). Para a T_{gn} a maior média foi obtida pelo sistema iLP ($48,3^\circ\text{C}$), seguido do sistema iLPF-2 ($48,2^\circ\text{C}$) e iLPF-1 ($42,9^\circ\text{C}$) (Figura 6).

Salienta-se que, mesmo no período seco (agosto e setembro), ou inverno, as temperaturas registradas ao sol foram superiores à considerada crítica (35°C) por Silva (2008) e Baêta e Souza (1997) para zebuínos, com picos de $43,5^\circ\text{C}$ às 13h00, em setembro. Nota-se, porém, que à sombra, as temperaturas eram $8,9^\circ\text{C}$, $6,3^\circ\text{C}$ e $3,1^\circ\text{C}$ menores nos sistemas iLPF 2, iLP, iLPF1, respectivamente, corroborando a importância do componente arbóreo na melhoria do microclima. Neste caso, as árvores nativas do sistema iLP reduziram em 7,7% e 21,8% as temperaturas do ar (T_a) e de globo negro (T_{gn}), respectivamente, em relação ao sol.

No mesmo intervalo horário (12h00 às 13h00), ao sol, e por se tratar de período seco, ou inverno, foram registrados os menores valores de umidade relativa (UR), com índices de 15,2%, 18,9%, 20,4% para os sistemas iLPF 2, iLP, iLPF 1, respectivamente (Figura 7). Silva (2008) e Baêta e Souza (1997) consideram como confortáveis, os ambientes com umidade relativa entre 60 e 70%. Nota-se, porém, que à sombra, as umidades relativas eram 6,8%, 4,3% e 3,2% maiores nos sistemas iLPF 2, iLP e iLPF 1, respectivamente, intensificando a importância das árvores nas melhorias do ambiente em sistemas de produção.

A velocidade do vento (V_v) foi bastante variável ao longo do dia e entre os sistemas (Figura 8), mas sempre maior naquele com poucas árvores dispersas (iLP). Os valores encontrados, porém, encontravam-se, com exceção de setembro, dentro do limite estabelecido por Baêta e Souza (1997) como confortável ($1,38$ a $2,22 \text{ m.s}^{-1}$).

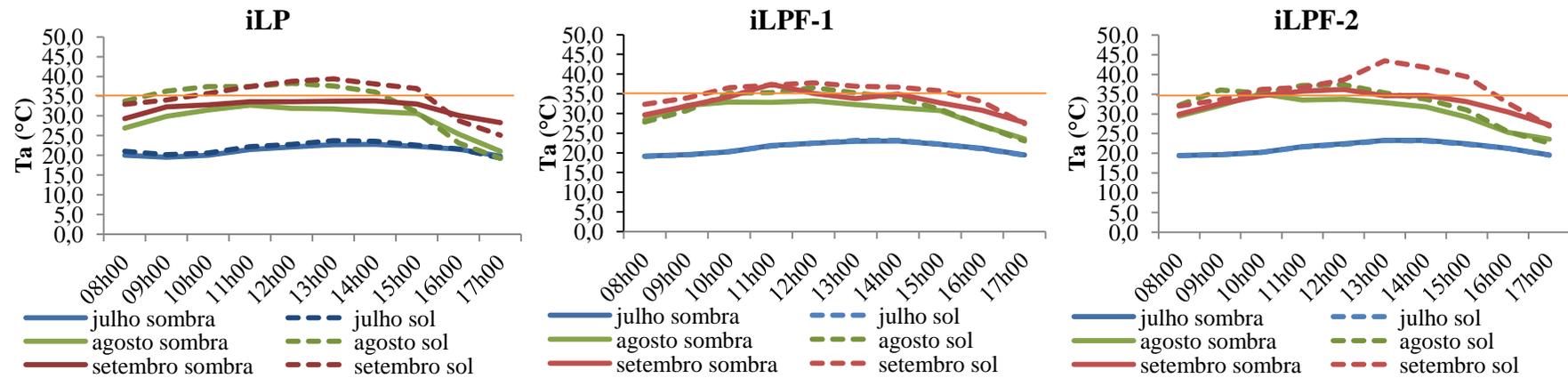


Figura 5. Temperatura do ar em sistema de integração lavoura-pecuária (iLP); sistema de integração lavoura-pecuária-floresta com eucalipto em espaçamento de 14 m (iLPF-1); e sistema de integração lavoura-pecuária-floresta com eucalipto em espaçamento de 22 m (iLPF-2), à sombra e ao sol, em Campo Grande, MS. *Linha vermelha: faixa ideal de T_a , segundo Baêta e Souza (1997).

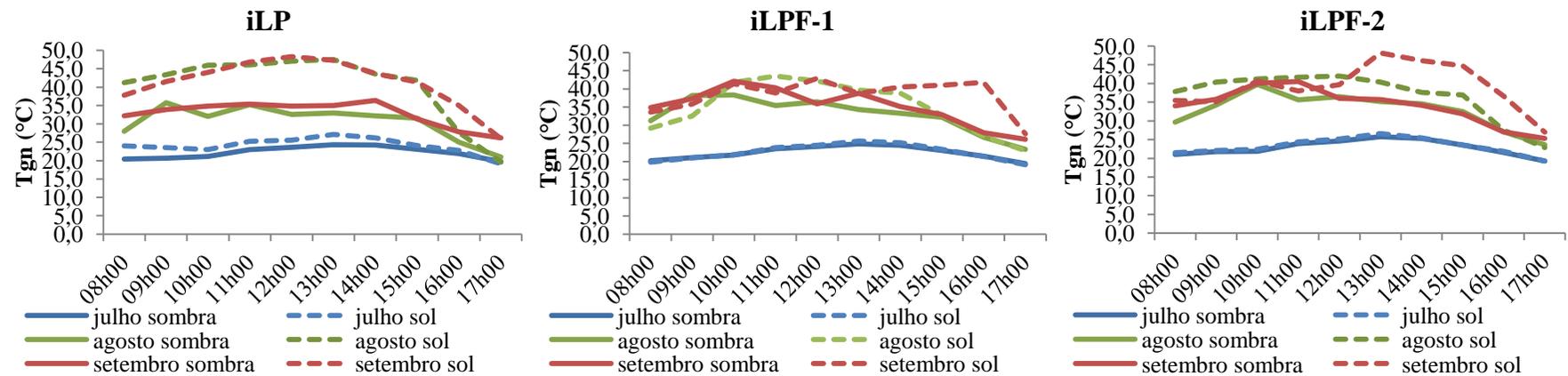


Figura 6. Temperaturas de globo negro em sistema de integração lavoura-pecuária (iLP); sistema de integração lavoura-pecuária-floresta com eucalipto em espaçamento de 14 m (iLPF-1); e sistema de integração lavoura-pecuária-floresta com eucalipto em espaçamento de 22 m (iLPF-2), à sombra e ao sol, em Campo Grande, MS.

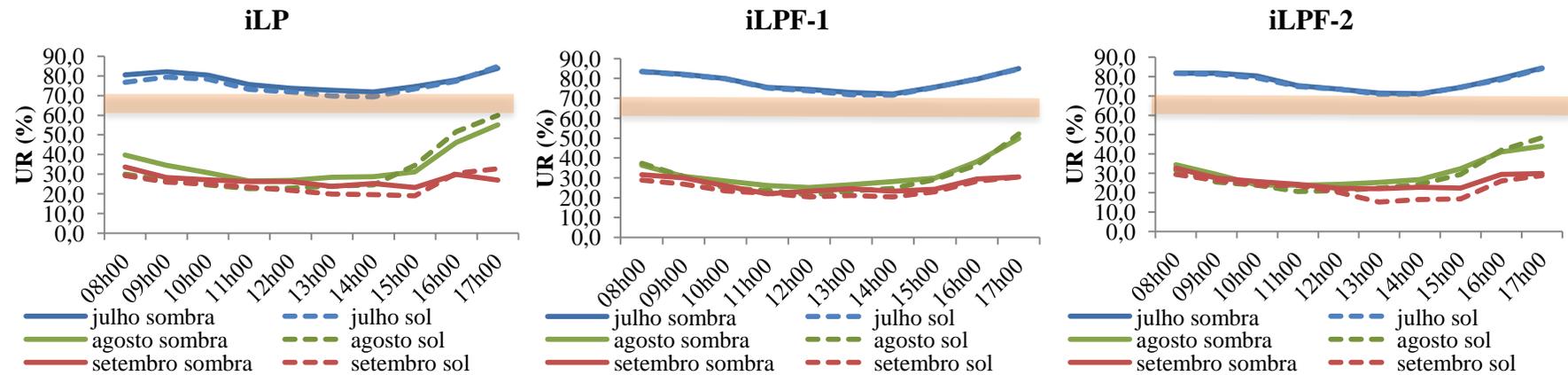


Figura 7. Umidade relativa em sistema de integração lavoura-pecuária (iLP); sistema de integração lavoura-pecuária-floresta com eucalipto em espaçamento de 14 m (iLPF-1); e sistema de integração lavoura-pecuária-floresta com eucalipto em espaçamento de 22 m (iLPF-2), à sombra e ao sol, em Campo Grande, MS. *Linha vermelha: faixa ideal de UR, segundo Silva (2008) e Baêta e Souza (1997).

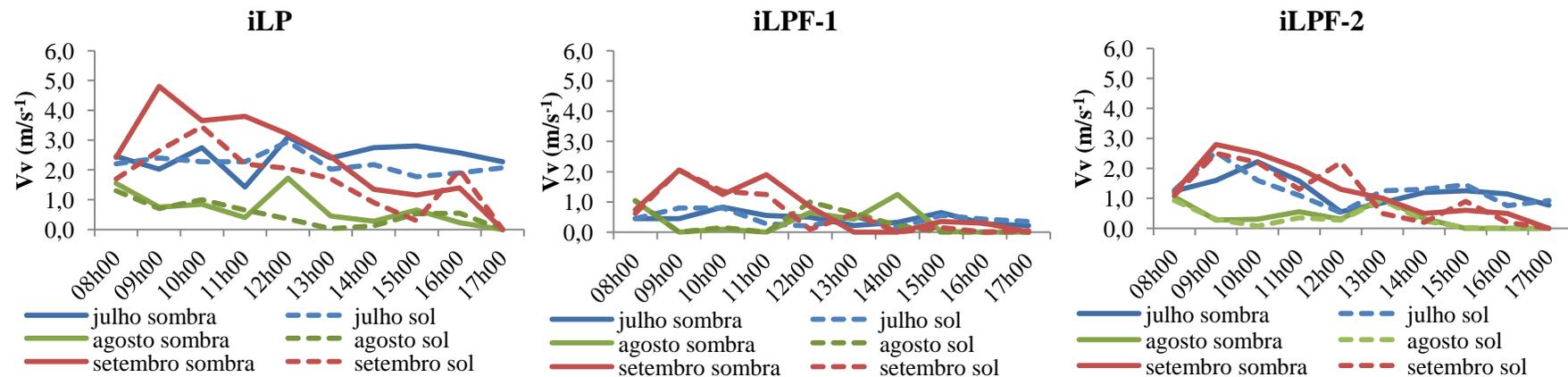
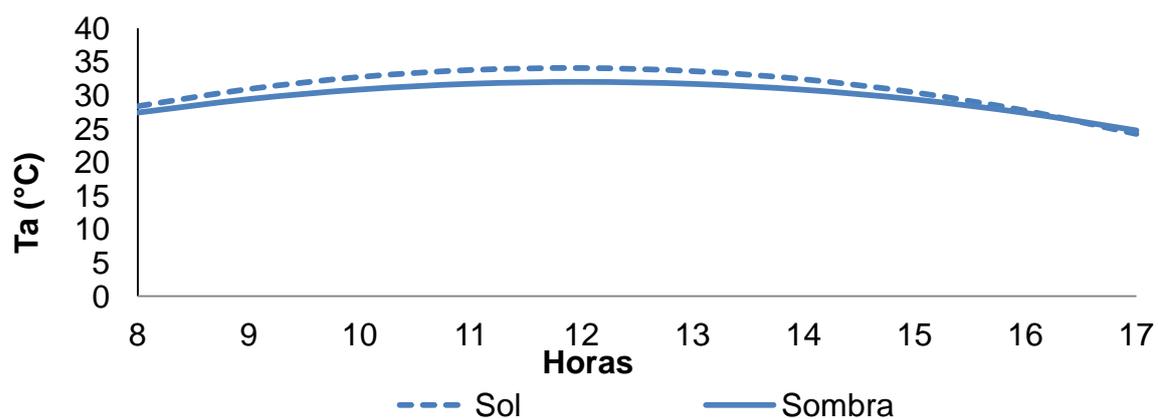


Figura 8. Velocidade do vento em sistema de integração lavoura-pecuária (iLP); sistema de integração lavoura-pecuária-floresta com eucalipto em espaçamento de 14 m (iLPF-1); e sistema de integração lavoura-pecuária-floresta com eucalipto em espaçamento de 22 m (iLPF-2), à sombra e ao sol, em Campo Grande, MS.

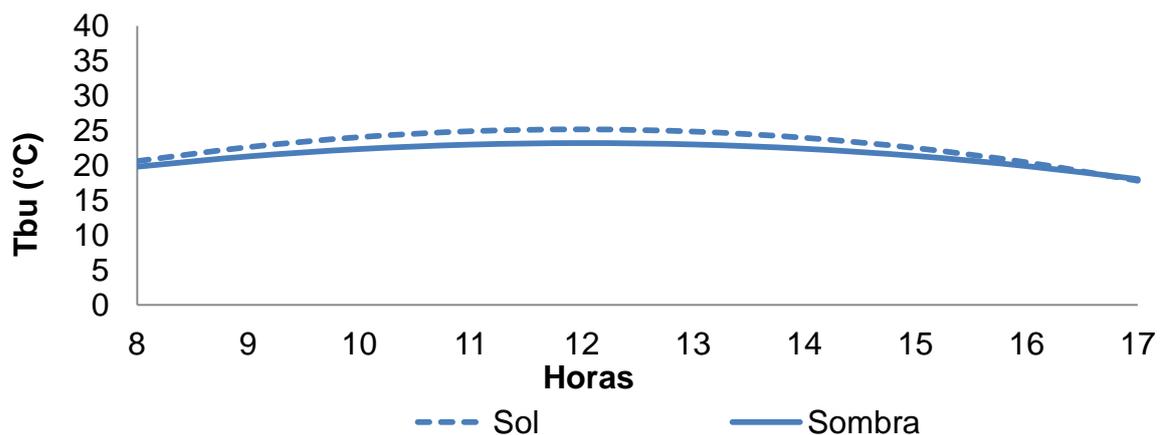
Em relação às diferenças microclimáticas encontradas nos sistemas, nota-se que as árvores nativas, presentes no sistema iLP, apresentam maior eficiência de redução nas temperaturas do ar e de globo negro, bem como o maior distanciamento entre as fileiras de eucalipto, possivelmente pela menor densidade de árvores, que facilita as trocas de temperaturas com o ambiente. Soares et al. (2009) corroboram tal informação ao avaliarem árvores de *Pinus taeda*, à céu aberto e em espaçamentos de 15x3 e 9x3 m, em que os talhões com menos árvores apresentaram reduções nos valores de temperatura do ar, com média de 21,6°C e que o maior adensamento dificulta a circulação dos ventos. Baliscai et al. (2013) encontraram médias de 24,1°C em sistema silvipastoril formado por eucaliptos em renque duplo e de 24,4°C ao sol ao avaliar as condições climáticas. Garcia et al. (2011) encontraram máxima de 29,7°C na temperatura do ar no período menos chuvoso, ao avaliar o uso de sistemas silvipastoris, com espécies de árvores de mogno africano (*Khaya ivorensis* A. Chev.) e nim (*Azadirachta indica* A. Juss.) como ferramenta de manejo para proporcionar maior conforto térmico a búfalas leiteiras. Oliveira (2013), ao avaliar o ambiente térmico para novilhas Nelore em sistemas de integração com 4 anos de implantação, no Cerrado, obteve médias à sombra de 35,6°C de Ta.

