



Capítulo 32

Benefícios da sombra em sistemas em integração lavoura-pecuária-floresta nos trópicos

*Fabiana Villa Alves
Nivaldo Karvatte Junior*

Introdução

Com aproximadamente dois terços do rebanho localizado em zona intertropical (Figura 1) e sistemas de produção quase que exclusivamente a pasto (FERRAZ E FELICIO, 2010), o Brasil é um dos maiores produtores e exportadores de carne bovina no mundo.



Figura 1. Localização da Zona Climática intertropical.

Sendo a principal atividade agropecuária em muitos Estados do País, a bovinocultura de corte participa na economia brasileira com 1% no Produto Interno Bruto (PIB), proveniente de um rebanho de 218,2 milhões de cabeças que geram um faturamento de aproximadamente 5,5 bilhões de dólares (GOLONI e MOITA, 2010; ABIEC, 2016; IBGE, 2017). Entretanto, apesar de a carne produzida a pasto (“grass-fed beef”) ser um diferencial qualitativo, principalmente para o mercado externo, a ação dos efeitos climáticos sobre os animais condiciona-os a situações alarmantes de desconforto térmico, principalmente devido a constante exposição a elevados níveis de radiação solar durante grande parte do ano (PORFÍRIO DA SILVA, 2003; KARVATTE JUNIOR et al. 2016).

Em termos de bem-estar animal, o principal e mais importante fator a ser contornado em países tropicais é o efeito do clima sobre os animais. Prolongados períodos de exposição à altas temperaturas do ar e baixa umidade relativa, forçam os animais a desencadearem tentativas contínuas de adaptação (MADER et al., 2010). Uma das consequências é o menor consumo de forragem, seguido por um declínio na secreção de hormônios calorígenicos (hormônio do crescimento, catecolaminas e glicocorticoides, em particular), com o intuito de se diminuir os processos termogênicos (i.e., de produção de calor) resultantes da digestão e metabolismo (NARDONE et al., 2010; VAN LAER et al., 2015). Nestas condições, o metabolismo animal tende a mobilizar reservas energéticas do tecido adiposo e músculo-esquelético para manter-se em equilíbrio com o meio, com declínio no crescimento e produção (BERNABUCCI et al. 2010; VAN LAER et al., 2015).

Mudanças nos tempos de pastejo e ruminação, movimentação excessiva do rebanho, animais deitados por longos períodos, agrupamento nos extremos do piquete e ingestão frequente de água, podem ser sinais de estresse térmico (LOPES et al. 2016).

Dentre as medidas protetivas contra os efeitos climáticos, a sombra natural é a mais recomendada para evitar a transferência de calor em sistemas de produção a pasto (GURGEL et al., 2012; ABREU-HARBICH et al. 2015; KARVATTE JUNIOR et al., 2016) (Figura 2).



Foto: Nivaldo Karvatte Junior

Figura 2. Bovinos em busca de sombra em sistema de produção extensivo tradicional.

As árvores promovem alterações microclimáticas que se traduzem no arrefecimento do ambiente, transformando a energia solar direta interceptada em energia química latente (SILVA, 2006; KONARSKA et al., 2014; TAKÁCS et al. 2016), com redução da incidência de radiação solar sob a copa e estabelecimento de um microclima mais agradável, tanto durante o dia, quanto à noite (RODRIGUES et al. 2010; ABREU-HARBICH et al. 2015; KARVATTE JUNIOR et al., 2016).

De acordo Giro et al. (2019), animais com acesso à sombra natural se beneficiam do ambiente mais ameno, com maior conforto térmico, além de favorecer o uso racional dos recursos naturais. Em estudo avaliando o efeito da sombra no comportamento de bovinos de corte, tais autores observaram, animais produzidos em sistema em integração lavoura-pecuária-floresta, buscaram preferencialmente a sombra, enquanto houve uma redução de 23% na frequência de procura por água. Neste mesmo sentido, Souza et al. (2019) observaram que, embora submetidas a estresse moderado, novilhas Girolando em pastagens sombreadas com eucalipto apresentaram temperaturas internas corporais mais baixas, maior período de pastejo diurno e menor tempo de consumo de água.

De fato, para Oliveira et al. (2017), a presença de sombra natural em sistemas de produção a pasto oferece melhores condições de conforto aos animais. Ao comparar o microclima e conforto térmico de sistemas em integração lavoura-pecuária-floresta, com diferentes densidades de árvores, os autores observaram uma redução de 3,4 unidades no Índice de Temperatura de Globo Negro e Umidade (ITGU) no sistema com maior densidade de árvores (ITGU = 77), comparado a condição de sol pleno (ITGU=80,4).

O microclima em sistema com integração lavoura-pecuária-floresta

A combinação dos diferentes parâmetros climáticos e seus efeitos sob o microclima são maiores e mais efetivos em regiões próximas à linha do Equador, onde a quantidade de radiação solar que chega à superfície terrestre atinge valores máximos e constantes ao longo do ano. A quantidade e intensidade de incidência dependente principalmente da latitude (posição geográfica local) e da elevação solar, apresentando pico máximo quando o Zenith solar atinge máxima elevação (Figura 3).

