

A Nutritime Revista Eletrônica é uma publicação bimestral da Nutritime Ltda. Com o objetivo de divulgar revisões de literatura, artigos técnicos e científicos bem como resultados de pesquisa nas áreas de Ciência Animal, através do endereço eletrônico: <http://www.nutritime.com.br>. Todo o conteúdo expresso neste artigo é de inteira responsabilidade dos seus autores.

RESUMO

Os sistemas silvipastoris (SSPs) integram diferentes espécies de árvores, de pasto e de animais na mesma área. No Brasil, os SSPs mais comuns utilizam diferentes espécies de *Brachiaria* (*Urochloa* sp.) e Eucalipto (*Eucalyptus* sp.), principalmente devido a maior disponibilidade de cultivares no mercado nacional e a boa adaptação dessas espécies a esses sistemas. De modo geral, os pastos nos SSPs são mais altos e menos densos do que a pastagem em monocultivo, apresentando menor produção de biomassa em sistemas com alta densidade arbórea. Os pastos em SSPs normalmente apresentam aumentos consistentes na proteína bruta e em alguns casos redução das frações fibrosas e aumento de digestibilidade. O desempenho animal nos SSPs é influenciado diretamente pela melhoria no conforto térmico e na qualidade do pasto, mas principalmente pelas alterações na disponibilidade de forragem. Estudos recentes mostram que em sistemas onde se objetiva maximizar o desempenho animal, a implementação dos SSPs com menos de 100 árvores por hectare, com mais de 28 metros entre renques e com o plantio das árvores no sentido leste/oeste são recomendações importantes para maximizar o desempenho animal nessas áreas.

Palavras-chave: integração lavoura-pecuária-floresta, planejamento, produção animal, rentabilidade, sustentabilidade.

Recomendações para implementação de sistemas silvipastoris com *Brachiaria* e Eucalipto para produção de bovinos no Brasil

Integração lavoura-pecuária-floresta, planejamento, produção animal, rentabilidade, sustentabilidade.

Alan Figueiredo de Oliveira^{1*}

Lucio Carlos Gonçalves²

Ângela Maria Quintão Lana³

¹. Doutorando em Zootecnia, Escola de Veterinária da Universidade Federal de Minas Gerais. *E-mail: alanfigueiredodeoliveira@yahoo.com.br

². Doutor em Zootecnia, Escola de Veterinária da Universidade Federal de Minas Gerais.

³. Doutora em Genética e Melhoramento, Escola de Veterinária da Universidade Federal de Minas Gerais.

RECOMMENDATIONS FOR THE IMPLEMENTATION OF SILVOPASTORAL SYSTEMS WITH BRACHIARIA AND EUCALYPTUS FOR LIVESTOCK IN BRAZIL ABSTRACT

Silvopastoral systems (SPSs) integrate different species of trees, pasture and animals in the same area. In Brazil, the most common SPSs use different species of *Brachiaria* (*Urochloa* sp.) and *Eucalyptus* (*Eucalyptus* sp.), mainly due to greater availability of cultivars in the national market and the good adaptation of these species to these systems. In general, SSP pastures are taller and less dense than monoculture pasture, with lower biomass production in systems with high tree density. Pastures on SSPs normally show consistent increases in crude protein and in some cases reduced fibrous fractions and increased digestibility. Animal performance in SSPs is directly influenced by improvements in thermal comfort and pasture quality, but mainly by changes in forage availability. Recent studies show that in systems where the objective is to maximize animal performance, the implementation of SPSs with less than 100 trees per hectare, with more than 28 meters between rows and with the planting of trees in the east / west direction are important recommendations to maximize the animal performance in these areas.

Keyword: crop-livestock-forest integration, planning, animal production, profitability, sustainability.

INTRODUÇÃO

A partir da década de 1960 o Brasil passou por um processo de modernização da agricultura baseado na mecanização e quimificação dos processos produtivos, plantio em monocultivo e padronização dos produtos. Essa modernização resultou em aumento expressivo da produção agropecuária, entretanto, gerou impactos negativos nos âmbitos social, ambiental e econômico. Dessa forma, os atuais sistemas integrados de produção agropecuária, como os sistemas silvipastoris (SSPs), buscam conciliar um desenvolvimento ambientalmente correto, socialmente justo e viável economicamente.