Foram observadas respostas quadráticas ($P < 0,05$) para Ta e Tbu em função do horário e amostragem, nas condições de sol e sombra.



Sol	$Y = -0,37776x^2 + 8,98233x - 19,32905$	$R^2 = 0,98$
Sombra	$Y = -0,28763x^2 + 6,89558x - 9,37147$	$R^2 = 0,99$

Figura 9. Médias, de três meses (julho, agosto e setembro), dos valores de temperatura do ar (°C), ao sol e à sombra, das 08h00 às 17h00 (horário local, GMT -04h00), em Campo Grande (MS).



Sol	$Y = -0,28957x^2 + 6,92733x - 16,29619$	$R^2 = 0,98$
Sombra	$Y = -0,20924x^2 + 5,0323x - 7,05572$	$R^2 = 0,99$

Figura 10. Médias, de três meses (julho, agosto e setembro), dos valores de temperatura de bulbo úmido, ao sol e à sombra, das 08h00 às 17h00 (horário local, GMT -04h00), em Campo Grande (MS).

Os menores valores de T_a (31,9°C) e T_{bu} (23,2°C) foram registrados à sombra, às 12h00 (T_a e T_{bu}). Ao sol, houve acréscimo de 6,4% e 7,6%, no mesmo horário (34,1°C para T_a e 25,1°C para T_{bu}). Estes resultados estão de acordo com os obtidos por Silva et al. (2010), que registraram T_a e T_{bu} menores à sombra, com incremento ao sol de 6,9% na T_a (30,9°C) e 3,3% na T_{bu} (22,0°C) ao compararem 3 horários durante o dia, em 3 locais (sob a copa de *Acacia holosericea*, nas entrelinhas e a pleno sol), em 2 períodos do ano (águas e secas).

Silanikove (2000) enfatiza que valores elevados de temperaturas do ar, radiação solar e umidade são fatores ambientais estressantes, impondo sistemas de compensação por parte dos animais para a manutenção da homeotermia. Tais mecanismos, mesmo quando eficientes, preveem um custo energético e, por consequência, queda na produtividade. De fato, para Kazama et al. (2008), uma sombra em quantidade adequada serve como proteção contra a radiação térmica e auxilia na manutenção da produtividade animal porque diminui a carga de calor associada à radiação solar. Assim, medidas mitigadoras dos parâmetros climáticos são sempre desejáveis em se tratando de produção animal, principalmente nos trópicos.

As temperaturas do ar e de bulbo úmido obtidas à sombra foram 7% e 8% menores, respectivamente, quando comparadas àquelas à pleno sol. Embora à

sombra não se tenha atingido os níveis considerados ideais de conforto térmico, de acordo com os valores referenciados por Ferreira et al. (2006). As espécies arbóreas avaliadas foram capazes de interceptar parte da radiação solar, principalmente em horários críticos, como das 11h00 às 13h00.

Foram encontradas respostas quadráticas significativas ($P < 0,05$) para temperatura de globo negro (T_{gn}) e para as condições de sistemas e local.

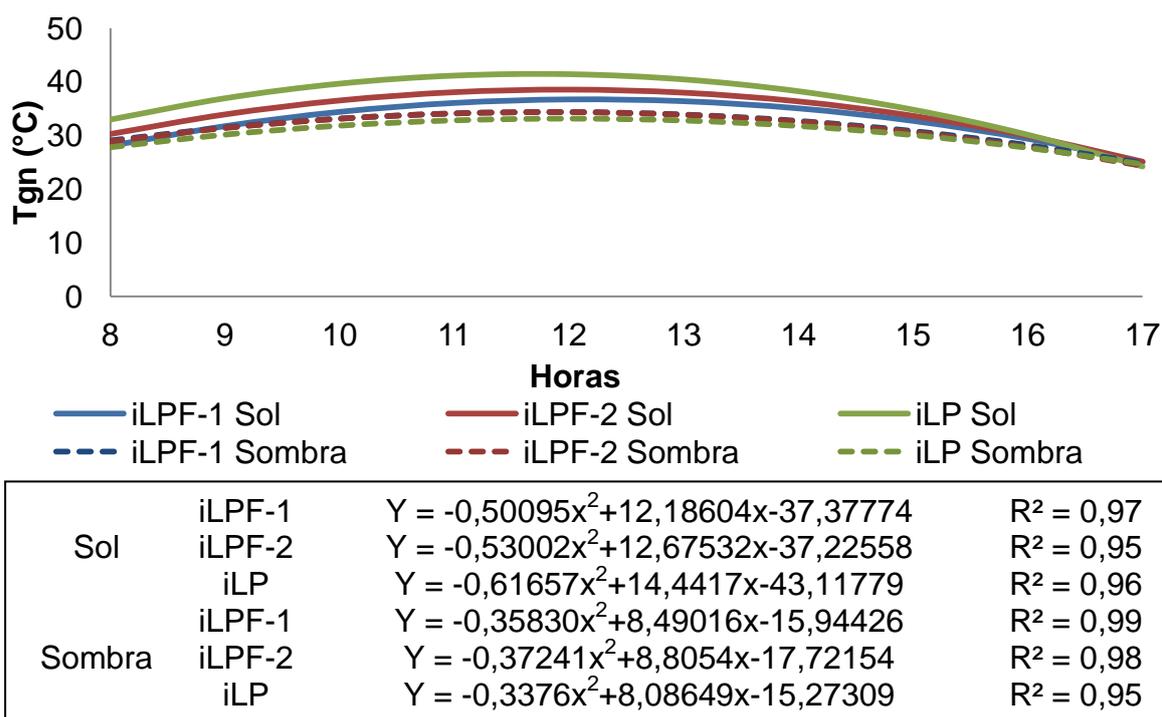


Figura 11. Médias, de três meses (julho, agosto e setembro), dos valores de temperatura de globo negro ($^{\circ}\text{C}$) em sistema de integração lavoura-pecuária (iLP); sistema de integração lavoura-pecuária-floresta com eucalipto em espaçamento de 14 m (iLPF-1); e sistema de integração lavoura-pecuária-floresta com eucalipto em espaçamento de 22 m (iLPF-2), à sombra e ao sol, em Campo Grande, MS.

Ferreira et al. (2006), ao determinarem parâmetros fisiológicos de bovinos cruzados submetidos ao estresse calórico, observaram condições de conforto e estresse térmico quando as temperaturas de globo negro eram de 23°C e 44°C , respectivamente, corroborando a importância de estratégias que melhorem as condições ambientais, como o fornecimento de sombra. Neste estudo, as maiores estimativas de T_{gn} ($41,4^{\circ}\text{C}$) foram determinadas ao sol, às 12h00, no sistema iLP, valor muito próximo ao condizente com estresse térmico severo (44°C), citado por Ferreira et al. (2006). Os menores valores obtidos nos sistemas iLPF-2 ($38,5^{\circ}\text{C}$) e iLPF-1 ($36,2^{\circ}\text{C}$), ao sol, corroboram com a informação de que o componente

arbóreo é capaz de modificar, inclusive, o ambiente próximo à árvore não restrito à sombra (ABREU et al., 2010).

À sombra, os menores valores de Tgn obtidos em relação ao sol, foram condizentes com os resultados de Leme et al. (2005), em sistema silvipastoril com vacas mestiças Holandês-Zebu, no qual as Tgn foram 14,4% menores à sombra (32,7°C vs 38,2°C). Neste estudo, as maiores estimativas de Tgn à sombra também foram determinadas às 12h00. No entanto, o sistema iLP apresentou as menores médias, com máxima de 33,1°C, seguido pelos sistemas iLPF-1 e iLPF-2, ambos com 34,3°C. Desse modo, devido ao formato globoso das copas, as sombras das árvores nativas do sistema iLP reduziram, em média, 20% da Tgn. Os eucaliptos com 14 e 22 m de espaçamento entre fileiras, por sua vez, reduziram, respectivamente, 6,5 e 11,1%. Esta diferença entre espécies arbóreas é decorrente de diferenças na estrutura e formato das copas, em que a forma elipsoidal do eucalipto, com ramos mais afastados, facilita a incidência solar no subsolo, e maior fluxo de energia sob o mesmo.

Os benefícios do sombreamento sobre o índice de temperatura e umidade (ITU) podem ser observados na Figura 12, que apresenta as respostas quadráticas significativas ($P < 0,05$) para as condições de sistemas, local e horário.

Segundo Hahn e Mader (1997), valores de ITU ≤ 70 são indicadores de um ambiente não estressante; entre 71 e 78 são críticos; de 79 a 83 a situação é de perigo; e acima de 83, situação de emergência. Neste estudo, a condição térmica variou de crítica (77,7), à sombra, à perigosa (80,9), ao sol. O sistema que apresentou melhor condição de conforto térmico, com base no ITU, foi o iLP, seguido dos sistemas iLPF-1 e iLPF-2 que foram semelhantes. Às 12h00 foram encontradas as maiores médias de ITU (77,7, 78,5 e 78,5) para iLP, iLPF-1 e iLPF-2, respectivamente.

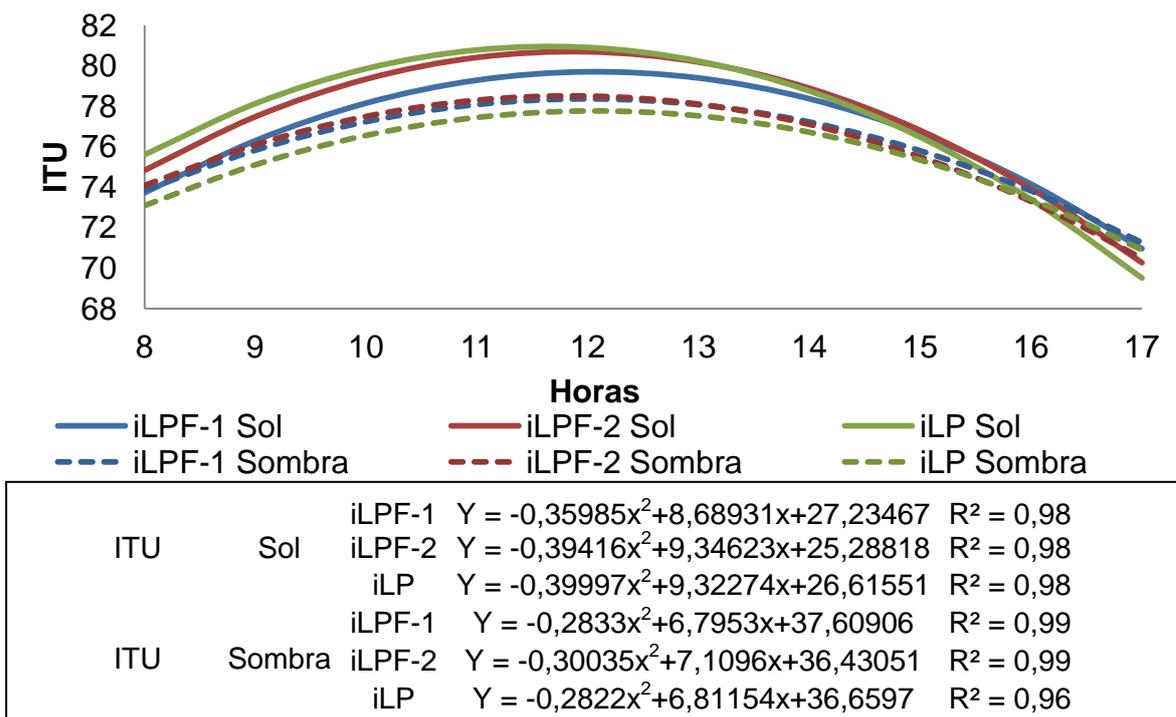


Figura 12. Médias, de três meses (julho, agosto e setembro), dos valores do índice de temperatura e umidade (ITU) em sistema de integração lavoura-pecuária (iLP); sistema de integração lavoura-pecuária-floresta com eucalipto em espaçamento de 14 m (iLPF-1); e sistema de integração lavoura-pecuária-floresta com eucalipto em espaçamento de 22 m (iLPF-2), à sombra e ao sol, em Campo Grande, MS.

Vários autores encontraram situações bastante alarmantes para a criação de bovinos em pastagens, em regiões tropicais. Cremon (2013), ao avaliar o microclima e índices de bem-estar animal em um sistema silvipastoril no município de Novo Horizonte do Sul – MS, obteve valores de 84 (situação de emergência), à pleno sol, e de 80 (perigo), em três diferentes espaçamentos de árvores. Navarini et al. (2009), em pastagens no Paraná, com diferentes condições de sombreamento natural, determinaram valores de ITU similares aos deste estudo para pequenos bosques de guajuvira (76) e à pleno sol (80), porém às 15h00. Ferreira et al. (2011), ao avaliarem espécies nativas como angico (*Anadenanthera colubrina*), aroeira (*Schinus terebinthifolius*), jatobá (*Hymenaea courbaril*), ipê (*Tabebuia alba*) e baru (*Dipteryx alata*) dispersas em pastagens, determinaram valores médios de ITU entre 74 e 78 à sombra e de 82 a pleno sol.

As altas temperaturas de globo negro dos dias de observação (figuras 6 e 11) influenciaram significativamente nas condições de conforto térmico,

representadas pelo índice de temperatura de globo e umidade (ITGU), com respostas quadráticas significativas ($P < 0,05$) em função de horário para sistema de integração e local (Figura 13). Assim como o ITU, as melhores condições de conforto avaliadas pelo ITGU foram obtidas à sombra, em todos os sistemas (79,4 ; iLP; 80,5, no iLPF-1 e iLPF-2). Às 12h00, foram encontradas os maiores valores de ITGU à sombra e ao sol, com notada redução ao final da tarde, como era de se esperar. O iLP apresentou os maiores valores de ITGU ao sol (87,9), seguido do iLPF-2 (84,8), e do iLPF-1 (82,9).