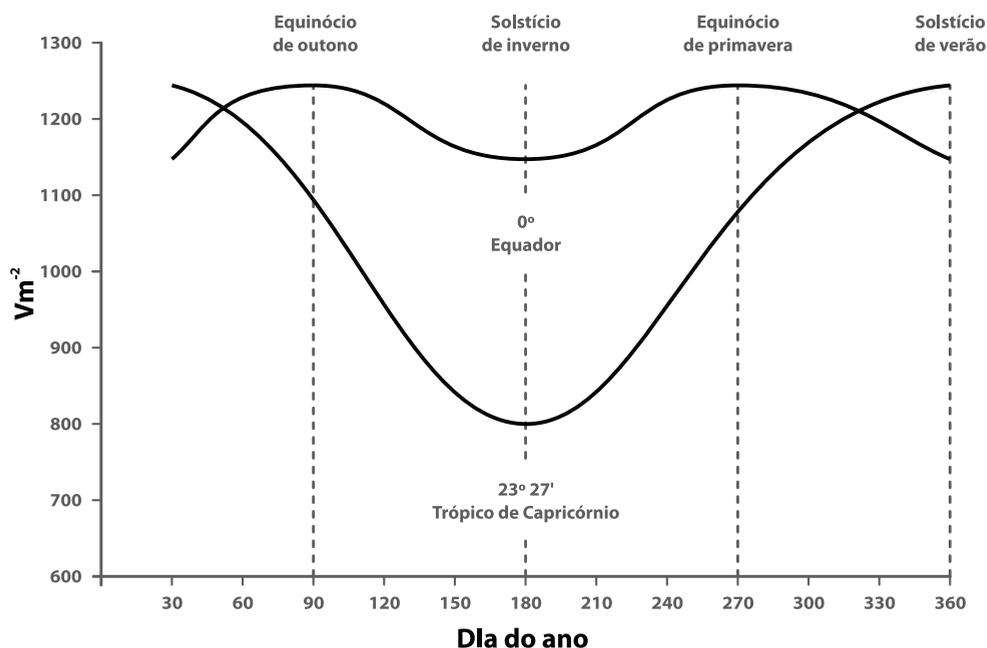


Figura 3. Estimativa da variação da intensidade da radiação solar que atinge a superfície terrestre na faixa intertropical do Hemisfério Sul no nível do mar, considerando um valor $m = \sec\psi$ para a massa atmosférica, ausência de nuvens e coeficiente de turbidez atmosférica $t = 0,1$. Fonte: Silva, 2006.

Ao atravessar a atmosfera, a radiação solar é dividida entre os espectros ultravioleta (UV) e visível infravermelho (IV) que, juntos, perfazem 45% da energia emitida, com níveis máximos de intensidade energética de 5% para radiação UV e de 50% para radiação IV (HODDER et al., 2007). Estas, são influenciadas pela absorção, transmissão e reflexão da luz por partículas e vapor d'água constituintes da atmosfera, como também da cobertura por nuvens, que afeta a intensidade e proporção de radiação solar direta (proveniente do sol) que atinge o solo (DANGEL et al., 2015) (Figura 3).

Assim, a zona intertropical, ilustrada na Figura 1, é aquela que apresenta maior intensidade de radiação solar, pois o sol se posiciona no zênite, isto é, perpendicularmente sobre a superfície terrestre, em alguma época do ano (SILVA, 2006). No Brasil, apesar dos diferentes tipos climáticos e características ambientais do território, a irradiação solar é

alta e bastante uniforme durante todo o ano. Valores máximos de até 6,5 kWh/m²/dia são encontrados para o semiárido nordestino, Norte de Minas Gerais, Nordeste de Goiás e Sul de Tocantins, e mínimos de 4,5 kWh/m²/dia, para as regiões costeiras dos estados mais ao Sul do país (Norte de Santa Catarina, Paraná e Sul de São Paulo) (MARTINS et al., 2008).

A região central do Brasil, também denominada “Brasil pecuário”, é a que recebe maior incidência de radiação solar. Em determinadas épocas do ano são registrados valores superiores a 1.000 Wm⁻², com comprimento de ondas (curtas) que variam em torno de 250-2.500 nm durante os meses de verão (solstício), reduzindo consideravelmente (800 Wm⁻² ou menos) no restante do ano (SILVA, 2006; AGGARWAL e UPADHYAY, 2013). Durante as estações secas, particularmente entre os meses de julho e setembro, quando a precipitação é baixa e o número de dias com céu claro, com poucas nuvens, alto, a ação dos efeitos climáticos é ainda maior (MARTINS et al., 2007). Esta condição pode ser considerada uma grande vantagem em termos do crescimento de árvores e pastagens, porém diminui o conforto térmico de animais criados a céu aberto, sendo necessários abrigos, naturais ou artificiais, como medida de proteção contra a radiação solar excessiva (SILVA, 2006; GLASER, 2008).

Desse modo, ao modificarem a superfície onde estão instalados pela presença de árvores, os sistemas silvipastoris ou agrossilvipastoris alteram a transferência de radiação solar por meio do sombreamento (restringindo a incidência de radiação) e da reflexão de radiação pelas copas das árvores (PORFÍRIO da SILVA et al., 2004). A presença de árvores desempenha papel importante no fluxo de calor latente e sensível diurno, devido ao aproveitamento de uma fração da radiação solar que incide no sub-bosque (Figura 4). Esta fração, denominada de radiação fotossinteticamente ativa (RFA), corresponde ao fluxo de fótons na faixa de 400 a 700 nm do espectro solar, e é responsável pelo controle da umidade relativa e temperatura do ar no local sombreado.



Figura 4. Foto ilustrativa da interceptação de radiação solar pela copa das árvores em um sistema de integração lavoura-pecuária-floresta com eucaliptos. Fonte: Nivaldo Karvatte Junior.

Pezzopane et al. (2014), ao avaliarem as condições microclimáticas e o armazenamento de umidade no solo em sistema silvipastoril, observaram que a presença de árvores colabora para a redução de 40% na RFA à sombra, em relação ao pleno sol. Para Karvatte Junior et al. (2013), sistemas em integração lavoura-pecuária-floresta com renques de eucaliptos, promovem redução da RFA de até 46,2% ,quando comparado a sistemas integrados com árvores nativas. Estes resultados reforçam a importância do componente florestal em sistemas de produção a pasto, como medida para melhorar o microclima e a sensação de bem-estar e conforto térmico animal (PROMIS et al., 2009; WALL et al, 2010; ZHANG et al., 2015; KARVATTE JUNIOR et al., 2016).

O microclima é influenciado pelas variações climáticas que ocorrem no entorno florestal e acima das copas. Entretanto, em sistemas em integração lavoura-pecuária-floresta, os efeitos climáticos apresentam menor variabilidade anual e sazonal, refletindo em temperaturas mínimas mais elevadas e temperaturas máximas mais amenas (EWES et al., 2013). Nestes sistemas, a luz que penetra através da cobertura das árvores sofre significativa modificação seletiva (SCHUMACHER e POGGIANI, 1993). De fato, em geral, áreas de florestas possuem temperatura mais amena, pois absorvem mais radiação que áreas de pastagem, refletindo menor quantidade de radiação solar incidente (13% vs 18%). Tal fenômeno é devido ao maior aprisionamento de radiação, resultado das múltiplas reflexões no profundo dossel (Figura 5) (PORFIRIO da SILVA et al., 2004).

A atenuação da radiação solar atua diretamente no balanço de energia, permitindo menor reflexão para a atmosfera e colaborando para a maior retenção da água precipitada, em comparação a sistemas convencionais (Figura 5).

Ao avaliar a transmissão de radiação solar total e direta através da copa de árvores foliadas e sem folhas, Konarska et al. (2014) observaram que no verão, árvores com copas densas e foliadas eram quase impermeáveis para a radiação solar e apenas 1-5% do feixe direto incidente e 8-15% da radiação total atingiram o solo à sombra. No inverno, a transmissividade também era baixa, e árvores decíduas sem folhas bloqueavam, em média, de 48 a 60% da componente direta. Conforme a densidade de árvores e arranjos espaciais adotados, são obtidas reduções de 3 a 9°C na temperatura do ar, com incremento de até 4,5% de umidade relativa do ar no ambiente sombreado (KARVATTE JUNIOR et al., 2016).