Os SSPs no Brasil são formados principalmente por diferentes arranjos de árvores de *Eucalipto* (*Eucalyptus* sp.) e gramíneas do gênero *Brachiaria* (*Urochloa* sp.) (OLIVEIRA et al., 2022). O sombreamento moderado permite que a forragem desenvolva mudanças morfológicas para compensar a redução de luz (GÓMEZ et al., 2012). No entanto, estudos realizados no Brasil com alta densidade de árvores mostraram que a restrição severa de luz reduz a produtividade do pasto e o desempenho animal por área (OLIVEIRA et al., 2014; SANTOS et al., 2016; SANTOS et al., 2018). Em densidades mais baixas de árvores, alguns estudos mostraram apenas pequenas reduções na produção de pastagens e a manutenção ou aumento da produção animal (MAGALHÃES et al., 2018; OLIVEIRA et al., 2022). O sombreamento é influenciado principalmente pelo espaçamento entre renques de árvores, número de árvores e orientação de plantio das linhas de árvores, com maior sombreamento em sistemas com altas populações de árvores implementados na orientação norte-sul (SANTOS et al., 2016; SANTOS et al., 2018; OLIVEIRA et al., 2022).

As avaliações do valor nutritivo e da produtividade são fundamentais para o estabelecimento de um adequado programa nutricional nas propriedades rurais que utilizam pastagens como fonte de volumoso para os animais. A produtividade das plantas forrageiras sob o sombreamento das árvores pode ser reduzida devido à menor radiação fotossinteticamente ativa (RFA) que atinge o pasto.

Desta forma, a densidade e as características das espécies arbóreas são os principais fatores que podem reduzir a produção das forrageiras. A qualidade nutritiva das forrageiras pode ser influenciada pela maior ciclagem de nutrientes no solo, alteração do microclima local e alterações na morfofisiologia das plantas, resultando em aumento do teor de proteína bruta (PB) da forragem (SANTOS et al., 2018).

A indicação de recomendações técnicas mais adequadas para a implementação desses sistemas produtivos em fazendas comerciais é de grande importância para permitir a utilização mais eficiente dessa tecnologia (OLIVEIRA et al., 2022). Assim, fazer uma análise das condições locais considerando o mercado pecuário e da madeira, a disponibilidade de insumos, capacidade gerencial e a aptidão da fazenda é fundamental para planejar e maximizar o desempenho econômico desses sistemas produtivos. Assim, objetivou-se com este artigo fazer uma revisão das informações científicas acerca do desempenho de forrageiras e de bovinos em SSPs com *Brachiaria* e *Eucalipto* no Brasil e apresentar recomendações estratégicas para implementação desses sistemas.

Produtividade de *Brachiaria* em sistemas silvipastoris com *Eucalipto*

As produtividades das forrageiras em SSPs sofrem influência direta da RFA que atinge as plantas. Em sistemas com alta densidade arbórea há redução na taxa de fotossíntese e produção de forragem. Gómez et al. (2012) utilizaram uma lâmina de polietileno para limitar a radiação que atingia a *B. decumbens* e encontraram maior taxa de fotossíntese com 100 % de radiação em relação a 50 e 30 %. As produções médias de forragem foram 34 e 57 % menores quando se utilizou 50 e 30 % de radiação. Além disso, quando as plantas foram adubadas o aumento da produção no tratamento sem sombreamento foi ainda maior que nos tratamentos sombreados. Estes dados sugerem que a menor taxa de fotossíntese nas plantas com menor radiação reduz a capacidade de resposta em solos com maior disponibilidade de nutrientes.

Paciullo et al. (2011) avaliaram a produção da *B. decumbens* em diferentes distâncias dos renques

árvores (0, 3, 6, 9, 12 ou 15 m) e encontraram maior produção de forragem a aproximadamente 13 m de distância das árvores. O aumento gradual e a posterior estabilização da produção de forragem e da RFA até esta distância evidenciam a interferência da intensidade de luz na produtividade das pastagens. Segundo Paciullo et al. (2014) em pastagens de *Brachiaria* com sombreamento moderado (redução de 25 a 35 % da RFA) as plantas apresentam ajustes morfofisiológicos como aumentos da relação parte aérea/raiz e da taxa de alongamento foliar, promovendo efeito compensatório e manutenção da produtividade.