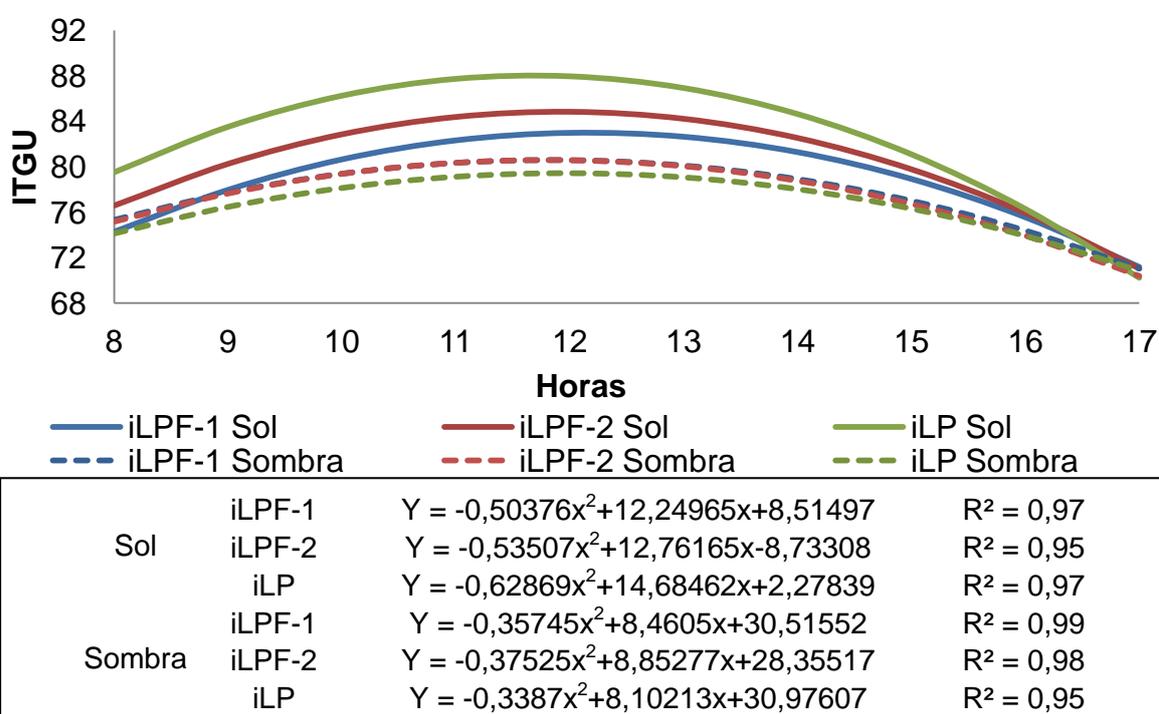


Figura 13. Médias, de três meses (julho, agosto e setembro), dos valores do índice de temperatura de globo e umidade (ITGU) em sistema de integração lavoura-pecuária (iLP); sistema de integração lavoura-pecuária-floresta com eucalipto em espaçamento de 14 m (iLPF-1); e sistema de integração lavoura-pecuária-floresta com eucalipto em espaçamento de 22 m (iLPF-2), à sombra e ao sol, em Campo Grande, MS.

Resultados semelhantes foram encontrados por Kawabata et al. (2005), com aumento de ITGU até as 12h, ao avaliar bezerreiros individuais com diferentes ambientes. Também, Kazama et al. (2008), que verificaram menor ITGU ao final da tarde. Do mesmo modo, Oliveira (2013) observou aumento nos valores de ITGU até as 13h00, quando, a partir desse horário, os valores começaram a reduzir até o final da tarde. Ablas et al. (2007), ao avaliarem a

sombra natural, em pastagens, encontraram valores de ITGU de 87 à sombra e 89 ao sol. Também Souza et al. (2007), no semiárido paraibano, obtiveram valores de ITGU de 88 a sombra e 98 ao sol.

As variações observadas na T_a , T_{gn} e V_v (Figura 5, 6 e 8) ao longo do período experimental influenciaram significativamente a carga térmica de radiação (CTR) com respostas quadráticas ($P < 0,05$). Os maiores valores de CTR foram encontrados às 12h00 em todos os meses, sistemas e locais. Em todos os meses, todas as árvores dos sistemas foram capazes de reduzir a CTR à sombra. A CTR é um dos principais componentes no estudo do balanço energético e expressa a totalidade da radiação recebida pelo globo negro do ambiente (SILVA et al., 1990). Dessa forma, o sombreamento proporcionado por árvores dispersas (iLP) reduziu a CTR em 24,0% em julho, 16,6% em agosto e 11,8% em setembro. Dentre as densidades, o sistema iLPF 2 se mostrou mais eficiente em relação ao iLPF 1, reduzindo 15,2% em julho, 5,3% em agosto e 9,2% em setembro (iLPF 2) comparado a 17,0% em julho, 4,6% em agosto e 1,3% em setembro (iLPF 1). A variação entre os sistemas foi de 496,7 a 653,7 $W.m^{-2}$ em julho, 552,4 a 660,2 $W.m^{-2}$ em agosto, e 558,8 a 793,6 $W.m^{-2}$ em setembro (Figuras 14, 15 e 16).

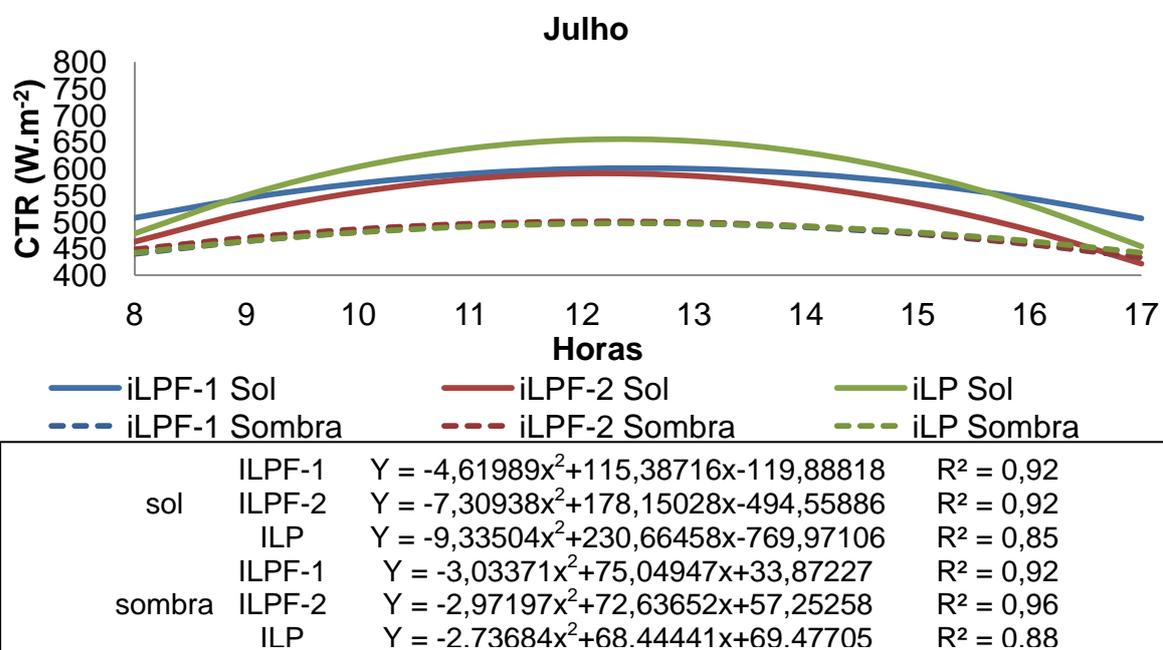


Figura 14. Carga térmica de radiação (CTR), em sistema de integração lavoura-pecuária (iLP); sistema de integração lavoura-pecuária-floresta com eucalipto em espaçamento de 14 m (iLPF-1); e sistema de integração lavoura-pecuária-floresta com eucalipto em espaçamento de 22 m (iLPF-2), à sombra e ao sol, em Campo Grande, MS.

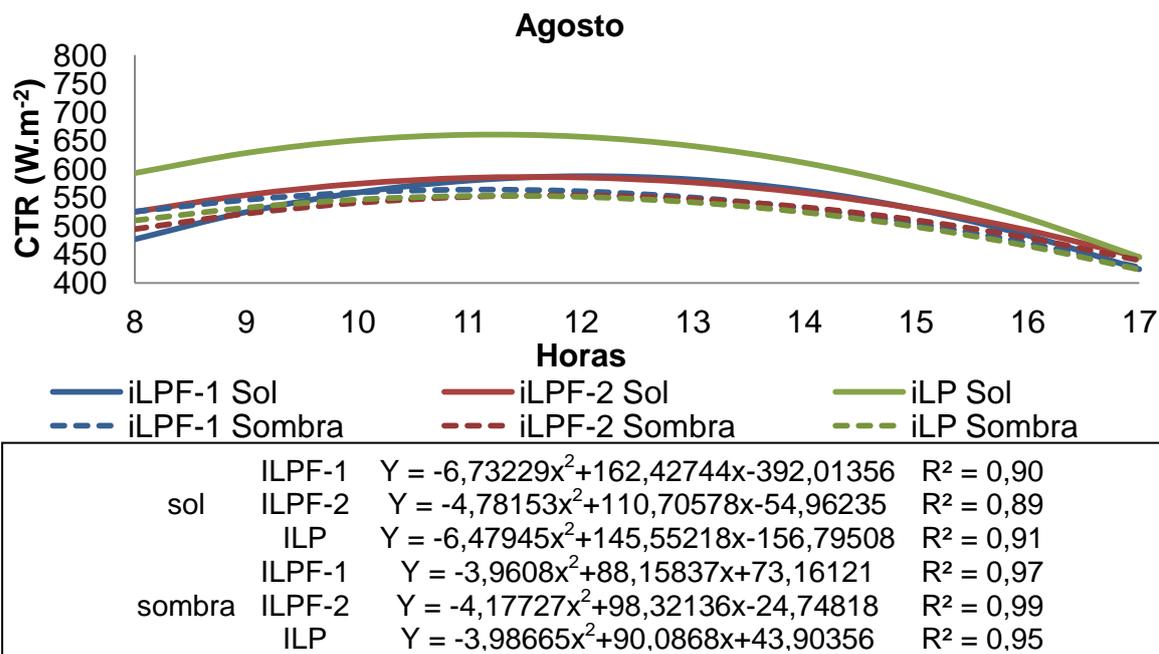


Figura 15. Carga térmica de radiação (CTR), em sistema de integração lavoura-pecuária (iLP); sistema de integração lavoura-pecuária-floresta com eucalipto em espaçamento de 14 m (iLPF-1); e sistema de integração lavoura-pecuária-floresta com eucalipto em espaçamento de 22 m (iLPF-2), à sombra e ao sol, em Campo Grande, MS.

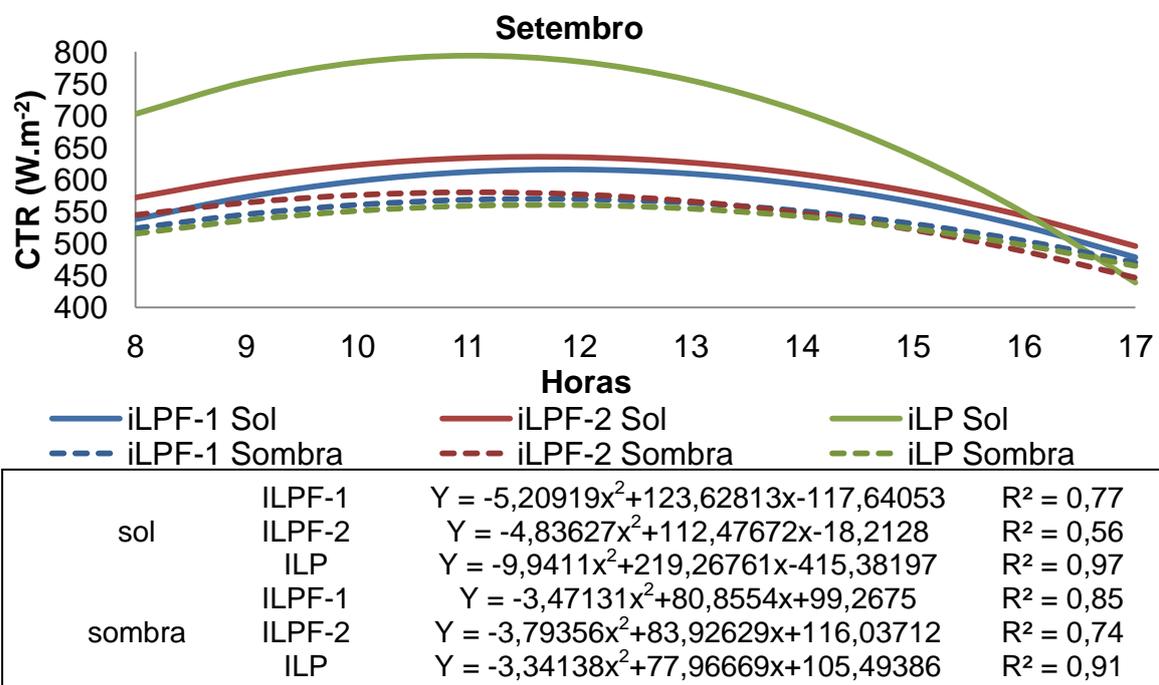


Figura 16. Carga térmica de radiação (CTR) em sistema de integração lavoura-pecuária (iLP); sistema de integração lavoura-pecuária-floresta com eucalipto em espaçamento de 14 m (iLPF-1); e sistema de integração lavoura-pecuária-floresta com eucalipto em espaçamento de 22 m (iLPF-2), à sombra e ao sol, em Campo Grande, MS.

Baliscei et al. (2013) também encontraram às 12h00 as maiores médias de CTR, com valores de $639,8 \text{ W.m}^{-2}$ no sistema silvipastoril e $778,4 \text{ W.m}^{-2}$ no tratamento sem sombra. Resultados próximos foram encontrados por Souza et al. (2010a), com valor máximo de $763,5 \text{ W m}^{-2}$ às 13h ao sol e de $530,2 \text{ W m}^{-2}$ às 14h à sombra, em Pernambuco, demonstrando a importância do sombreamento na redução da carga térmica de radiação sobre os animais. Cremon (2013) também observou redução (21,5%) no CTR entre local à pleno sol ($698,2 \text{ W.m}^{-2}$) e sombreado ($547,8 \text{ W.m}^{-2}$) com eucalipto, em pastagem. Também Guiselini et al. (1999), ao avaliarem a qualidade das sombras proporcionadas por *Melia azedarach* (santa bárbara), *Leucaena leucocephala* (leucena), *Terminalia catappa* (chapéu de sol) e *Bambusa vulgaris* (bambu), em pastagem, encontraram média de $546,7 \text{ W.m}^{-2}$ às 14h00.