Além disso, mudanças nos gradientes de temperatura do ar são evidenciadas em até 50 m das árvores, mesmo em pleno sol (Figura 6).

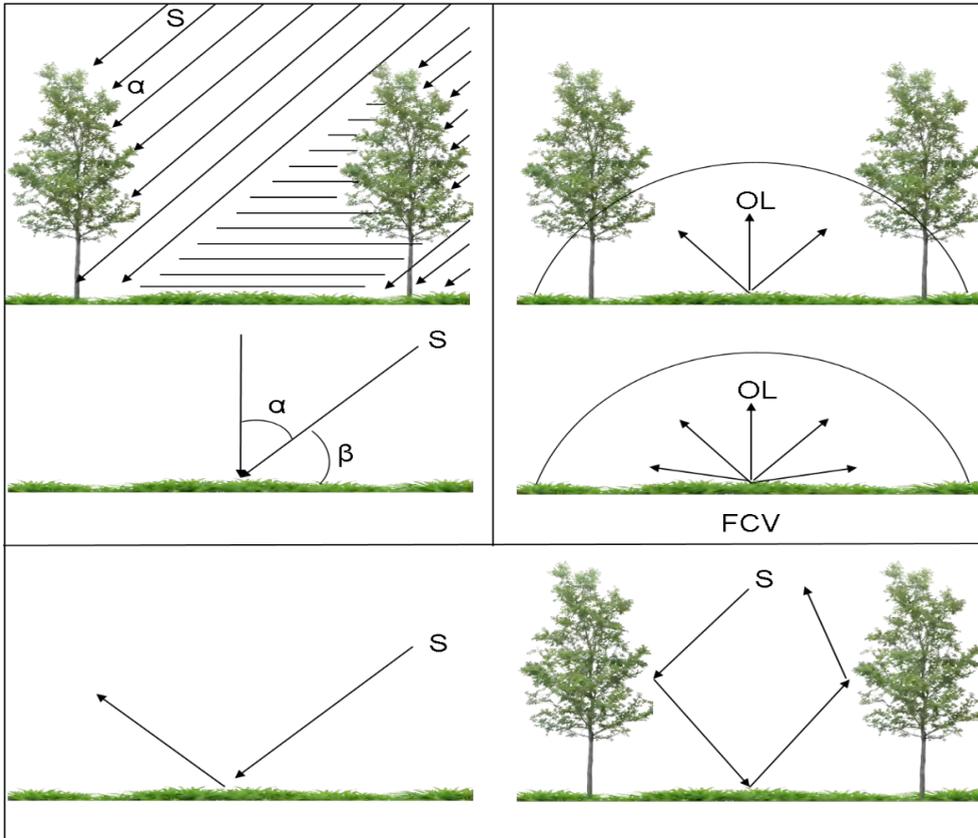


Figura 5. Influência dos renques arbóreos na transferência de radiação. Comparação da superfície com e sem renques paralelos para: a) recepção de radiação direta de ondas curtas (S), em que α é o ângulo entre a normal do plano de superfície e a direção da fração de radiação que a atinge e β é o ângulo de elevação do sol acima do horizonte; b) emissão de radiação direta de ondas longas (OL), em que a FVC é a visada da abóbada celeste, variável em função da altura e distância entre dois renques, e; c) reflexão de S. Fonte: adaptado de Porfírio da Silva et al., 2004.

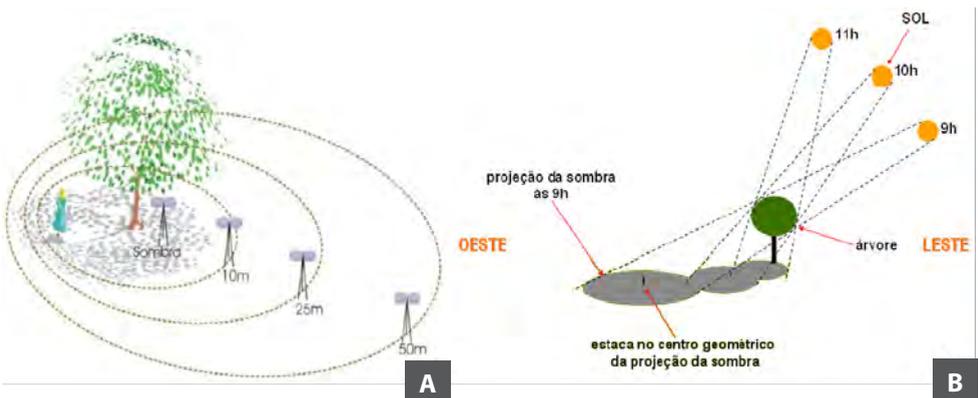


Figura 6. Influência da presença de árvores em pastagem na alteração do gradiente térmico em um raio de até 50m da copa, mesmo no pleno sol (A) e na projeção da sombra (B). Fonte: Abreu e Labaki (2010), Gurgel et al. (2012).

A extensão da modificação do microclima em sistemas de produção com árvores dependerá da espécie (ou conjunto de diferentes espécies) inserida e do arranjo espacial escolhido (KONARSKA et al., 2014; ABREU-HARBICH et al., 2015). Em sistemas compostos por árvores isoladas observam-se reduções de até 2,8 °C de temperatura do ar à sombra, ao passo que sistemas com maiores densidades de árvores, e/ou formações de bosques, a redução de temperatura do ar pode variar de 0,3 °C até 15,7 °C, principalmente nos horários de maior insolação (10h00 às 14h00) (ABREU-HARBICH et al., 2015).

As árvores proporcionam ambientes termicamente mais confortáveis aos animais, promovendo melhorias no conforto térmico ao longo do dia. Oliveira (2012), ao avaliar o conforto térmico de novilhas nelore por meio do Índice de Temperatura de Globo e Umidade (ITGU), encontrou situação de perigo (ITGU=80) em sistema agropastoril, sem árvores. Karvate Junior et al. (2016), ao avaliarem o efeito da sombra sobre o microclima e conforto térmico em sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta com árvores nativas e cultivadas, observaram reduções de 2,4 a 10,2 % no Índice de Temperatura de Globo e Umidade, em relação ao pleno sol. Neste estudo, as características estruturais da copa das espécies arbóreas nativas (Cambará e Cumbaru) presentes, contribuíram para uma maior redução no ITGU, em comparação ao eucalipto.