Santos et al. (2016) encontraram redução de 42,8 kg/ha de matéria seca de forragem a cada um por cento de redução de RFA. O acúmulo de massa seca de forragem no período chuvoso foi maior ($p < 0,05$) na monocultura de pasto em relação ao SSP com 12 (SSP12) e 22 m (SSP22) entre renques, as reduções foram de 50,5 % no SSP22 e 67,5 % no SSP12. Na mesma área experimental, Santos et al. (2018) encontraram redução na RFA de 21,9 % no SSP12 e 39,5 % no SSP22. As disponibilidades de matéria seca de forragem nas águas, em kg/ha, foram de 3.557 na monocultura de pasto, 2.601 no SSP22 e 1.882 no SSP12. Na estação chuvosa a disponibilidade de forragem na monocultura de pasto foi 36,8 % maior ($p < 0,05$) quando comparada com o SSP22 e 89,0 % maior quando comparada com SSP12. A proximidade dos renques de Eucalipto, a competição por água e nutrientes e o plantio no sentido Norte-Sul foram citados como motivos para esta redução.

Segundo Paciullo et al. (2011) o plantio das árvores em SSPs devem ser na direção Leste-Oeste para reduzir o sombreamento na forragem, porém, em locais com alta declividade, o plantio deve acompanhar o nível do terreno que pode ser no sentido Norte-Sul. Lopes et al. (2017) avaliaram a produtividade da *B. decumbens* em monocultivo e em SSP com renques de Eucalipto formados por quatro linhas com três m entre linhas, três m entre plantas e 30 m entre renques e encontraram maior ($p < 0,05$) produção de matéria seca digestível na monocultura de pasto (1.917 kg/ha) em comparação a 10 m de distância das árvores (1.614 kg/ha) e sob

a copa das árvores (776 kg/ha), com redução de 15,8 e 59,5 %, respectivamente.

A alta densidade de árvores em SSP, além de aumentar o sombreamento, aumenta a competição por água entre as forrageiras, fato que pode influenciar na redução da produtividade por área. Esta redução limita a utilização de arranjos com renques próximos quando o objetivo principal da propriedade é a produção animal. Desta forma, é necessário avaliar o mercado no qual a propriedade está inserida e qual a principal finalidade antes de decidir o espaçamento mais adequado entre os renques (OLIVEIRA et al., 2022).

Outro fator que pode influenciar a produtividade das forragens em SSP são as espécies das árvores utilizadas. OLIVEIRA et al. (2015) avaliaram cinco clones de Eucalipto em três arranjos espaciais e observaram variação na altura das árvores, no diâmetro das árvores à altura do peito, índice de área foliar e produção de forragem entre os clones. Esta variação pode ser atribuída pelas características da copa, idade, arranjos espaciais, direção de plantio e manejo das árvores. Alguns manejos como a desrama, desbaste e corte precoce podem melhorar a produtividade das forrageiras em SSP.

Valor nutritivo de *Brachiaria* em sistemas silvipastoris com Eucalipto

As forrageiras cultivadas em SSPs sofrem alterações em seu valor nutritivo devido às alterações na morfofisiologia vegetal, no microclima local e na ciclagem de nutrientes no solo. A literatura reporta poucas alterações nos teores de matéria seca (MS), fibras e digestibilidade e aumento no teor de PB em forrageiras cultivadas em SSPs (SOUSA et al., 2010; SANTOS et al., 2018).

Santos et al. (2018) encontraram valores de PB de 8,3 % na monocultura de pasto, 10,7 % na SSP com *B. brizantha* cv. Marandu e renques de Eucalipto espaçadas de 12 m (SSP12) e 11,7 % em relação a SSP com 22 m (SSP22) entre renques, reduções ($p < 0,05$) de 28,9 e 41,0 % na monocultura de pasto em comparação aos sistemas SSP22 e SSP12. Já Paciullo et al. (2011) avaliaram a composição química

da *B. decumbens* em SSP e encontraram menor teor de PB a 13,5 m do renque de *Eucalipto* (6,5 %) e maior teor sob a copa das árvores (9,8 %), um aumento de 51 %.