Conclusão

A presença de árvores, dispersas e em menor densidade, proporcionam condições mais favoráveis de microclima e conforto térmico, viabilizando as trocas de calor com o ambiente.

Agradecimentos

À CAPES, pelo apoio financeiro na concessão da bolsa de estudo, à Embrapa Gado de Corte e seus funcionários, pela mão de obra e área experimental disponibilizadas, ao professor Dr. Cláudio Yuji Tsutsumi, pela análise estatística.

Referências Bibliográficas

- ABLAS, D.S.; TITTO, E.A.L.; PEREIRA, A.M.F.; TITTO, C.G.; LEME, T.M.C. Comportamento de bubalinos a pasto frente a disponibilidade de sombra e água para imersão. **Ciência Animal Brasileira**, v.8, n.2, p.167-175, 2007.
- ABREU, L.V.; LABAKI, L.C. Conforto térmico propiciado por algumas espécies arbóreas: avaliação do raio de influencia através de diferentes índices de conforto. **Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído**, v.10, n.4, p.103-117, 2010.
- ALVES, F. V. O componente animal em sistemas de produção em integração. In: BUNGENSTAB, D. J. (2ªEd.). **Sistemas de integração, a produção sustentável**. Brasília: Embrapa, 2012. p.143-154.

- BAETA, F. C.; SOUZA, C. F. **Ambiência em edificações rurais: conforto animal**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 1997. 246p.
- BALISCEI, M.A.; BARBOSA, O.R.; SOUZA, W.; COSTA, M.A.T.; FKUTZMANN, QUEIROZ, E.O. Microclimate without shade and silvopastoral system during summer and winter. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v.35, n.1, p.49-56, 2013.
- BROOM, D.M.; GALINDO, F.A.; MURGUEITIO, E. Sustainable, efficient livestock production with high biodiversity and good welfare for animals. **Proceedings of the Royal Society**, v.280, n.1771, 2013.
- BUFFINGTON, D.E.; COLLAZO AROCHO, A.; CANTON, G.H.; PITT, D. Black globe humidity index (BGHI) as a comfort equation for dairy cows. **Transactions of the American Society of Agricultural Engineers**, v.24, n.3, p.711-714, 1981.
- CREMON, T. **Espaçamento entre faixas de árvores (*Eucalyptus urophylla* S.T.Blake) e suas interrelações com o acúmulo de forragem [*Urochloa brizantha* (Hochst. Ex A. Rich.) Stapf cv. Xaraés], microclima e bem-estar animal**. 2013, 23p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados-MS.
- ESMAY, ML **Principes of animal environment**. Porto Oeste: Avi Publishing, 1979.
- FERREIRA, F.; PIRES, M.F.A.; MARTINEZ, M.L.; COELHO, S.G.; CARVALHO, A.U.; FERREIRA, P.M. FACURY FILHO, E.J.; CAMPOS, W.E. Parâmetros fisiológicos de bovinos cruzados submetidos ao estresse calórico. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.58, n.5, p. 732-73, 2006.
- FERREIRA, L.C.B.; MACHADO FILHO, L.C.P.; HOETZEL, M.J.; LABARRÊRE, J.G. O efeito de diferentes disponibilidades de sombreamento na dispersão de fezes dos bovinos nas pastagens. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v.6, n.1, p.137-146, 2011.
- GARCIA, A. R.; MATOS, L. B.; LOURENÇO JÚNIOR, J. de B.; NAHÚM, B. S.; ARAÚJO, C. V.; SANTOS, A. X. Variáveis fisiológicas de búfalas leiteiras criadas sob sombreamento em sistemas silvipastoris. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.46, n.10, p.1409-1414, 2011.
- GEIGER, R. **The climate near the ground**. Cambridge: Harvard University Press, 1965. 611 p.
- GUISELINI, C.; SILVA, I.J.O.; PIEDADE, S.M. Avaliação da qualidade do sombreamento arbóreo no meio rural. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.3, n.3, p.380-384, 1999.

- GURGEL, E.M.; SERAPHIM, O.J.; SILVA, I.J.O. Método de avaliação bioclimática da qualidade da sombra de árvores visando ao conforto térmico animal. **Revista Engenharia Agrícola**, v.27, n.2, p.20-34, 2012.
- HAHN, G.L.; MADER, T.L. Heat waves in relation to thermoregulation, feeding behavior and mortality of feedlot cattle. In: PROCEEDINGS OF THE INTERNATIONAL LIVESTOCK ENVIRONMENT SYMPOSIUM MINNEAPOLIS, 5., 1997, Minneapolis. **Proceedings...** St. Joseph: ASAE, 1997. p.563-567.
- HOFFMANN, G.S.; HASENACK, H.; OLIVEIRA, L.F.B. **O clima na Reserva Particular de Patrimônio Natural Sesc Pantanal**. Rio de Janeiro: SESC, Departamento Nacional, 2010. 84p.
- KAWABATA, C. Y. R. C.; CASTRO, E H.; SAVASTANO JUNIOR. Índices de conforto térmico e respostas fisiológicas de bezerros da raça holandesa em bezerreiros individuais com diferentes coberturas. **Engenharia Agrícola**, v.25, n.3 p.598-607, 2005.
- KAZAMA, R.; ROMA, C. F. C.; BARBOSA, O. R.; ZEOULA, L. M.; DUCATTI, T.; TESOLIN, L. C. Orientação e sombreamento do confinamento na temperatura da superfície do pelame de bovinos. **Acta Scientiarum Animal Sciences**, v.30, n.2, p.211-216, 2008.
- KRUSCHEWSKY, G. C.; MILLER, P. R. M.; PORFÍRIO DA SILVA, V. Efeito da presença de árvores no comportamento de vacas leiteiras, estudo de caso na região do Arenito Caiuá, PR. In: Congresso Brasileiro de Agroecologia, v. 6, n. 2, Fortaleza, 2011. **Anais...** Fortaleza: Associação Brasileira de Agroecologia, 2011.
- LEME, T. M. S. P.; PIRES, M. de F. A.; VERNEQUE, R. da S. et al. Comportamento de vacas mestiças Holandês x Zebu, em pastagem de *Brachiaria decumbens* em sistema silvipastoril. **Ciência e Agrotecnologia**, v.29, n.3, p.668-675, 2005.
- MARTELLO, L.S; SAVASTANO JR, H; PINHEIRO, M.G; SILVA, S.L; ROMA JR., L.C. Avaliação do microclima de instalações para gado de leite com diferentes recursos de climatização. **Revista Engenharia Agrícola**, v.24, n.2, 2004.
- NAVARINI, F.C.; KLOSOWSKI, E.S.; CAMPOS, A.T.; TEIXEIRA, R.A., ALMEIDA, C.P. Conforto térmico de bovinos da raça nelore a pasto sob diferentes condições de sombreamento e a pleno sol. **Engenharia Agrícola**, v.29, n.4, p.508-517, 2009. [online].
- OLIVEIRA, C.C. **Desempenho e comportamento ingestivo diurno de novilhas nelore em sistemas integrados de produção no Cerrado brasileiro**. 2013. 86f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade federal dos Vales do Jequitinhonha e Murici, Diamantina.

- SAS - INSTITUTE INC. STATISTICAL. **Analysis system user's guide**. Version 9.0. Cary. Statistical Analysis System Institute, 2002. 1025p.
- SCHÜTZ, K. E.; ROGERS, A. R.; COX, N. R.; TURCKER, C. B. Dairy cows prefer shade that offers greater protection against solar radiation in summer: shade use, behavior and body temperature. **Applied Animal Behaviour Science**, v.116, p.28-34, 2009.
- SILANIKOVE, N. Effects of heat stress on the welfare of extensively managed domestic ruminants. **Livestock Production Science**, v.67, p.1-18, 2000.
- SILVA, I. J.; GHELFI FILHO, O. K.; CONSIGLERO, F. R.. Materiais de cobertura para instalações animais; **Engenharia Rural**, v.1, n.1, p.51-60. 1990.
- SILVA, I. J. O. et al. Redução da carga térmica de radiação através do sombreamento natural. In: CONGRESSO DE INGENIERIA RURAL, 4.; CONGRESSO INTERNACIONAL DE INGENIERIA RURAL, 2., 1996, Neuquen. **Anais...** Neuquen: Universidad Nacional Del Comahe; Universidad Nacional de La Plata; INTA Centro Regional Patagonia Norte. 1996, p.799-807.
- SILVA, I. J. O. da. Ambiência na produção de animais em clima quente: In: SIMPÓSIO BRASILEIRO NA PRODUÇÃO DE LEITE, 1, 1998, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1998.
- SILVA, R. G. **Biofísica ambiental**: os animais e seu ambiente. Jaboticabal: Funep, 2008, 393 p.
- SILVA, E. C. L.; MODESTO, E. C.; AZEVEDO, M.; FERREIRA, M. A.; DEBEUX JÚNIOR, J. C. B.; SCHULER, A. R. P. Efeitos da disponibilidade de sombra sobre o desempenho, atividades comportamentais e parâmetros fisiológicos de vacas da raça Pitangueiras. **Acta Scientiarum Animal Sciences**, v.31, n.3, p.295-302, 2009.
- SILVA, L. C.; LUCAS, F. T.; BORGES, B. M. M. N.; SILVA, W. J. Influência da Radiação Fotossinteticamente Ativa no Crescimento e Desenvolvimento de Forrageiras Tropicais. **FAZU em Revista**. n. 7, p. 63-67, 2010.
- SILVA, R.G.; MAIA, A.S.C. The Environmt. In: [Sl.: s.n]. **Principles of animal biometeorology**. 2013, p.1-37.
- SOARES, A. B.; SARTOR, L. R.; ADAMI, P. F.; VARELA, A. C.; FONSECA, L.; MEZZALIRA, J. C. Influência da luminosidade no comportamento de onze espécies forrageiras perenes de verão. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.3, p.443-451, 2009.
- SOUZA, C.F. et al. Avaliação de materiais alternativos para confecção do termômetro de globo. **Ciência Agrotecnologica**, v.26, n.1, p.157-164, 2002.

- SOUZA, B.B., SILVA, R.M.N.; MARINHO, M.L., SILVA, G.A., SILVA, E.M.N., SOUZA, A.P. Parâmetros fisiológicos e índices de tolerância ao calor de bovinos da raça Sindí no semi-árido paraibano. **Ciência e agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 3, p. 883-888, 2007.
- SOUZA, B. B.; SILVA, I. J. de O.; MELLACE, E. M.; SANTOS, R. F. S.; ZOTTI, C. A.; GARCIA, P. R. Avaliação do ambiente físico promovido pelo sombreamento sobre o processo termorregulatório em novilhas leiteiras. **Agropecuária científica no Semi-árido**, v. 6, n. 2, p. 59-65, 2010. (a)
- SOUZA, W.; BARBOSA, O. R.; MARQUES, J. A.; COSTA, M. A. T.; GASPARINO, E.; LIMBERGER, E. Microclimate in silvipastoral systems with eucalyptus in rank with different heights. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, n. 3, p. 685-694, 2010. (b)
- THON, E. C. Cooling degree: day air-conditioning, heating and ventilating. **Transaction of the American Society of Heating, Refrigeration and Air Conditioning Engineers**, v.55, n.7, p.65-72, 1958.
- THORNTON, P.K.; VAN DE STEEG, J.; NOTENBAERT, A.; HERRERO, M. The impacts of climate change on livestock and livestock systems in developing countries: a review of what we know and what we need to know. **Agricultural Systems**, v.101, p.113-127, 2009.
- TRUMBO, B.A.; WISE, L.M.; HUDY, M. Influence of protective shielding devices on recorded air temperature accuracy for a rugged outdoor thermal sensor used in climate change modeling. **National Environment Science**, v.3, n.1, p.42-50, 2012.

4 CAPÍTULO 3 – QUANTIDADE E QUALIDADE DA SOMBRA DE ESPÉCIES NATIVAS E CULTIVADA EM SISTEMAS SILVIPASTORIS NO CENTRO OESTE

Resumo - Embora os benefícios oferecidos pelas árvores em termos de melhorias no conforto térmico sejam amplamente propagados, poucos ainda são os trabalhos na literatura científica que abordam a arborização rural. Desse modo, o objetivo do trabalho foi avaliar a área, o comprimento e a distância das sombras projetadas pelo cambará (*Gochnatia polymorpha*), cumbaru (*Dipteryx alata*) e eucalipto (*Eucalyptus grandis* x *urophylla*), presentes em sistemas agrossilvipastoris com capim-piatã no Centro-Oeste brasileiro. O experimento foi conduzido na Embrapa Gado de Corte, Campo Grande-MS, no período de julho a setembro de 2013. O delineamento experimental foi o de blocos casualizados, em esquema de parcelas subdivididas. Os tratamentos da parcela foram as árvores, subparcelas os meses e subdivididas os horários, com quatro repetições. Foram mensuradas altura total, altura de tronco, comprimento da copa e a largura da copa. Posteriormente, calculadas a área, o comprimento e a distância da sombra, para os horários das 09h00, 12h00 e 15h00. Também foram registradas as características psicométricas do ambiente sob a copa, temperatura do ar, umidade relativa, temperatura de globo negro e velocidade do vento, e calculados o índice de temperatura e umidade, índice de temperatura de globo e umidade e carga térmica de radiação. As árvores, cumbaru e cambará apresentaram as maiores configurações da sombra e as melhores condições de conforto térmico.

Palavras-Chave: bovinos, Cerrado, conforto térmico, essências florestais, pastagens

Quantity and quality of the shadow of native and cultivated species in silvopastoral systems in the Midwest

Abstract - While the benefits offered by the trees in terms of improvements in thermal comfort are widely spread, few are still work in the literature that address rural afforestation. Thus, the objective of this study was to evaluate the area,

length and distance from the shadows cast by cambará (*Gochnatia polymorpha*), cumbaru (*Dipteryx alata*) and eucalyptus (*Eucalyptus grandis x urophylla*) present in agroforestry systems with grass Piata Center Brazilian Midwest. The experiment was conducted at Embrapa Gado de Corte, Campo Grande - MS, in the period July to September 2013. The experimental design was a randomized complete block design with a split-split plot design. The plot treatments were the trees, splitplots month and splitsplitplots times, with four replications. Total height, stem height, length and width of the crown of the canopy were measured. Subsequently calculated the area, length and distance of the shadow, to the times 09:00 a.m., 12:00 and 03:00 p.m. Also recorded were the psychometric characteristics of the environment under the canopy, air temperature, relative humidity, black globe temperature and wind speed, and calculated the rate of temperature and humidity, temperature index globe humidity and radiant thermal load. Trees, and cumbaru cambará showed the highest shadow settings and the best conditions for thermal comfort.

Key words: cattle, Cerrado, thermal comfort, forest trees, pastures

Introdução

O interesse por tecnologias capazes de mitigar os efeitos do calor, em humanos e animais, aumentou proporcionalmente à evidência das mudanças climáticas e aquecimento global mundial dos últimos anos. Dentre as várias disponíveis, a sombra, natural ou artificial, é a medida protetiva de maior importância em regiões de clima tropical, principalmente para animais em pastagens.