Em condições estressantes, quando não adaptados às altas temperaturas, os animais alteram seus padrões comportamentais buscando por áreas sombreadas, preferindo aquelas com sombra natural. Porém, a utilização deste recurso pode ser limitada se o espaço de sombra for restrito ou mal dimensionado, provocando competição entre os animais (LEME et al., 2005; SCHÜTZ et al., 2010).

Schultz et al. (2010), ao estudarem a influência do tamanho da área de sombra sobre o comportamento e fisiologia de vacas leiteiras a pasto, observaram que, com disponibilidade de 9,6 m² de sombra por animal, as vacas gastavam 50 % do tempo exercendo suas atividades diárias neste local e apresentavam 70 % menos interações agressivas, em comparação àquelas que tiveram acesso a 2,4 m² de sombra por animal (24% do tempo). Silva e Maia (2013) recomendam 5,6 m² de área de sombra por animal, o que garantiria 0,5 m de distância entre animais e evitaria “superlotação”, comportamentos agonísticos e formação concentrada de barro no período chuvoso.

Em condições de sombra excessiva, a luz solar filtrada através dos dosséis das árvores é enriquecida em infravermelho, resultando em formação de ilhas de calor, podendo comprometer o bem-estar animal (WENG et al., 2004; LEUZINGER et al., 2010). Resultados preliminares obtidos com o uso da termografia por infravermelho em sistemas agroflorestais (Figura 7) revelam diferenças de 1,0 a 4,2°C de temperatura e de 3,5 a 12,7 pontos percentuais na umidade entre as superfícies das copas das árvores e da pastagem (KARVATTE JUNIOR, 2018). Segundo o autor, situações com maiores temperaturas e umidades da superfície da pastagem representam a menor condutância estomática e atividade de evapotranspiração da forrageira em função do maior estresse hídrico ao nível do solo, resultando na emissão de uma parcela de radiação (infravermelha) para o ambiente de produção.

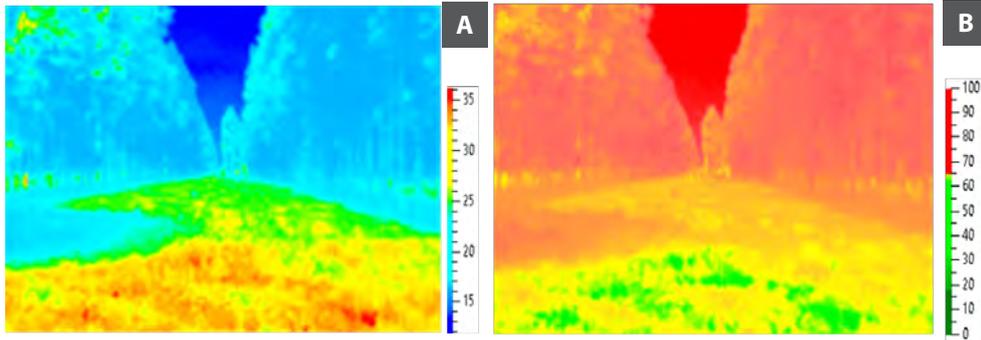


Figura 7. Temperatura (A) e umidade (B) determinadas por termografia, em sistemas em integração lavoura-pecuária-floresta. Foto: Nivaldo Karvatte Junior.

Neste aspecto, a espécie, dimensão da árvore, formato geométrico de sua copa e o ângulo de incidência do sol, entre outros, são fatores que determinarão a quantidade e qualidade da sombra produzida, bem como os seus benefícios (Figura 8).

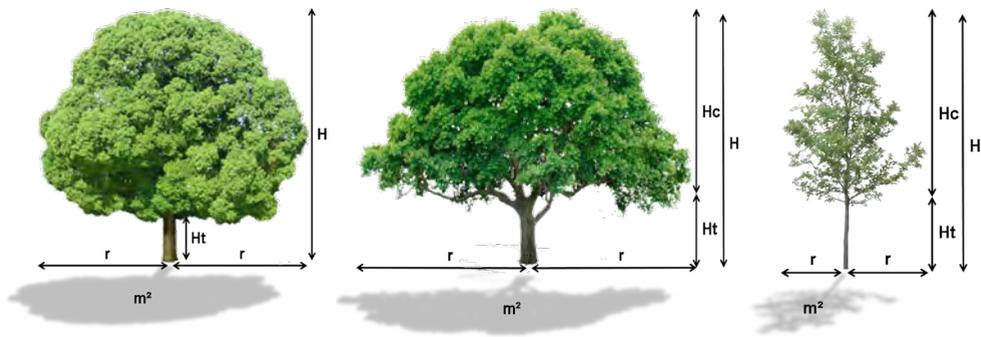


Figura 8. Projeções de sombra de espécies arbóreas com copas de diferentes formatos geométricos, em que H = altura total; H_t = altura do tronco; H_c = altura da copa; r = raio. Fonte: adaptado de Silva, 2006.

Tais considerações são muito relevantes, e pouco abordadas em outros estudos, pelo fato de que maiores ou menores latitudes locais, bem como a época do ano (primavera, verão, outono e inverno) e horário do dia, interferem no modo como a radiação solar atinge a superfície terrestre.

Domiciano et al. (2016), ao avaliarem o desempenho e o comportamento animal em sistemas de integração, observaram que a Carga Térmica de Radiação máxima (728 Wm^2) foi determinada ao sol, entre as 13h00 e 15h00, com reduções no ambiente sombreado de 11,3% durante o período de transição seca-chuvas e de 18,0% na estação chuvosa. Karvatte Junior et al. (2016) concluíram que as características intrínsecas da copa influenciam o ambiente térmico, ao observarem que sistemas com árvores nativas dispersas reduzem a Carga Térmica de Radiação em até 29,6%. Souza et al (2010) também avaliaram a CTR sob a copa de árvores de Eucalipto plantados em renques, e verificaram que a sua redução foi proporcional à altura das árvores, com diminuição em 10,2; 12,5 e 20,8%, respectivamente, para os sistemas com árvores de 8, 18 e 28m. Em sistemas com formação de pequenos bosques de Guajuvira (*Patagonula americana* L.), Navarini

et al. (2009) avaliando o conforto térmico de bovinos Nelore em diferentes condições de sombreamento e a pleno sol, observaram que o sombreamento provocou redução média de 11% na Carga Térmica de Radiação, quando comparada ao tratamento em pleno sol.