Os acréscimos nos teores de PB nas plantas em sombreamento natural podem ser explicados pelo aumento da degradação da matéria orgânica e da reciclagem de nitrogênio no solo, principalmente se os componentes arbóreo e forrageiro forem constituídos por leguminosas fixadoras de nitrogênio atmosférico (MOREIRA et al., 2022). Além disso, o atraso no desenvolvimento ontogenético das plantas cultivadas à sombra mantém as plantas mais jovens fisiologicamente, fato que mantém a alta taxa metabólica da célula e menor acúmulo de fibra (PACIULLO et al., 2014). Outros fatores associados ao aumento do teor de PB, em plantas sob sombra é a redução do tamanho da célula causado pelo sombreamento e a maior concentração de nitrogênio devido à menor produção de biomassa (PACIULLO et al., 2011).

Santos et al. (2018) encontraram teores similares de fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), celulose, hemiceluloses e lignina na *B. brizantha* cv. Marandu em SSP com 12 e 22 m entre renques e em pleno sol. Paciullo et al. (2011) também não encontraram diferenças nos teores de FDN, FDA e lignina na *B. decumbens* em SSP em até 15 m de distância do renque de *Eucalipto*, os valores médios foram de 77,4, 45,4 e 6,7 %, respectivamente.

As plantas em sombreamento tendem a estiolar com o avanço da maturidade como estratégia para aumentar a altura e buscar luminosidade, o que pode resultar em alongamento do colmo e aumentos dos teores de fibra da forrageira (PACIULLO et al., 2011; SANTOS et al., 2016). Entretanto, outros fatores como o aumento do teor de PB, alteração no desenvolvimento ontogenético e redução da espessura da parede celular podem reduzir os teores de fibras das forragens que, geralmente, não apresentam alterações consistentes desses componentes (SOUSA et al., 2010). Gómez et al. (2012) citaram que as folhas das forragens sob baixa incidência de luz apresentam menos tecido de sustentação e menor número de células mesófilas

por unidade de área, fato que pode causar folhas mais finas e menores teores de fibras.

Santos et al. (2018) encontraram maior DIVMS ($p < 0,05$) na monocultura de pasto com 65,8 % quando comparada com o sistema de SSP espaçado de 12 m com 62,3 %. Por outro lado, Lopes et al. (2017) não encontraram diferença na DIVMS da *B. decumbens* cultivada em pleno sol (60,9 %), cultivada a 10 m de distância (61,0 %) ou sob a copa das árvores (60,9 %). Essa inconsistência na variação da digestibilidade ocorre porque existem fatores que potencialmente aumentam a digestibilidade (aumento de PB) concomitantemente com fatores que reduzem a digestibilidade (aumento de lignina).

Desempenho de bovinos leiteiros em sistemas silvipastoris com *Brachiaria* e *Eucalipto*

Os SSPs apresentam características diferentes dos sistemas tradicionais, que afetam o desempenho de bovinos. Nos sistemas tradicionais a radiação solar plena que atinge o pasto tem efeito distinto no pasto e nos animais. Nos animais, a falta ou a inadequada oferta de área de sombra gera desconforto térmico e influencia negativamente o consumo de matéria seca, a capacidade produtiva e o sistema imune. Por outro lado, a alta radiação solar que atinge o pasto, juntamente com a alta disponibilidade de água e de luz, proporciona alta produção de forragem e maior capacidade de suporte do pasto. Portanto, o equilíbrio entre o número de árvores e a porcentagem de sombreamento do pasto é o principal desafio nos SSPs.

Vizzotto et al. (2015) obtiveram produção de 22,2 L/vaca/dia em vacas mantidas em pasto de capim-sudão (*Sorghum sudanense* L.) e *B. plantaginea* com acesso a aproximadamente 10 m² de sombra de *Eucalipto* (*Eucalyptus coolabah*) com mais de cinco m de altura e 21,2 L/vaca/dia em vacas no mesmo tipo de pasto, mas sem acesso à sombra, sem diferença entre os tratamentos. Essa similaridade entre os tratamentos demonstra que quando planejados de forma adequada com menor densidade arbórea, os sistemas de SSP podem não prejudicar de forma acentuada a produção dos pastos e manter a produção animal nessas áreas. Nessas condições, o fornecimento de sombra pelas

árvores gera melhor ambiência para os animais e pode aumentar a rentabilidade dos sistemas por melhorar a saúde e a reprodução dos animais e gerar nova fonte de renda proveniente da madeira.