Entretanto, embora os benefícios oferecidos pelas árvores, em termos de melhorias no conforto térmico, sejam amplamente propagados, poucos ainda são os trabalhos na literatura científica que abordam a arborização rural e, em menor razão ainda, em termos quanti-qualitativos. Silva e Maia (2013) ressaltam que entre os inúmeros estudos sobre predição da sombra projetada, apenas um (Silva, 2006) é específico para o sombreamento arbóreo natural.

Apesar de a sombra ser a ausência de radiação solar direta em determinada área, é errôneo pensar na unicidade das características quantitativas

e qualitativas do sombreamento natural. Cada espécie vegetal possui determinada eficiência em termos de interceptação solar, relacionada principalmente às características intrínsecas como porte, formato da copa, disposição dos galhos, tipo de folha, dentre outras (SILVA, 2006; SPOLADOR et al., 2006). Porém, é consenso que copas mais densas, globosas, altas e de maior projeção de sombra conferem melhor conforto térmico aos animais de produção, por auxiliar na diminuição da carga de calor associada à radiação solar, principalmente nos meses e horários mais quentes, refletindo em aumento de produtividade (GUISELINI et al., 1999; KAZAMA et al., 2008, SILVA et al., 2008).

Porfírio-da-Silva (2003) ressalta que, em pastagens do Mato Grosso do Sul, bovinos sem nenhuma proteção ambiental encontram-se sob condição climática de estresse térmico mediano a severo, no período de outubro até março. Assim, em regiões de maior intensidade solar, como na região Centro-Oeste brasileira, há necessidade de abrigo aos animais em campo aberto (SILVA, 2006), quando possível, natural. De fato, quando ofertada em quantidade adequada, a sombra natural é preferida àquela dos abrigos artificiais (BEED et al., 1991). Devido à alta radiação solar durante todo o ano, Silva e Maia (2013) recomendam área de sombra de 5,6 m² por animal, o que garantiria 0,5 m de distância entre animais e evitaria “superlotação” e eventual formação de barro no período chuvoso.

Neste sentido, Silva (2006) propôs equações que predizem a orientação, o comprimento e a área das sombras projetadas por árvores destinadas ao plantio em pastagens para bovinos, considerando o local, a época do ano e a hora do dia. Tais considerações são muito relevantes, e pouco abordadas em outros estudos, pelo fato de que maiores ou menores latitudes locais e a época do ano (primavera, verão, outono e inverno) interferem no modo como a radiação solar atinge a superfície, assim como o ângulo de inclinação solar é diferente ao longo do dia.

Desse modo, o objetivo do trabalho foi avaliar a área, o comprimento e a distância das sombras projetadas pelo cambará (*Gochnatia polymorpha*), cumbaru (*Dipteryx alata*) e eucalipto (*Eucalyptus grandis* x *urophylla*), presentes em sistemas agrossilvipastoris com capim Piatã no Centro-Oeste brasileiro.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido na Embrapa Gado de Corte, situada no município de Campo Grande-MS (20°27' de latitude sul, 54°37' de longitude oeste e 530 m de altitude), nos meses de julho, agosto e setembro de 2013. O padrão climático da região, de acordo com a classificação de Köppen, encontra-se na faixa de transição entre Cfa e Aw tropical úmido, com precipitação média anual de 1560 mm.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, em esquema de parcelas subdivididas, com quatro repetições (piquetes). As parcelas corresponderam as árvores (cambará, cumbaru, e eucalipto em duas densidades). A subparcela aos meses (julho, agosto e setembro) e a subsubparcela, aos horários (09h00, 12h00 e 15h00; horário local, GMT -04h00).

Foram avaliadas árvores presentes em 3 sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta, com capim-piatã (*Brachiaria brizantha* cv. BRS Piatã), cada um com quatro piquetes, em área total de 18 ha. Dois sistemas contêm clones de eucalipto (*Eucalyptus grandis* x *urophylla*, clone H 13), em diferentes densidades de cultivo, sendo: (i) densidade de 357 árvores/ha; (ii) densidade de 227 árvores/ha. Os indivíduos de eucalipto analisados foram selecionadas ao acaso, devido à homogeneidade das árvores. O terceiro sistema possui árvores nativas dispersas em densidade de cinco árvores/ha. Para esta avaliação, foram selecionadas as duas espécies mais frequentes: cambará (*Gochnatia polymorpha*) e cumbaru (*Dipteryx alata*) (Figura 1).

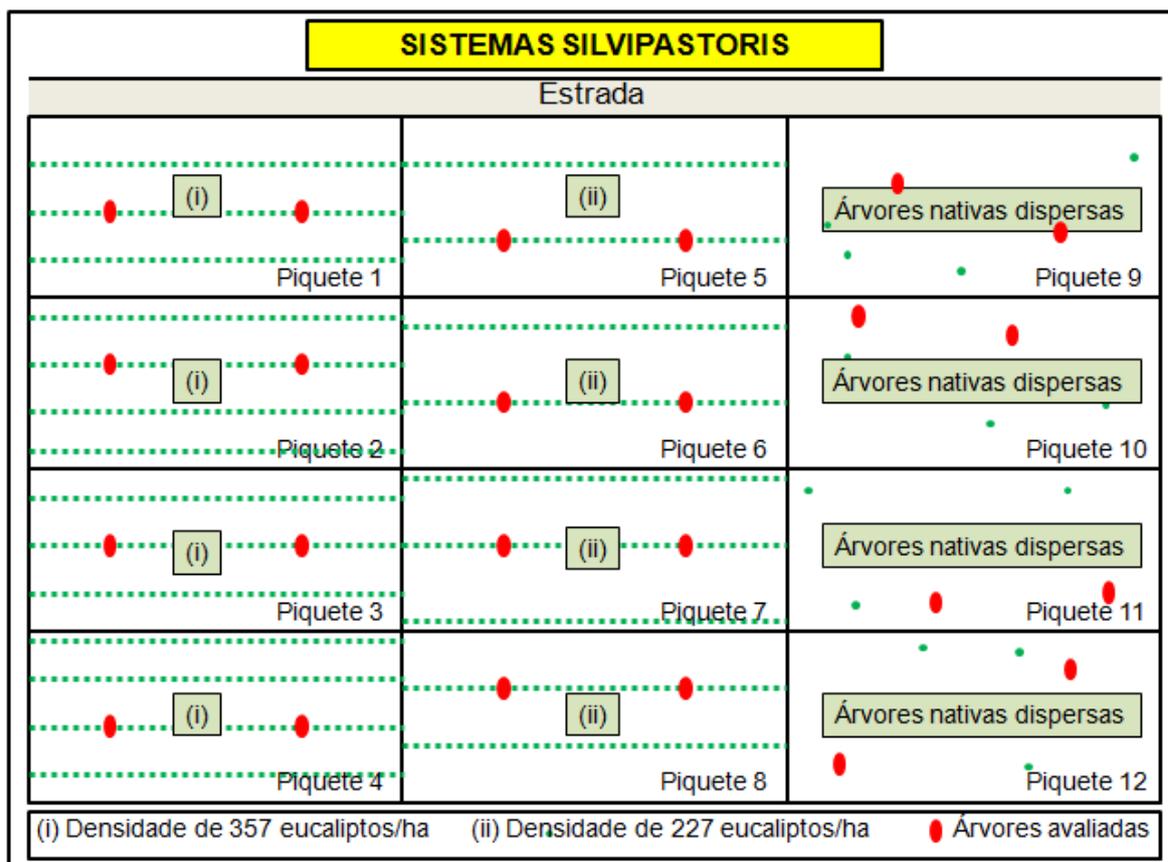


Figura 1. Croqui da área experimental, em sistemas silvipastoril com diferentes densidades de eucaliptos (i e ii) e sistema silvipastoril com árvores nativas dispersas.

Descrição das espécies:

O eucalipto, *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* (Figura 2.a), pertence à família *Myrtaceae*, grande porte, altura que pode atingir 70 a 80 m em árvores adultas velhas. Tronco alto e reto (inserida num povoamento florestal). Casca lisa, cinzenta ou castanha. Folhas persistentes (Figura 3.a), quando juvenis são sésseis, forma ovada, cor glauca e com inserção no ramo. Quando adultas são alternadas, longas e lanceoladas, pecíolo comprido e cor verde brilhante. As flores são grandes, sésseis e de cor branca. Os frutos são cápsulas lenhosas (LINDON et al., 2001).

O cambará, *Gochnatia polymorpha* (Figura 2.b), pertence à família *Asteraceae*, árvore perenifólia, de 6 a 8 m de altura, 30 a 40 cm de diâmetro, folhas simples (Figura 3.b), branco-tomantosas na fase inferior e fosca na superior, com 14 a 18 cm de comprimento, flores em capítulos, agrupadas em panículas terminais de coloração esbranquiçada (BRANDÃO et al., 2002).

O cumbarú, *Dipteryx alata* (Figura 2.c) pertence a família *Fabáceae* (*Leguminosae: Papilionoldeae*), natural da Bolívia e Colômbia, é uma árvore perenifólia a levemente caducifólia (GUARIM NETO, 1986), com 5 a 10 m de altura e 15 a 40 cm de diâmetro, podendo atingir até 20 m de altura e 70 cm de diâmetro, na idade adulta. Possui folhas compostas (Figura 3.c), impar impinadas, com 4 a 7 pares de folíolos alado-peciolados, opostos ou alternados com 6 a 12 cm de comprimento. Flores pequenas, de coloração alvo-arroxeadas, reunidas em inflorescência terminal de até 20 cm de comprimento. Fruto, legume drupéide, monospérmico, indeiscente, geralmente ovóide (FERREIRA, 1998).



Figura 2. Indivíduos arbóreos avaliadas: (a) eucalipto (*E. grandis* x *E. urophylla*), (b) cambará (*Gochnatia polymorpha*); (c) cumbaru (*Dipteryx alata*).

Fonte: Elaboradas pelo autor.



Figura 3. Formato das folhas de (a) eucalipto (*Eucaliptus urograndis*), (b) cumbaru (*Dipteryx alata*); (c) cambará (*Gochnatia polymorpha*).

Fonte: Natália Ajala.

Para se determinar as configurações das sombras, primeiro foram avaliadas as dimensões das árvores, utilizando a metodologia proposta por Silva (2006), baseada no formato geométrico da copa. Foram mensuradas a altura total (H), altura de tronco (Ht) e o comprimento da copa (CC), por meio de clinômetro digital; o diâmetro da copa (DC) foi mensurada por meio de fita métrica (figura 4).

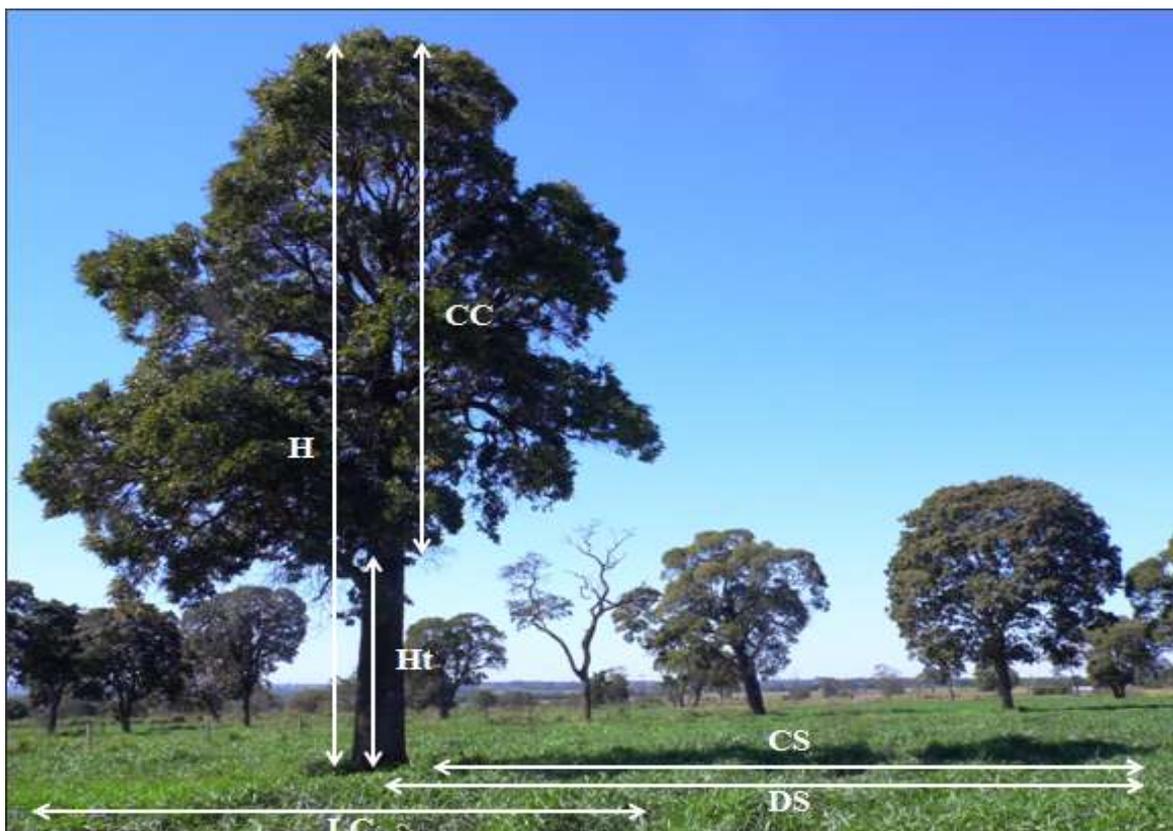


Figura 4. Mensurações das árvores para sombreamento.

Fonte: Elaborada pelo autor.

A partir dos valores das dimensões das árvores, foram calculadas as configurações das sombras, tais como, distância de sombra (DS), comprimento de sombra (CS) e área de sombra (AS), utilizando-se equações propostas por Silva (2006). Como a caracterização da sombra projetada depende de mês e horário, as equações foram calculadas para os meses de julho, agosto e setembro, nos horários das 9h00, 12h00 e 15h00 (horário local, GMT -04h00), considerados de maior expressão em área de sombreamento e conforto térmico.

Para se qualificar as sombras das árvores, foram estudadas as características psicométricas do microclima gerado pelas mesmas, das 8h00 às 17h00 (horário local, GMT -04h00), a intervalos de uma hora, de acordo com a

metodologia proposta por Silva et al. (1996), os equipamentos foram alocados na projeção da sombra (A) a 2,0 m das árvores a 1,5 m de altura, como tentativa de simular o dorso de um bovino adulto (Figura 5).