Apesar da maior ventilação no sub-bosque, devido à formação de vórtices derivados da diferença de temperatura entre as áreas sombreadas e não-sombreadas, a velocidade do vento pode diminuir (efeito quebra vento) de 26% a 61%, no inverno e verão, respectivamente. Com isso, também se verifica maior umidade no sub-bosque e menor amplitude térmica diária (oscilação entre as temperaturas diurnas e noturnas), resultando em melhores condições microclimáticas (NÃÃS, 1989; KARVATTE JUNIOR et al. 2016). Em sistema silvipastoril composto por renques arbóreos, os valores de temperatura do ar podem diferir em até 8°C entre as áreas sombreadas e ensolaradas (PORFÍRIO-DA-SILVA et al., 1998). Em condições de Cerrado, Karvatte Junior et al. (2016) relataram que sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta com eucalipto e árvores nativas apresentaram menor temperatura (2,7 a 8,9°C), bem como maior umidade relativa do ar (1,4 a 4,9%), quando comparados a pastagens a pleno sol, e que a maior densidade de árvores interfere na circulação dos ventos. Do mesmo modo, Lopes et al. (2016) encontraram redução de 3,2°C de temperatura e aumento de 2,7% de umidade relativa em sistemas de integração com eucalipto. Como já exposto, tais efeitos, conjuntamente, proporcionam melhor ambiente para os animais, principalmente nos meses mais quentes e secos.

A gama de espécies arbóreas com potencial de utilização para sombra em sistemas pecuários no Brasil é ampla, embora, para sistemas em integração, características de crescimento e conformação de copa compatíveis com a integração, devam ser cuidadosamente observadas, principalmente quando o enfoque é na ambiência animal (CASTRO et al., 2008). Rápido crescimento, capacidade de adaptação às condições de solo e clima das diferentes regiões tradicionalmente pecuárias, e possibilidade de diversificação de renda na propriedade, devido ao seu múltiplo uso, faz com que as espécies arbóreas mais utilizadas no Brasil em sistemas em integração sejam dos gêneros *Eucalyptus* e *Corymbia*.

O componente animal em sistemas em integração lavoura-pecuária-floresta

Animais em conforto térmico são capazes de manter com maior facilidade a temperatura corporal constante (homeotermia), com o mínimo de gasto energético, independente da temperatura ambiente circundante (KAMAL et al., 2014; NASCIMENTO et al., 2014; SIMKOVÁ et al., 2016). Isto porque, mesmo capazes de tolerar melhor baixas temperaturas do que temperaturas elevadas, os bovinos tentam manter sua temperatura corporal dentro de uma faixa de temperatura termoneutra, denominada de Zona de Conforto Térmico, que, por meio de vasodilatação (resfriamento) ou vasoconstrição (aquecimento) periférica, mantém o organismo em condições normais de sobrevivência (SILANIKOVE, 2000). Quando um animal é exposto a um ambiente em desconforto térmico, uma das primeiras reações fisiológicas é a ativação do eixo hipotálamo-hipófise-adrenal, que envolve mudanças em todo o sistema endócrino para a produção de glicocorticoides, atuando também na regulação do metabolismo (RENAUDEAU et al., 2012; JARA et al., 2016).

Mesmo sendo os benefícios da sombra mais evidentes em animais menos adaptados ao calor (como os europeus) do que naqueles mais adaptados (como os zebuínos), ambos se beneficiam da presença da mesma (Figura 9) (Figura 10).



Fotos: André Dominghetti Ferreira e Davi J. Bungenstab

Figura 9. Animais cruzados (brangus) confinados, sob sombra de eucalipto, e animais nelore em pastagem com árvores nativas dispersas.



Foto: Davi J. Bungenstab

Figura 10. Animais nelore em sistema de integração lavoura-pecuária-floresta com eucalipto e capim-piatã, após 40 meses de implantação.

Quando o acesso à sombra não for disponível, os animais preferem os horários de menor radiação, pastejando até 63,7% do tempo destinado a este comportamento durante as 9h00 e 13h00 e entre 15h00 e 17h00 (FERREIRA, 2010; DOMICIANO et al., 2016). Lopes et al. (2016), ao avaliar o comportamento de novilhas leiteiras em sistemas silvipastoris com diferentes densidades e arranjos espaciais de árvores, observaram que os animais que permaneceram expostos ao sol, apresentaram maior porcentagem do tempo caminhando (3,2 %) e pastejando (10,8 %) em comparação aos animais inseridos em sistema silvipastoril (caminhando 1,3 %; pastejando 6,5 %). Estes resultados sugerem que em sistemas sem sombra, animais menos adaptados ao calor caminham por mais tempo em busca de locais com maior conforto térmico. Giro et al. (2019) observaram que bovinos Canchim apresentaram melhor aproveitamento das atividades de pastejo em sistemas em integração lavoura-pecuária-floresta, com redução de até 23% no consumo de água, em relação ao sistema sem árvores. Domiciano et al. (2016) observaram que o tempo dedicado a ruminação foi de 3,6% no sol e 20% na sombra. Ao analisar a posição utilizada para tal comportamento, os animais permaneceram em pé durante 0,9% do tempo ao sol, e 2,7% à sombra, enquanto deitados, o tempo gasto foi de 3,5% ao sol e 16,5% à sombra. Também em sistemas de integração com eucalipto, Souza et al. (2010) verificaram que novilhas aneladas permaneceram, em média, 47% do tempo disponível sob a sombra das árvores.

Reflexos do maior conforto térmico no desempenho animal foram observados por Luz (2017), ao avaliar novilhos Nelore mantidos em sistemas em integração com e sem árvores (integração lavoura-pecuária/ILP e integração lavoura-pecuária-floresta/ILPF com maior e menor adensamento) Os animais mantidos em ILPF apresentaram maior ganho médio diário (0,484 vs 0,394 kg.dia⁻¹), peso vivo final (455,23 vs. 443,18 kg), peso de carcaça quente (258,66 vs. 255, 16 kg) e rendimento de carcaça (57,48 vs. 56,82%), comparado ao sistema ILP.

Considerações finais

Os sistemas em integração, com presença do componente arbóreo (agrossilvipastoris e silvipastoris), constituem alternativas viáveis do ponto de vista técnico, ambiental e socioeconômico aos modelos tradicionais de produção pecuária, com melhoria da capacidade produtiva da terra e otimização da utilização dos recursos disponíveis.

Nestes sistemas, o componente arbóreo atua fortemente na modificação do microclima, por meio da atenuação dos efeitos climáticos, proporcionando melhores condições de bem-estar e conforto térmico animal e colaborando para o melhor desempenho e produção animal.