Existem estudos disponíveis na literatura com capim mombaça e Eucalipto que mostraram produção de leite semelhante nas vacas em pleno sol e no SSP (MARTINS et al. 2020; GUIMARÃES JÚNIOR. et al., 2022). Entretanto, os resultados da literatura, principalmente a mais recente, acerca da produção de leite em SSPs com *Brachiaria* são muito escassos. Essa escassez pode ser atribuída a fatores que dificultam a realização de pesquisas com vacas em lactação, tal como a dificuldade de manejo dos animais e a falta de mão de obra nos centros de pesquisa, a necessidade de longo tempo de avaliação, a necessidade de grande número de animais por tratamento para algumas variáveis e o alto custo de implantação dos sistemas arborizados.

Desempenho de bovinos de corte em sistemas silvipastoris com *Brachiaria* e Eucalipto

A produção animal em pastagens nos primeiros anos do crescimento das árvores geralmente é semelhante entre os SSPs e o pleno sol. Porém, com o avanço da idade das árvores e a redução da radiação que atinge o pasto, as produções de forragem e animal podem ser drasticamente reduzidas. Por outro lado, a proteção dos animais contra as altas temperaturas e os ventos podem melhorar o conforto animal e reduzir os efeitos negativos da menor produção de forragem (OLIVEIRA et al., 2022).

Gamarra et al. (2017) avaliaram o desempenho animal em pastagem de *B. brizantha* cv. Piatã em pleno sol e SSP com 14 ou 22 m entre renques e encontraram maior capacidade de suporte na monocultura de pasto em relação a SSP com 14 m entre renques. Porém, a capacidade de suporte foi semelhante na SSP com 22 m entre renques no verão e no inverno e menor no outono em relação ao pleno sol. O ganho de peso por hectare em cada estação na monocultura de pasto foi semelhante a SSP com 22 m e superior a SSP com 14 m. O ganho de peso total por hectare foi de 445 kg/ha na monocultura de pasto, de 370 kg/ha na SSP com 22 m e de 240 kg/ha na SSP com 14 m. Segundo os

autores, a menor produção animal na SSP com sistema mais adensado ocorreu devido a menor oferta de forragem. Porém, o sistema de SSP com 22 m foi superior aos demais quando se avalia de uma forma mais ampla os sistemas. Embora a produção animal seja um pouco menor, outros fatores como a produção de madeira, o melhor conforto animal, o maior estoque de carbono e a melhor saúde dos animais fazem com que a SSP seja mais valorizada pela cadeia produtiva.

Santos et al. (2018) avaliaram o desempenho animal em pastagens de *Brachiaria brizantha* cv. Piatã em pleno sol e em SSP formado por Eucalipto com 12 ou 22 m entre renques. O ganho de peso médio diário (GMD) não variou entre os sistemas devido ao ajuste da oferta de forragem. Entretanto, a capacidade de suporte e a produção animal por área reduziram ($p < 0,05$) nos sistemas de SSP (Tabela 1). A menor oferta de forragem e o menor ganho de peso dos animais nas áreas sombreadas também pode gerar menores receitas, o que pode prejudicar a sustentabilidade econômica desses sistemas.

TABELA 1. Capacidade de suporte (CS), ganho médio diário (GMD) e ganho de peso vivo por hectare (GPVH) de bovinos de corte em pastos de capim-piatã em SSP com 22 m (SSP22) e 12 m (SSP12) entre renques

Tratamento	CS (UA/ha)	GMD (g/animal/dia)	GPVH (kg/ha)
Pleno sol	2,5a	492a	640a
SSP22	1,4b	448a	379b
SSP12	1,3b	474a	243c

Médias seguidas de letras distintas na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Fonte: Adaptado de SANTOS et al. (2018).

Desempenho animal semelhante em pleno sol e em sistemas arborizados com a utilização de 30 m entre renques também foi observado por Magalhães et al. (2018). Esses resultados indicam para sistema com objetivo de alcançar a máxima produção animal por área deve-se utilizar espaçamentos sempre superiores a 30 m. Além disso, quando o plantio é realizado na direção norte-sul o espaçamento entre renques precisa ser ainda maior para não prejudicar

o desempenho animal.