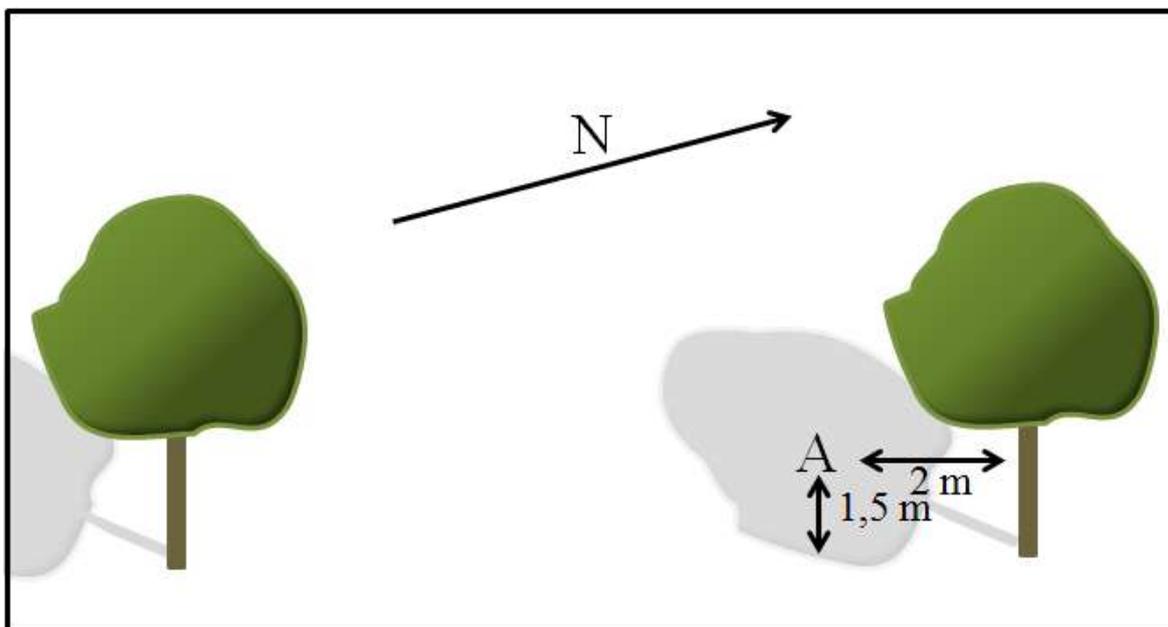


Figura 5. Esquema do ponto amostral (A).

Para a determinação da temperatura ($^{\circ}\text{C}$) e umidade do ar (%), foram utilizados termohigrômetros digitais com *datalogger* (marca Instrutherm, modelo HT-500), inseridos em canos de PVC perfurados, conforme metodologia proposta por Trumbo et al. (2012). As temperaturas de bulbo úmido ($^{\circ}\text{C}$) foram obtidas por meio de conjunto psicrométrico de leitura visual (escala -10°C a $+50^{\circ}\text{C}$, marca Incoterm). Para a mensuração da temperatura de globo negro ($^{\circ}\text{C}$), foi adotada a metodologia proposta por Souza et al. (2002), utilizando-se termohigrômetros digitais com *datalogger* (marca Instrutherm, modelo HT-500) inseridos em bóias plásticas (PVC) de 0,15 m de diâmetro, pintadas de preto fosco, conforme proposto por Souza et al. (2002). A velocidade do vento (m/s) foi medida com anemômetro digital portátil (marca Homis, modelo HMM 489). Entretanto, durante o decorrer do dia, foram deslocados horizontalmente conforme a inclinação do sol e projeção da sombra (SILVA et al., 1996).

Para o estudo comparativo e qualitativo usaram-se os índices de conforto térmico recomendados pela literatura: Índices de temperatura e umidade (ITU),

segundo Thom (1958); índice de temperatura de globo negro e umidade (ITGU), proposto por Buffington et al. (1981); e carga térmica de radiação (CTR), segundo Esmay (1979).

As equações utilizadas são descritas a seguir.

a) Índice de Temperatura e Umidade (ITU)

$$ITU = t + 0,36t_{bu} + 41,5 \dots\dots\dots(1)$$

Em que:

t : temperatura de bulbo seco (°C);

t_{bu} : temperatura de bulbo úmido (°C).

b) Índice de Temperatura de Globo e Umidade (ITGU)

$$ITGU = t_g + 0,36t_{bu} + 41,5 \dots\dots\dots(2)$$

Em que:

t_g : temperatura de globo negro (°C);

t_{bu} : temperatura de bulbo úmido (°C).

c) Carga térmica de radiação (CTR)

$$CTR = \sigma \times (T_m^4) \dots\dots\dots(3)$$

$$T_m = 100 \times \sqrt[4]{\left\{ 2,51 \times v^{0,5} \times ((t_g + 273) - (t + 273)) + \left(\frac{(t_g + 273)}{100} \right)^4 \right\}} \dots\dots\dots(4)$$

Em que:

σ : constante de Stefan-Boltzman, $5,67 \times 10^{-8} \text{ K}^4 (\text{W m}^{-2})$

T_m : Temperatura Radiação Média (W.m^{-2});

v : velocidade do vento (m s^{-1});

t_g : temperatura de globo negro (°C);

t : temperatura do ar (°C).

Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey, adotando-se o nível de 5% de probabilidade, por meio do aplicativo estatístico SAS 9.0 (2002).

Resultados e Discussão

Foram encontradas diferenças significativas ($P < 0,05$) nas dimensões, as árvores de eucalipto apresentaram maior altura total (H), altura de tronco (Ht) e comprimento de copa (CC), comparadas às espécies cumbaru e cambará, as quais com maior diâmetro de copa (DC). Na avaliação entre os meses, a altura total não diferiu para as espécies de eucaliptos em menor densidade (eucalipto (ii)), e Cumbaru. A altura de tronco não diferiu para cumbaru e cambará e a diâmetro de copa para cambará. As demais espécies tiveram os maiores valores nas dimensões no mês de setembro (Tabela 1).

Os dados encontrados concordam com o esperado, devido à estrutura particular de cada espécie e por as árvores de eucalipto estarem em crescimento, ao contrário das árvores cumbaru e de cambará, adultas e já estabelecidas. Daniel et al. (2013), avaliando as relações alométricas de copa em um sistema silvipastoril, contendo *P. emarginatus*, em consórcio com *Brachiaria decumbens*, para bovinos, encontraram médias de 20,8 m para altura total, 6,7 m para altura de tronco, 16,1 m para altura de copa e 14,5 m para diâmetro de copa. Gurgel et al. (2012), encontraram valores aproximados, aos deste estudo, para as espécies pau-terra-da-areia (*Qualea dichotoma* (Warm.) Stapf.), chico-pires (*Pithecolobium incuriale* (Vell.) Benth.) e copaíba (*Copaifera langsdorffii* Desf.), ao avaliarem a qualidade térmica do sombreamento para bovinos em pastagem, com médias obtidas, entre as espécies, de 10,0 m de altura total e 3,2 m de altura de tronco.

Tabela 1. Altura total (H), altura de troco (Ht), comprimento de copa (CC) e diâmetro de copa (DC) de árvores cultivadas e nativas em sistemas silvipastoris em Campo Grande, MS

ESPÉCIES	H (m)			Ht (m)		
	julho	agosto	setembro	julho	agosto	setembro
Eucaliptos (i)	24,81 aC	26,01 aB	27,58 aA	10,21 aB	11,24 aA	11,73 aA
Eucaliptos (ii)	24,43 aA	24,8 bA	24,85 bA	10,14 aB	10,79 aAB	10,88 aA
Cumbaru	14,83 bA	15,30 cA	15,45 cA	3,73 bA	3,75 bA	4,15 bA
Cambará	13,08 cB	13,63 dAB	14,58 cA	3,25 bA	3,38 bA	3,88 bA
CV (%)	3,18			8,61		
ESPÉCIES	CC (m)			DC (m)		
	julho	agosto	setembro	julho	agosto	setembro
Eucalipto (i)	14,45 aB	14,74 aB	16,09 aA	1,89 cB	4,70 bA	5,23 bA
Eucalipto (ii)	13,80 abB	14,83 aA	14,73 bA	2,18 cB	4,91 bA	5,36 bA
Cumbaru	12,50 bA	12,63 bA	12,98 cA	9,33 bB	10,15 aA	10,43 aA
Cambará	10,20 bA	11,13 bA	11,60 cA	10,48 aA	10,48 aA	9,98 aA
CV (%)	8,1			9,25		

Eucaliptos (i): eucalipto em maior densidade; Eucaliptos (ii): eucalipto em menor densidade; letras minúsculas diferem entre si nas colunas e letras maiúsculas diferem entre si nas linhas, pelo teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Desse modo, o tamanho das árvores, assim como, o formato das copas, influenciaram significativamente ($P < 0,05$) nas configurações das sombras (Tabela 2). As árvores cumbaru e cambará apresentaram maior área de sombra (AS), comprimento de sombra (CS) e distancia de sombra (DS), comparadas às árvores de eucalipto em diferentes densidades, com maior expressão nos meses de julho e agosto para cambará, não diferindo, entre os meses, para cumbaru. Os horários de maior expressão de sombreamento para estas árvores foram às 09h00 e 15h00. Para eucalipto, os maiores valores foram encontrados em agosto e setembro, para as duas densidades e, entre os horários, não houve diferença ($P > 0,05$) em AS para as duas densidades. O CS foi maior às 09h00 e as 09h00 e 15h00 para os eucalipto (i) e eucalipto (ii), respectivamente. A DS às 09h00 e 15h00 para eucalipto (i), não diferindo para eucalipto (ii).

Como resultado prático, na figura 6, observa-se o efeito dos horários sobre a projeção da sombra em um exemplar da espécie cambará. De acordo com Silva (2006), o ângulo de incidência da radiação solar depende muito do horário, assim como a inclinação do ângulo zenital, desse modo, as 09h00 e as 15h00 a inclinação foi maior, resultando em maior projeção.

Tabela 2. Área de sombra (AS), comprimento de sombra (CS) e distância de sombra (DS) das espécies arbóreas de Campo Grande, MS

ESPÉCIE	AS (m ²)			CS (m)			DS (m)		
	julho	agosto	setembro	julho	agosto	setembro	julho	agosto	setembro
Eucaliptos (i)	6,36 cB	29,28 cA	31,65 bA	3,98 bB	7,85 bA	7,49 bA	4,41 bB	7,94 bA	7,48 bAB
Eucaliptos (ii)	6,75 cB	32,89 cA	35,99 bA	3,79 bB	8,33 bA	8,23 bA	3,70 bB	9,07 bA	9,22 bA
Cumbaru	130,55 bA	134,01 bA	121,59 aA	16,48 aA	16,17 aA	14,46 aA	18,00 aA	16,21 aA	14,37 aA
Cambará	172,62 aA	156,66 aA	118,39 aB	18,64 aA	16,95 aA	13,89 aB	18,65 aA	17,02 aAB	13,9 aB
CV (%)		20,3			16,45			32,26	
ESPÉCIE	09h00	12h00	15h00	09h00	12h00	15h00	09h00	12h00	15h00
Eucaliptos (i)	28,58 cA	16,84 bA	21,88 cA	8,34 bA	4,89 bB	6,10 bB	8,58 bA	5,01 bB	6,24 bAB
Eucaliptos (ii)	28,52 cA	19,57 bA	27,53 cA	7,83 bA	5,21 bB	7,31 bA	8,05 bA	5,51 bA	8,44 bA
Cumbaru	144,06 bA	101,28 aB	140,80 bA	17,80 aA	12,27 aB	17,05 aA	17,93 aA	12,07 aB	18,57 aA
Cambará	168,25 aA	113,85 aB	165,58 aA	18,62 aA	12,64 aB	18,22 aA	18,7 aA	12,66 aB	18,21 aA
CV (%)		20,3			16,45			32,26	

Eucaliptos (i): Densidade de 357 árvores/ha; Eucalipto (ii): Densidade de 227 árvores/ha; letras minúsculas diferem entre si nas colunas, e, letras maiúsculas diferem entre si nas linhas, pelo teste Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.



Figura 6. cambará (*Gochnatia polymorpha*) em projeção frontal da sombra às 09h00 (a), projeção sobre o tronco às 12h00 (b) e projeção longitudinal da sombra às 15h00 (c), horário local, GMT -04h00, dia 07 de agosto de 2013, em Campo Grande, MS. Fonte: Elaboradas pelo autor.

O efeito das horas sobre os valores do ângulo zenital, durante o dia nos meses de avaliação, pode ser analisado na Tabela 3, em que a maior angulação ocorreu às 09h00 e às 15h00, horários de maiores configurações das sombras, de acordo com a Tabela 2 e Figura 6, concordando com as informações sobre a influencia das horas sobre inclinação solar e projeção da sombra, propostas por Silva (2006).

Tabela 3. Ângulo zenital em função de meses e horários de avaliações em Campo Grande, MS

Árvores	Ângulo Zenital (Z°)								
	julho			agosto			setembro		
	09h00	12h00	15h00	09h00	12h00	15h00	09h00	12h00	15h00
Eucaliptos (i)	67,0	42,4	54,5	63,8	36,6	50,2	58,0	25,2	42,7
Eucaliptos (ii)	67,0	42,4	54,5	63,8	36,6	50,2	58,0	25,2	42,7
Cumbaru	67,0	42,4	54,5	63,8	36,6	50,2	58,0	25,2	42,7
Cambará	67,0	42,9	54,5	63,8	36,6	50,2	58,0	25,4	42,7

Eucaliptos (i): Densidade de 357 árvores/ha; Eucaliptos (ii): Densidade de 227 árvores/ha.

Silva e Maia (2013) recomendam área de sombra de 5,6 m² por animal, garantindo 0,5 m de distância entre animais e evitando “superlotação”. Quando comparados os sombreamentos proporcionados pelas árvores cumbaru e cambará, estas oferecem cerca 115,1 m² de sombra, 82,8% a mais, quando relacionado às árvores de eucalipto. No mês de julho, período de menor área de sombra para as árvores de eucalipto, a diferença média entre as árvores foi de 145,0 m², com 95,7% a menos de área de sombra em relação às árvores cumbaru e cambará. Em termos de horários, o período de radiação com maior intensidade solar é as 12h00, devido ao alinhamento dos ângulos solares com o eixo da Terra, tornando maior a busca pela sombra, principalmente, os animais em campo aberto. A diferença entre as árvores de eucalipto em relação às de cumbaru e cambará foi de 71,1 m² de sombra (66%).

Ainda relacionado ao formato da copa, no mês de julho e às 15h00, seriam necessários os maiores números de árvores de eucalipto para produzir a mesma quantidade de sombra, em área, produzida por uma árvore de cumbaru ou cambará (Tabela 4), sendo que estas espécies também são capazes de abrigar maior número de animais sob a sombra (Tabela 5), de acordo com Silva e Maia (2013), que preconizam área de 5,6 m² de sombra por animal.