Referências

ABREU-HARBICH, L. V.; LABAKI, L. C.; MATZARAKIS, A. Effect of tree planting design and tree species on human thermal comfort in the tropics. **Landscape and Urban Planning**, v.138, p.99-109, 2015. <http://dx.doi.org/10.1016/j.landurbplan.2015.02.008>

ABREU, L. V.; LABAKI, L. C. Conforto térmico propiciado por algumas espécies arbóreas: avaliação do raio de influência através de diferentes índices de conforto. **A Nac Tecnol Amb Constr**, v.10, n.4, p.103-117, 2010.

AGGARWAL, A.; UPADHYAY, R. **Heat stress and animal productivity**. Springer, London, 2013. doi:10.1007/978-81-322-0879-2_1.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS EXPORTADORAS DE CARNE. **Estatísticas**, 2016. Disponível em: <<<http://abiec.com.br/ExportacoesPorAno.aspx>>>.

BALISCEI, M. A.; De SOUZA, W.; BARBOSA, O. R.; CECATO, U.; KRUTZMANN, A.; QUEIROZ, E. de O.; Behaviour of beef cattle and the microclimate with and without shade. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v.34, n.4, p.409-415, 2012.

BAILEY, B. N.; STOLL, R.; PARDYJAK, E. R.; MILLER, N. E. A new three-dimensional energy balance model for complex plant canopy geometries: Model development and improved validation strategies. **Agricultural Forestry Meteorology**, v.218-219, p.146-160, 2016.

BERNABUCCI, U.; LACETERA, N.; BAUMGARD, L. H.; RHOADS, R. P.; RONCHI, B.; NARDONE, A. Metabolic and hormonal acclimation to heat stress in domesticated ruminants. **Animal**, v.4, p.1167-1183, 2010.

BROOM, D. M.; MOLENTO, C. F. M. Bem-estar animal: conceito e questões relacionadas- revisão. **Archives Veterinary Science**, v.9, p.1-11, 2004.

CASTRO, C. R. T.; MÜLLER, M. D.; FERNANDES, E. N.; SOUZA, A. D. **Ocorrência de espécies arbustivas e arbóreas em pastagens da micro-região de Juiz de Fora, Zona da Mata de Minas Gerais**. Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, 2008. 25 p. (Embrapa Gado de Leite. Boletim de pesquisa e desenvolvimento, 27).

COSTA, P. M.; BARBOSA, F. A.; ALVARENGA, R. C.; GUIMARÃES, S. T.; LAMPEÃO, A. A.; WINKELTRÖTER, L. K.; MACIEL, I. C. de F. Performance of crossbred steers post-weaned in an integrated crop-livestock system and finished in a feedlot. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.52, n.5, p.355-365, 2017.

DANGEL, S.; GRACE, J.; MACARTHUR, A. Transmissivity of solar radiation within a Picea sitchensis stand under various sky conditions. **Biogeoscience**, v.12, p.4195-4207, 2014. doi: 10.5194/bg-12-4195-2015

DOMICIANO, L. F.; MOMBACH, M. A.; CARVALHO, P.; Da SILVA, N. M. F.; PEREIRA, D. H.; CABRAL, L. S.; LOPES, L. B.; PEDREIRA, B. C. Performance and behaviour of Nellore steers on integrated systems. **Animal Production Science**, 2016. <http://dx.doi.org/10.1071/AN16351>.

ELDRIDGE, K.; DAVIDSON, J.; HARDWOOD, H.; WYK, G. van. **Eucalypt domestication and breeding**. Oxford: Clarendon, 1993. 288 p.

EWERS, R. M.; BANKS-LEITE, C. Fragmentation impairs the microclimate buffering effect of tropical forests. **PLoS ONE**, v.8, n.3, 2013. doi:10.1371/journal.pone.0058093

FERRAZ, J. B. S.; FELÍCIO, P. E. Production systems, an example from Brazil. **Meat Science**, v. 84, p. 238-243, 2010.

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.

FERREIRA, L. C. B. **Respostas fisiológicas e comportamentais de bovinos submetidos a diferentes ofertas de sombra**. 2010. 88 f. Dissertação (Mestrado em Agroecossistemas) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

GARCIA, R.; TONUCCI, R. G.; GOBBI, K. F. Sistemas silvipastoris: uma integração pasto, árvore e animal. In: OLIVEIRA NETO, S. N.; VALE, A. B.; NACIF, A. P.; VILAR, M. B.; ASSIS, J. B. (Ed.). **Sistema agrossilvipastoril: integração lavoura, pecuária e floresta**. Viçosa: Sociedade de Investigações Florestais, 2010. p. 123-165.

GEIGER, R.; ARON, R. H.; TODHUNTER, P. **The climate near the ground**, 6th edn. Rowman and Littlefield, Lanham, 2003.

GIRO, A.; PEZZOPANE, J. R. M.; BARONI JUNIOR, W.; PEDROSO, A. F.; LEMES, A. P.; BOTTA, D.; ROMANELLO, N.; BARRETO, A. N.; GARCIA, A. R. Behaviour and body surface temperature of beef cattle in integrated cro-livestock systems with or without tree shading. **Science of the Total Environment**, v.684, p.587-596, 2019.

GLASER, F. D. **Aspectos comportamentais de bovinos das raças Angus, Caracu e Nelore a pasto frente à disponibilidade de recursos de sombra e água para imersão**. 2008. 117 f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade de São Paulo, Pirassununga.

GOLONI, L. A.; MOITA, R. M. S. Rebanho bovino de corte no Brasil: uma análise empírica de poder de mercado. In: ENCONTRO NACIONAL DE ECONOMIA, 38., 2010, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro, 2010. Disponível em: <<http://www.anpec.org.br/encontro2010/inscricao/arquivos/000-5d224c205c4ffdfdb1dbe1739ff4884.pdf>>. Acesso em: 29/08/2019

GREGORY, N. G.; GRANDIN, T. **Animal welfare and meat science**. London, UK: Cabi, 1998.

GURGEL, E. M.; SERAPHIM, O. J.; SILVA, I. J. O. Métodos de avaliação bioclimática da qualidade da sombra de árvores visando ao conforto térmico animal. **Revista de Engenharia Agrícola**, v.2, p.20–34, 2012.

HENNINGBERG, K. J.; GOETZE, D.; SZARZYNSKI, J.; ORTHMANN, B.; REINEKING, B.; et al. Detection of seasonal variability in microclimatic borders and ecotones between forest and savanna. **Basic and Applied Ecology**, v.9, p.275–285, 2008.

HODDER, S. G.; PARSONS, K. The effects of solar radiation on thermal comfort. **International Journal of Biometeorology**, v.51, p.233–250, 2007. doi: 10.1007/s00484-006-0050-y

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Estatística de produção pecuária**. 2017, p 80

JARA, I. E.; KEIM, J. P.; ARIAS, R. A. Behaviour, tympanic temperature and performance of dairy cows during summer season in Southern Chile. **Archives of Medicine Veterinarian**, v.48, p.113-118, 2016.

KAMAL, R.; DUTT, T.; PATEL, B. H.; DEY, A.; CHANDRAN, P. C.; BARARI, S. K.; CHAKRABARTI, A.; BHUSAN, B. Effect of shade materials on microclimate of crossbred calves during summer. **Veterinary World**, v.7, n.10, p.776-783, 2014. doi: 10.14202/vetworld.2014.776-783.

KARVATTE JUNIOR, N.; ALVES, F. V.; ALVES, G. F.; OLIVEIRA, C. C. de.; PEGORARO, A. M.; ECHEVERRIA, J. Radiação solar incidente em sistemas de integração no Cerrado. **IN: Sistemas Agroflorestais e Desenvolvimento Sustentável – 10 anos de pesquisa**, 2013.

KARVATTE JUNIOR, N.; KLOSOWSKI, E. S.; ALMEIDA, R. G. de; MESQUITA, E. E.; OLIVEIRA, C. C. de; ALVES, F. V. Shading effect on microclimate and thermal comfort indexes in integrated crop-livestock-forest systems in the Brazilian Midwest. **International Journal of Biometeorology**, v.60, p.1-9, 2016. DOI 10.1007/s00484-016-1180-5

KIM, Y.; STILL, C. J.; HANSON, C. V.; KNOW, H.; GEER, B. T.; LAW, B. E.; Canopy skin temperature variations in relation to climate, soil temperature, and carbon flux at a ponderosa pine forest in central Oregon. **Agricultural Forestry Meteorology**, v.226–227, p.161-173, 2016.

KONARSKA, J.; LINDBERG, F.; LARSSON, A.; THORSSON, S.; HOMER, B. Transmissivity of solar radiation through crowns of single urban trees-application for outdoor thermal comfort modelling. **Theoretical Applied Climatology Journal**, v.117, p.363-376, 2014. doi: 10.1007/s00704-013-1000-3.

LEME, T. M. P.; PIRES, M. F. A.; VERNEQUE, R. S. V.; ALVIM, M. J.; AROEIRA, L. J. M. 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.

- LEUZINGER, S. VOGT, R. KÖRNER, C. Tree surface temperature in an urban environment. **Agriculture Forest and Meteorology**, v.150, n.1, p.56-62, 2010.
- LIN, T. P.; MATZARAKIS, A.; HWANG, R. L. Shading effect on long-term outdoor thermal comfort. **Building and Environment**, v.45, p.213–221, 2010.
- LOPES, L. B.; ECKSTEIN, C.; PINA, D. S.; CARNEVALLI, R. A. The influence of tree on the thermal environment and behaviour of grazing heifers in Brazilian Midwest. **Tropical Animal Health Production**, v.48, p.755-761, 2016. doi: 10.1007/s11250-016-1021-x
- LUZ, P. A. C. da. Desempenho na terminação e qualidade da carcaça e da carne de bovinos criados em sistema agrossilvipastoril. 217, 213f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Estadual Paulista – Botucatu, SP.
- LVA, J. L. S.; BARRO, R. S. O estado da arte em integração silvipastoril. In: CICLO DE PALESTRAS EM PRODUÇÃO E MANEJO DE BOVINOS, 10., 2005, Canoas. **Anais... Canoas**: Ed. Ulbra, 2005. v. 1, p. 45-107
- MADER, T. L.; JOHNSON, L. J.; GAUGHAN, J. B. A comprehensive index for assessing environmental stress in animals. **Journal Animal Science**, v.88, p.2153–2165, 2010. doi:10.2527/jas.2009-2586
- MARTINS, F. R.; PEREIRA, E. B.; ABREU, S. L.; COLLE, S. Satellite-derived solar resource maps for Brazil – SWERA Project. **Solar Energy**, v. 81, n. 4, p. 517-528, 2007.
- MARTINS, F. R.; PEREIRA, E. B.; SILVA, S. A. B.; ABREU, S. L.; COLLE, S. Solar energy scenarios in Brazil, Part one: Resource assessment. **Energy Policy**, v. 36, p. 2843-2854, 2008.
- MUSSELMAN, K. N.; MARGULIS, A. S.; MOLOTCH, N. P. Estimation of solar direct beam transmittance of conifer canopies from airborne LiDAR. **Remote Sensing**, v.136, p.402-415, 2013. doi: 10.1016/j.rse.2013.05.021
- NÃÃS, I. A. **Princípios de conforto térmico na produção animal**. São Paulo: Ícone Editora, 1989. 183 p
- NARDONE, A.; RONCHI, B.; LACETERA, N.; RANIERI, M. S.; BERNABUCCI, U. Effects of climate changes on animal production and sustainability of livestock systems. **Livestock Science**, v.130, p.57-69, 2010. doi: 10.1016/j.livsci.2010.02.011
- NASCIMENTO, G. R.; NÃÃS, I. A.; BARACHO, M. S.; PEREIRA, D. F.; NEVES, D. P. Termografia infravermelho na estimativa de conforto térmico de frangos de corte. Rev. Bras. **Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.18, n.6, p.658-663, 2014.
- 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, p.508–517, 2009.
- NGAO, J.; ADAM, B.; SAUDREAU, M. Intra-crown spatial variability of leaf temperature and stomatal conductance enhanced by drought in apple tree as assessed by theRATP model. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 237, p.340-354, 2017.
- OLIVEIRA, C. C. de.; ALVES, F. V.; ALMEIDA, R. G.; GAMARRA, É. L.; VILLELA, S. D. J.; MARTINS, P. G. M. de A. Thermal comfort indices assessed in integrated production systems in the Brazilian savannah. **Agroforestry Systems**, 2017. DOI: 10.1007/s10457-017-0114-5
- OLIVEIRA, C. C. de.; VILLELA, S. D. J.; ALMEIDA, R. G. de.; ALVES, F. V.; BEHLING NETO, A.; MARTINS, P. G. M. de A. Performance of Nellore heifers, forage mass, and structural and nutritional characteristic of *Brachiaria brizantha* grass in integrated production systems. **Tropical Animal Health Production**, v.46, p.167–172, 2014.