Tabela 4. Eucaliptos necessários para produzir a sombra de uma espécie de árvore nativa (cumbaru ou cambará) de Campo Grande, MS

Relação entre árvores	Número de eucaliptos					
	Meses			Horários		
	julho	agosto	setembro	09h00	12h00	15h00
Nº eucaliptos vs cumbaru	20,0	4,3	3,6	5,1	5,6	5,7
Nº eucaliptos vs cambará	26,5	5,1	3,5	5,1	6,2	6,7

Nº eucaliptos vs cumbaru: Número de árvores de eucaliptos necessários para produzir a área de sombra de uma árvore de cumbaru; Nº eucaliptos vs cambará: Número de árvores de eucaliptos necessários para produzir a área de sombra de uma árvore de cambará.

Tabela 5. Número de animais por área de sombra de acordo com o indivíduo arbóreo em Campo Grande, MS

Indivíduos arbóreos	Número de animais					
	Meses			Horários		
	julho	agosto	setembro	09h00	12h00	15h00
Eucalipto (i)	1,1	5,2	5,6	5,1	3,0	3,9
Eucalipto (ii)	1,2	5,9	6,4	5,0	3,5	4,9
Cumbaru	23,3	23,9	21,7	25,7	10,0	25,1
Cambará	30,8	27,8	21,1	30,0	20,3	29,5

Eucaliptos (i): Densidade de 357 árvores/ha; Eucaliptos (ii): Densidade de 227 árvores/ha.

Segundo Baccari (2001), bosques de eucaliptos cumprem bem a função de sombreamento, desde que tenham espaçamento adequado. Para o pasto, o autor indica as árvores frondosas, de folhas perenes, com altura mínima de 3 m para propiciar uma sombra de pelo menos 20 m² e boa ventilação. Neste sentido, as árvores cumbaru e cambará, por apresentarem as características acima citadas, apresentaram maior sombreamento quando comparado às árvores de eucalipto.

Vários autores reportam sobre a influência do formato das copas das árvores, no sombreamento, como exemplo, Ayres (2010), avaliando o efeito do sombreamento proporcionado por flamboyant (*Delomix regia*), no interior de módulos de edificações, observou que as características da forma da copa, definem o sombreamento produzido e que o horário de avaliação exerce grande influencia sobre ele. Guiselini et al. (1999), caracterizando espécies de *Melia azedarach* (santa-bárbara), *Leucaena leucocephala* (leucena), *Terminalia catappa* (amendoeira) e *Bambusa vulgaris* (bambu), utilizadas para o sombreamento no meio rural, observaram que a qualidade do sombreamento oferecido, assim como a projeção, estão relacionados às características morfológicas das copas, sendo que em copas ralas e com folhas delgadas, o sombreamento é menos eficaz e

menos projetado, quando comparadas a copas densas e folhosas. Da mesma forma, Martins et al. (2002), observaram que as características morfológicas das espécies angico (*Anadenanthera macrocarpa* Brenan), pau-pereira (*Platygyamus regnellii* Benth.), copaíba (*Copaifera langsdorffii* Desf.), orelha-de-preto (*Enterolobium contortisiliquum* Morong) e o sapateiro (*Pera glabrata* Baill.), foram de suma importância na determinação do sombreamento, em condição de pastagem.

As maiores variações diárias em temperatura do ar (Ta), umidade relativa (UR), temperatura de globo negro (Tgn) e velocidade do vento (Vv), foram obtidos às 12h00, para as três espécies avaliadas. Dentre as árvores, para o mesmo horário (12h00), as duas densidades de eucalipto foram as que apresentaram as maiores Ta (30,5°C), Tgn (32,5°C) e as menores UR (41,1%) e Vv (1,6 m.s⁻¹). Neste sentido, as árvores cambará e cumbaru apresentaram eficiência na redução de 2,0% Ta e 4,0% Tgn e incremento de 5,0% UR e 46,6% Vv (Figura 7).

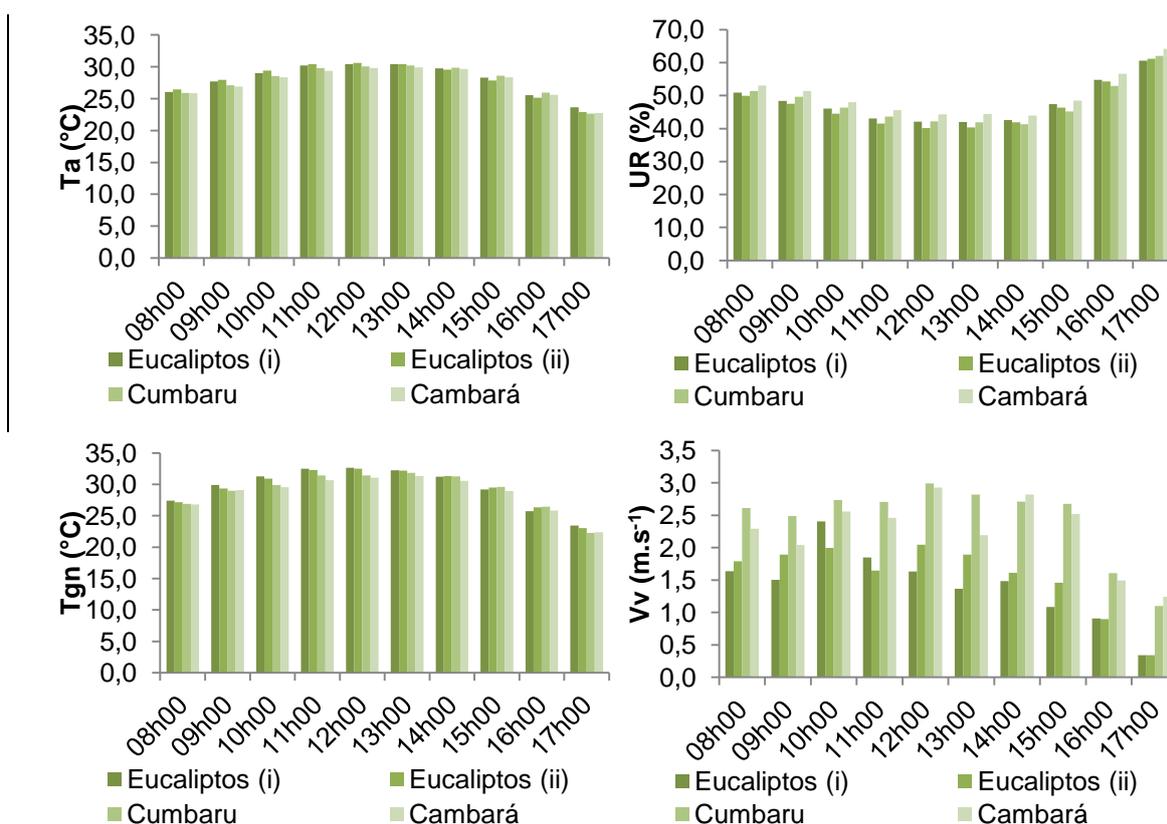


Figura 7. Médias, dos meses de avaliação (julho, agosto e setembro), dos valores de temperatura do ar (Ta°C), umidade relativa (UR%), temperatura de globo negro (Tgn°C) e velocidade do vento (Vv m.s⁻¹), para os diferentes horários do dia, da sombra de eucalipto, em densidade de 357 árvores/ha (i) e 227 árvores/ha (ii) e de cumbaru e cambará, em Campo Grande, MS.

Os resultados obtidos, pelas árvores, mesmo com a diferença proporcionada pelo cambará e cumbaru, se encontram fora da faixa de conforto climático, para bovinos, entre os horários das 10h00 às 14h00, de acordo com Silva (2008) e Baêta e Souza (2010), que consideram como melhores condições Ta entre 10 e 27°C, UR entre 60 e 70%, Vv de 1,38 a 2,22 m/s⁻¹, e, Ferreira et al. (2006), Tgn entre 23°C e 32°C. Segundo Pereira et al. (2006), a variação nos valores de temperatura e umidade, dependem da quantidade de folhas nas copas das árvores, as quais mantêm a temperatura e a umidade relativa do ar, ao seu redor, em uma faixa ideal para seu sustento, devido a presença de estômatos, que se abrem quando encontram temperatura e umidade relativa do ar ideais, e se fecham quando começam a perder água. Dessa forma, os baixos valores de temperatura de globo negro, obtidos pelo sistema silvipastoril com árvores dispersas, podem ter sido influenciados pela menor temperatura do ar e pela menor incidência de radiação solar, devido ao aproveitamento pela copa. Outro fator pode ser a dispersão das árvores, colaborando para a melhor circulação do vento e melhores trocas de calor com o ambiente.

Ayres (2010) encontrou valores similares para Ta (30,5°C) e Tgn (32,5°C), e valores superiores para UR (28,9%), ao avaliar as condições de sombreamento, proporcionado pela espécie flamboyant (*Delomix regia*). Guiselini et al. (1999), observaram que o bambu apresentou as menores variações na Tgn, quando avaliaram as sombras das espécies de *Melia azedarach* (santa-bárbara), *Leucaena leucocephala* (leucena), *Terminalia catappa* (amendoeira) e *Bambusa vulgaris* (bambu), por meio de índices de conforto térmico, a média encontrada foi de 34,8°C. Martins et al. (2002), encontraram máximas de 32,9°C Ta, 38,7°C Tgn e 34,5% UR, dentre as espécies de angico (*Anadenanthera macrocarpa* Brenan), pau-pereira (*Platycyamus regnellii* Benth.), copaíba (*Copaifera langsdorffii* Desf.), orelha-de-preto (*Enterolobium contortisiliquum* Morong) e o sapateiro (*Pera glabrata* Baill.), no verão.

Os valores máximos encontrados para o índice de temperatura e umidade (ITU) foram encontrados às 12h00. Os valores variaram, neste estudo, de (69,6) não estressante a (77,3) crítico, segundo a classificação de Hahn e Mader (1997), que consideram ITU ≤ 70, indicadores de um ambiente não estressante; entre 71 e 78, críticos; de 79 a 83, situação de perigo; e acima de 83, situação de

emergência. As árvores que apresentaram melhor condição de conforto, de acordo com ITU, foram cambará e cumbaru. Entretanto, após as 13h00, o ambiente mais confortável foi proporcionado pela sombra das árvores de eucalipto em menor densidade (eucalipto (ii)) (Figura 8). Navarini et al. (2009), em pastagens no Paraná, com diferentes condições de sombreamento natural, determinaram valores de ITU similares aos deste estudo para pequenos bosques de guajuvira (76), porém às 15h00. Gurgel et al. (2012) não encontraram diferença no ITU (74,0) caracterizando a qualidade térmica do sombreamento das espécies pau-terra-da-areia (*Quelea dichotoma*), chico-pires (*Pithecolobium incuriabile*) e copaíba (*Copaifera langsdorfii* Desf.). Ferreira et al. (2011), ao avaliarem as sombras de espécies angico (*Anadenthera colubrina*), aroeira (*Schinus terebinthifolius*), jatobá (*Hymenaeacourbaril*), ipê (*Tabebuia alba*) e baru (*Dipteryx alata*) dispersas em pastagens, determinaram valores médios de ITU entre 74 e 78.

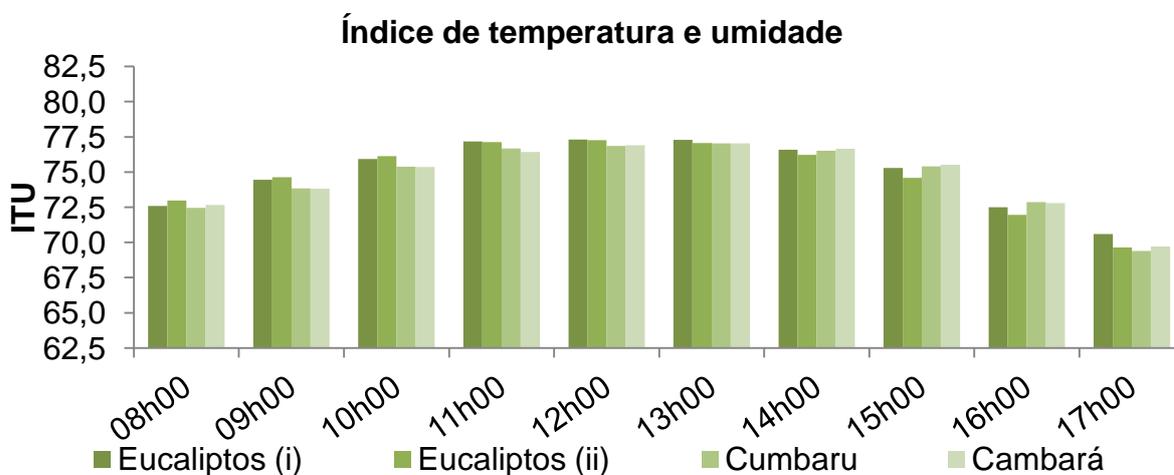


Figura 8. Médias, de tres meses (julho, agosto e setembro), dos valores do índice de temperatura e umidade (ITU) para os diferentes horários do dia, na condição de sombreamento de árvores de eucalipto, em densidade de 357 árvores/ha (i) e 227 árvores/ha (ii) e árvores de cumbaru e de cambará, em Campo Grande, MS.

Os valores máximos, para o índice de temperatura de globo e umidade (ITGU), também foram obtidos às 12h00. Segundo Baêta e Souza (2010) valores de ITGU de 74 é considerado confortável, de 75 a 78 é considerado estado de alerta e de 79 a 81, perigo aos animais. Desse modo, a variação encontrada, no estudo, foi de (69,0) confortável à (79,6) perigoso, sendo que à sombra das

árvores de cumbaru e de cambará foram encontradas as condições mais confortáveis, de acordo com o ITGU (Figura 9). Ablas et al. (2007), ao avaliarem a sombra natural, em pastagens, encontraram valores de ITGU de 87. Ayres (2010) encontrou ITGU de 83,5 às 15h00 sob sombreamento de flamboyant (*Delomix regia*). Martins et al. (2002) encontraram variação de 70,8 a 87,8 nos valores de ITGU, sendo que os menores valores foram observados na espécie de angico (*Anadenanthera macrocarpa* Brenan). Gurgel et al. (2012) observaram os maiores valores de ITGU às 12h00 e que a espécie *Copaifera langsdorfii* Desf. (copaíba) apresentou o melhor desempenho entre as espécies (ITGU igual a 80,0). Navarini et al. (2009) encontraram valores de ITGU de 79,0 sob a sombra de pequenos bosques de guajuvira e 81 sob o sombreamento de árvores isoladas.

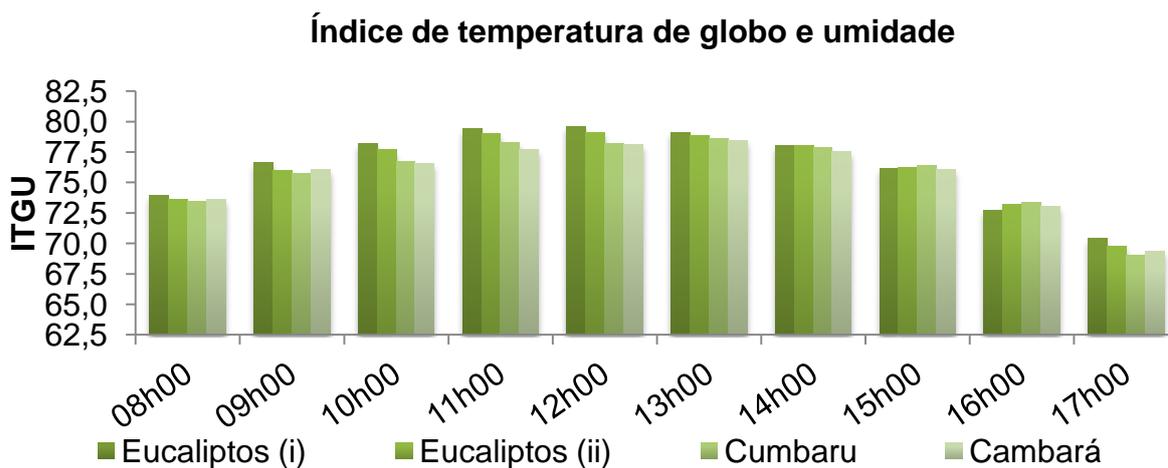


Figura 9. Médias, de tres meses (julho, agosto e setembro), nos valores do índice de temperatura de globo e umidade (ITGU) para os diferentes horários do dia, na condição de sombreamento de árvores de eucalipto, em densidade de 357 árvores/ha (i) e 227 árvores/ha (ii) e árvores de cumbaru e de cambará, em Campo Grande, MS.

Os valores máximos, para a carga térmica de radiação (CTR), foram obtidos às 12h00. Os valores de CTR, neste estudo, variaram de 424 W.m^{-2} à 536 W.m^{-2} . Considerando que a CTR determina a quantidade de energia que chega a determinado ambiente, a melhor condição será a de menor valor (GUISELINI et al., 1999), neste sentido, as menores variações diárias, de CTR, foram obtidas sob a sombra da árvore de cambará, com variação de 424 W.m^{-2} à $517,3 \text{ W.m}^{-2}$. Essa diferença pode estar relacionada a maior densidade de folhas, na copa dessa

árvore, em relação as densidades de eucalipto e, portanto, maior interceptação da radiação solar, o que lhe confere melhor qualidade térmica (Figura 10).

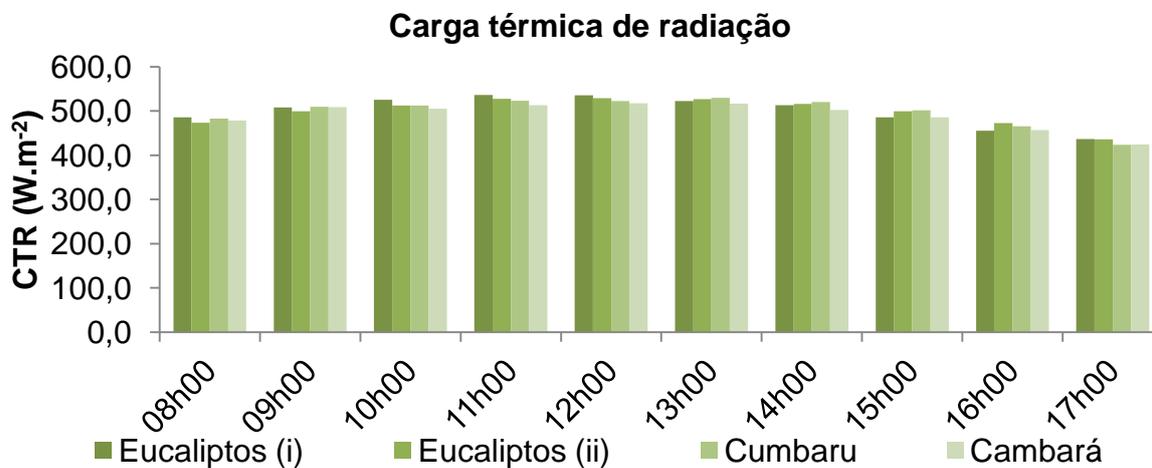


Figura 10. Média de tres meses (julho, agosto e setembro) da carga térmica de radiação (CTR), para os diferentes horários do dia, na condição de sombreamento de árvores de eucalipto, em densidade de 357 árvores/ha (i) e 227 árvores/ha (ii) e árvores de cumbaru e de cambará, em Campo Grande, MS.

Guiselini et al. (1999) também constataram que os valores de CTR dependem da qualidade do sombreamento proporcionado pela espécie arbórea em estudo. Os autores observaram para as espécies arbóreas santa-bárbara (*Melia azedarach*), leucena (*Leucaena leucocephala*) e chapéu-de-sol (*Terminalia catappa*), os valores médios de CTR entre 12h00 e 14h00, de 521; 588 e 512 $W.m^{-2}$, respectivamente. Navarini et al. (2009), encontraram valor médio de CTR, para pequenos bosques de guajuvira, de 508,0 $W.m^{-2}$. Martins (2002), que, avaliando a qualidade térmica do sombreamento natural durante o verão, no período entre 12h00 e 16h00, obteve CTR média de 500,0 $W.m^{-2}$ para a espécie sapateiro (*Pera glabrata* Baill.). Baliscei et al. (2013), encontraram às 12h00 as maiores médias de CTR, com valores de 639,8 $W.m^{-2}$, ao avaliarem o microclima em sistema silvipastoril durante o verão e inverno. Gurgel et al. (2012), observaram que a copaíba apresentou maior redução na CTR, a máxima encontrada foi de 559,0 $W.m^{-2}$, reduzindo 28,6% a CTR em relação as espécies *Quelea dichotoma* (pau-terra-da-areia), *Pithecolobium incuriabile* (chico-pires) e *Copaifera langsdorfii* Desf. (copaíba).

Conclusão

A estrutura das árvores influencia na projeção da sombra, de modo que árvores com maior diâmetro de copa, características expressas pelo cumbaru e pelo cambará, favoreceram a maior produção de sombra em área, comprimento e distância.

Diferentes densidades de árvores interferem na qualidade do sombreamento, de modo que árvores dispersas (cumbaru e cambará) proporcionam valores climáticos mais favoráveis aos indicadores de conforto térmico.

Agradecimentos

À CAPES, pelo apoio financeiro na concessão da bolsa de estudo, à Embrapa Gado de Corte e seus funcionários, pela mão de obra e área experimental disponibilizadas, ao professor Dr. Cláudio Yuji Tsutsumi, pela análise estatística.

Referências Bibliográficas

- ABLAS, D.S.; TITTO, E.A.L.; PEREIRA, A.M.F.; TITTO, C.G., LEME, T.M.C. Comportamento de bubalinos a pasto frente a disponibilidade de sombra e água para imersão. **Ciência Animal Brasileira**, v. 8, n. 2, p. 167-175, 2007.
- AYRES, M.C.R. Avaliação do sombreamento natural do flamboyant (*Delonix regia*) na temperatura de um ambiente construído. **Revista Agrarian**, v.3, n.9, p.200-208, 2010.
- BACCARI JÚNIOR, F. **Manejo ambiental da vaca leiteira em clima quente**. Londrina: Editora UEL, 2001. 142 p.
- BAÊTA, F. C.; SOUZA, C. F. **Ambiência em Edificações Rurais: Conforto animal**. 2.ed. Viçosa: Editora UFV, 2010. 269 p.
- BALISCEI, M.A.; BARBOSA, O.R.; SOUZA, W.; COSTA, M.A.T.; FKUTZMANN, QUEIROZ, E.O. Microclimate without shade and silvopastoral system during Summer and winter. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 35, n. 1, p. 49-56, 2013.
- BEED, D.K., SHEARER, J.K. Nutritional management of dairy cattle during hot weather. **Agricultural Practice**, v.12, p.5-13, 1991.

- BRANDÃO, M.; LACA-BUENDIA, J. P.; MACEDO, J. F. *Grevillea robusta* A. Cunn. In: _____. **Árvores nativas e exóticas do Estado de Minas Gerais**. Belo Horizonte: EPAMIG, 2002. p. 429.
- BUFFINGTON, D.E.; COLLAZO AROCHO, A.; CANTON, G.H. PITT, D. Black globe humidity index (BGHI) as a comfort equation for dairy cows. **Transactions of the American Society of Agricultural Engineers**, v.24, n.3, p.711-714, 1981.
- DANIEL, O.; PEZZONI, T.; NOGUEIRA, I.M.B.; CREMON, T.; VITORINO, A.C.T. Relações alométrica em árvores de *Pterodon emarginatus* vogel em um sistema silvipastoril. **Cerne**, v.19, n.1, p.141-149, 2013.
- ESMAY, M.L. **Principles of animals environment**. Porto Oeste: Avi Publishing, 1979.
- FERREIRA, R.A.; BOTELHO, S.A.; DAVIDE, A.C.; MALAVASI, M. de M. Caracterização morfológica de fruto, semente, plântula e muda de *Dipteryx alata* Vogel - Baru (Leguminosae Papilionoideae), **Cerne**, v.4, n.1, p.73-87, 1998.
- FERREIRA, F.; PIRES, M. F. A.; MARTINEZ, M. L. COELHO, S.G.; CARVALHO, A.U.; FERREIRA, P.M.; FACURY FILHO, E.J.; CAMPOS, W.E. Parâmetros fisiológicos de bovinos cruzados submetidos ao estresse calórico. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.58, n.5, p.1-9, 2006.
- FERREIRA, L.C.B.; MACHADO FILHO, L.C.P.; HOETZEL, M.J.; LABARRÈRE, J.G. O efeito de diferentes disponibilidades de sombreamento na dispersão das fezes dos bovinos nas pastagens. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v.6, n.1, p.137-146, 2011.
- GUARIM NETO, G. Plantas ornamentais de Mato Grosso. **Boletim FBCN**, v.21, p.105-115, 1986.
- GUISELINI, C.; SILVA, I. J. O.; PIEDADE, S. M. Avaliação da qualidade do sombreamento arbóreo no meio rural. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.3, n.3, p.380-384, 1999.
- GURGEL, E.M.; SERAPHIM, O.J.; SILVA, I.J.O. Método de avaliação bioclimática da qualidade da sombra de árvores visando ao conforto térmico animal. **Revista Engenharia Agrícola**, v.27, n.2, p.20-34, 2012.
- HAHN, G.L.; MADER, T.L. Heat waves in relation to thermoregulation, feeding behavior and mortality of feedlot cattle. In: PROCEEDINGS OF THE INTERNATIONAL LIVESTOCK ENVIRONMENT SYMPOSIUM MINNEAPOLIS, 5., 1997, Minneapolis. **Proceedings...** St. Joseph: ASAE, 1997. p.563-567.

- KAZAMA, R.; ROMA, C.F.C.; BARBOSA, O.R.; ZEOULA, L.M.; DUCATTI, T.; TESOLIN, L.C. Orientação e sombreamento do confinamento na temperatura da superfície do pelame de bovinos. **Acta Scientiarum. Animal Science**, v. 30, n. 2, p. 211-216, 2008.
- LINDON, F.; GOMES, H.; CAMPOS, A. **Anatomia e Morfologia Externa das Plantas Superiores**. Lidel. Lisboa. 2001.
- MARTINS, J. L.; SILVA, I. J. O.; FAGNANI, M. A.; PIEDADE, S. M. Avaliação da qualidade térmica do sombreamento natural de algumas espécies arbóreas em condição de pastagem. **Engenharia Rural**, v.13, n.único, p.01-12, 2002.
- MORI, S.A.; SILVA, L.A.M.; LISBOA, G.; CORADIN, L. **Manual de manejo do herbário fanerogâmico**. Ilhéus, Centro de Pesquisa do Cacau. 1989.
- NAVARINI, F.C.; KLOSOWSKI, E.S.; CAMPOS, A.T.; TEIXEIRA, R.A., ALMEIDA, C.P. Conforto térmico de bovinos da raça nelore a pasto sob diferentes condições de sombreamento e a pleno sol. **Engenharia Agrícola**, v.29, n.4, p.508-517, 2009. [online].
- PEREIRA, A. R.; GREEN, S.; VILLA NOVA, N. A. Penman-Monteith Reference Evapotranspiration Adapted to Estimate Irrigated Tree Transpiration. **Agricultural Water Management**, v. 83, p. 153-161, 2006.
- PORFIRIO-DA-SILVA, V. Sistemas silvipastoris em Mato Grosso do Sul. Para quê adotá-los?. In: Seminário Sistemas Agroflorestais e Desenvolvimento Sustentável, 2003, Campo Grande, MS. **Anais...** Seminário Sistemas Agroflorestais e Desenvolvimento Sustentável. Campo Grande, MS: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa, 2003. v. CD-Rom. p. 1-13.
- SAS - INSTITUTE INC. STATISTICAL. **Analysis system user's guide**. Version 9.0. Cary. Statistical Analysis System Institute, 2002. 1025p.
- SILVA, I. J. O. et al. Redução da carga térmica de radiação através do sombreamento natural. In: CONGRESO DE INGENIERIA RURAL, 4.; CONGRESO INTERNACIONAL DE INGENIERIA RURAL, 2., 1996, Neuquen. **Anais...** Neuquen: Universidad Nacional Del Comahe; Universidad Nacional de La Plata; INTA Centro Regional Patagonia Norte. 1996, p.799-807.
- SILVA, R.G. Predição da configuração de sombra de árvores em pastagens para bovinos. **Engenharia Agrícola**, v.26, n.1, p. 268-281, 2006.
- SILVA, R. G. **Biofísica ambiental**: os animais e seu ambiente. Jaboticabal: Funep, 2008, 393 p.
- SILVA, E.C.L.; MODESTO, E.C.; AZEVEDO, M.; FERREIRA, M.A.; DUBEUX JÚNIOR, J.C.B., SCHULER, A.R.P. Efeito da disponibilidade de sombra sobre o desempenho, atividades comportamentais e parâmetros fisiológicos de

vacas da raça Pitangueiras. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 31, n. 3, p. 295-302, 2008.

SILVA, R.G.; MAIA, A.S.C. The Environment. In: [Sl.: s.n]. **Principles of animal biometeorology**. 2013, p.1-37.

SOUZA, C.F. et al. Avaliação de materiais alternativos para confecção do termômetro de globo. **Ciência Agrotecnologica**, v.26, n.1, p.157-164, 2002.

SPOLADOR, J.; SANCHES, L.; COSTA, M.H. Radiação fotossinteticamente ativa em uma floresta de transição Cerrado-Amazônica. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.21, n.3b, 301-307, 2006.

THON, E. C. Cooling degress: day air-conditioning, heating and ventilating. **Transaction of the American Society of Heating, Refrigeratin and Air Conditioning Engineers**, v.55, n.7, p.65-72, 1958.

TRUMBO, B.A.; WISE, L.M.; HUDY, M. Influence of protective shielding devices on recorded air temperature accuracy for a rugged outdoor thermal sensor used in climate change modeling. **National Enviromment Science**. v.3, n.1, p.42-50, 2012.