- OLIVEIRA, C. C.; VILLELA, S. D. J.; ALMEIDA, R. G.; ALVES, F. V.; BEHLING NETO, A.; GAMARRA, E. L. Índice de temperatura de globo e umidade e carga térmica radiante em sistemas integrados com duas densidades de árvores. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 49., 2012, Brasília, DF. **A produção animal no mundo em transformação**. Brasília, DF: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2012b. 1 CD-ROOM.
- PEZZOPANE, J. R. M.; BOSI, C.; NICODEMO, M. L. F.; SANTOS, P. M. S.; CRUZ, P. G. da.; PARMEJANI, R. S. Microclimate and soil moisture in a silvopastoral system in southeastern Brazil. **Agrometeorology**, v.74, n.1, p.110-119, 2015.
- PORFÍRIO-DA-SILVA, V. P. da; MEDRADO, M. J. S.; NICODEMO, M. L. F.; DERETI, R. M. Arborização de pastagens. **Revista JC Maschietto**, v. 7, n. 7, p. 10, set. 2009.
- PORFÍRIO-DA-SILVA, V.; VIEIRA, A. R. R.; CARAMORI, P. H.; BAGGIO, A. J. A radiação solar em pastagem arborizada com renques de *Grevillea robusta* A. Cunn. Ex. R. Br. **Agrossilvicultura**, v. 1, n. 2, p.187-193, jul./dez. 2004.
- PORFÍRIO-DA-SILVA, V. Sistemas silvipastoris no Mato Grosso do Sul. Para que adotá-los? In: SEMINÁRIO SISTEMAS AGROFLORESTAIS E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL, 2003, Campo Grande, MS. **Palestras...** Campo Grande: Embrapa Gado de Corte; Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste; Corumbá: Embrapa Pantanal, 2003. 1 CD-ROM. p. 1-13.
- PROMIS, A.; SCHINDLER, D.; REIF, A.; CRUZ, G. Solar radiation transmission in and around canopy gaps in an uneven-aged *Nothofagus betuloides* forest. **International Journal of Biometeorology**, v.53, p.355-367, 2009. doi: 10.1007/s00484-009-0222-7.
- SILANIKOVE, N. Effects of heat stress on the welfare of extensively managed domestic ruminants. **Livestock Production Science**, v.67, p. 1–18, 2000.
- SILVA, R. G. Predição da configuração de sombra de árvores em pastagens para bovinos. **Revista de Engenharia Agrícola**, v.26, p.268–281, 2006.
- SILVA, L. L. G. G.; RESENDE, A. S.; DIAS, P. F.; SOUTO, S. M.; AZEVEDO, B. C.; VIEIRA, M. 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. **Archivos Latinoamericanos de Producción Animal**, v. 18, n. 3-4, p. 87-95, 2010.
- SILVA, R. G.; MAIA, A. S. C. The environment. In: Silva RG, Maia ASC (ed) **Principles of animal biometeorology**. Springer, London, 2013, 1–37p. doi:10.1007/978-94-007-5733-2.
- SIMKOVÁ, A.; SOCH, M.; SVEJDOVÁ, K.; ZÁBRANSKÝ, L.; FREJLACH, T.; SVARCOVÁ, A.; CERMÁK, B. The effect of stable microclimate on milk production of dairy cattle. *Sci Papers: Animal Science and Biotechnology*, v.49, n.1, p.186-189, 2016.
- SCHUMACHER, M. V.; POGGIANI, F. Caracterização microclimática no interior dos talhões de *Eucalyptus camaldulensis* Dehn, *Eucalyptus grandis* hill ex maiden e *Eucalyptus torelliana* F. Muell, localizados em Anhembi, SP. **Revista Ciência Florestal**, v.3, p.9–20, 1993.
- 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 Dairy Science**, v.93, p.125–133, 2010. doi:10.3168/jds.2009-2416
- SOUZA, E. C. de., SALMAN, A. K. D.; da CRUZ, P. G.; VEIT, H. M.; de CARVALHO, G. A.; da SILVA F. R. F., SCHMITT, E. Thermal comfort and grazing behaviour of Girolando heifers in integrated crop-livestock and crop-livestock-forest systems. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v.41, p.2-10, 2019.
- SOUZA, W. de; BARBOSA, R. R.; MARQUES, J. A.; GASPARINO, E.; CECATO, U.; BARBERO, L. M. Behavior of beef cattle in silvopastoral systems with eucalyptus. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, n. 3, p. 677-684, 2010.

RENAUDEAU, D.; COLLIN, A.; YAHAV, S.; DE BASILIO, V.; GOURDINE, J. L.; COLLIER, R. J. Adaptation to hot climate and strategies to alleviate heat stress in livestock production. **Animal**, v.6, p.707–728, 2012.

RODRIGUES, A. L.; SOUZA, B. B.; PEREIRA FILHO, J. M. Influence of shade and cooling systems on the thermal comfort for dairy cows. **ACSA**, v.60, n.02, p.14-22, 2010.

TAKÁCS, A.; KOVÁCS, A.; KISS, M.; GULYÁS, Á.; KÁNTOR, N. Study on the transmissivity characteristics of urban trees in Szeged, Hungary. **Hun Geo Bull**, v.65, n.2, p.155-167, 2016. doi: 10.15201/hungeobull.65.2.6

VAN LAER, E.; MOONS, C. P. H.; AMPE, B.; SONCK, B.; VANDAELE, L.; DE CAMPENEERE, S.; TUYTTENS, F. A. M. Effect of summer conditions and shade on behavioural indicators of thermal discomfort in Holstein dairy and Belgian Blue beef cattle on pasture. **Animal**, v.9, n.9, p.1536–1546, 2015.

VEIGA, J. B. Desenvolvimento de sistemas silvipastoris para a Amazônia. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 28., 1991, João Pessoa. **Anais**: palestras. João Pessoa: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1991. p. 59-79.

WALL, A. J.; KEMP, P. D.; MACKAY, A. D.; POWER, I. L. Evaluation of easily measured stand inventory parameters as predictor of PAR transmittance for use in poplar silvipastoral management. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v.139, p.665-674, 2010. doi: 10.1016/j.agee.2010.10.012

WENG, Q.; LU, D.; SCHUBRING, J. Estimation of land surface temperature–vegetation abundance relationship for urban heat island studies. *Remote Sensing of Environment*, v.89, n. 4, p.467-483, 2004.

ZHANG, M.; CHEN, L.; XIN, M.; XU, Z.; LI, J. Studies of forecast model of photosynthetic active radiation in sunlight greenhouse in Winter in Panjin. **Agricultural Basic Science and Technology**, v.16, n.2, p.214-218, 2015.