Conforto térmico em sistemas silvipastoris com *Brachiaria* e Eucalipto

Em regiões tropicais como no Brasil, os animais criados em sistemas baseados em pastagens sofrem com as altas temperaturas e umidades, principalmente no verão. Os animais criados nessas condições sofrem os efeitos do calor entrando em estado de estresse térmico. Dessa forma, o fornecimento de sombra é uma importante estratégia para melhorar o conforto e o bem-estar animal e mitigar os efeitos negativos do estresse calórico na produção.

Oliveira et al. (2019) avaliaram indicadores de conforto térmico em novilhas Nelore em um pasto controle (cinco árvores nativas) e em SSP com 14 m entre renques e com 22 m entre renques. Durante o inverno as menores temperaturas do ar foram 23,8, 23,4 e 23,7°C, as temperaturas em globo negro foram 25,2, 23,7 e 23,8°C, as umidades relativas do ar foram 59,9, 58,9 e 59,2% e os índices de temperatura-umidade (ITU) foram 72,0, 70,2 e 70,4 na SSP com 14 m, na SSP com 22 m e na monocultura de pasto, respectivamente. No verão, as menores temperaturas do ar foram 27,8, 27,8 e 27,4°C, as temperaturas em globo negro foram 28,4, 28,7 e 28,6°, as umidades relativas do ar foram 71,6, 70,8 e 72,7% e os ITU foram 77,7, 78,0 e 77,9 na SSP com 14 m, na SSP com 22 m e na monocultura de pasto, respectivamente.

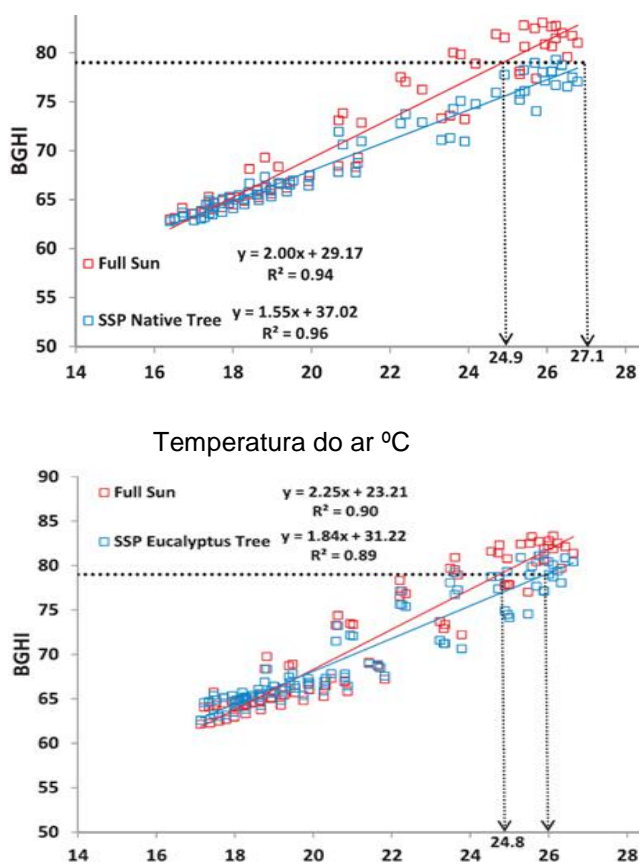
Nesse trabalho, o melhor conforto térmico foi alcançado com a intensidade média de árvores, provavelmente devido à maior umidade no ambiente com alta densidade de árvores, o que dificulta a dissipação de calor. A temperatura vaginal aumentou duas horas depois do aumento da temperatura em globo negro. Portanto, as alterações nos ambientes sombreados nem sempre são acompanhados de melhoria no conforto térmico.

A melhoria do conforto térmico em regiões tropicais tem a função de melhorar o bem-estar animal e maximizar os resultados produtivos. A arborização das pastagens nos sistemas de SSP é uma alternativa para reduzir a temperatura ambiente e o ITU. Dessa forma, os animais criados com maior

conforto apresentam melhores índices reprodutivos, melhor resposta imunológica aos desafios sanitários, maior consumo de alimento, maior ganho de PV e maior eficiência alimentar.

Pezzopane et al. (2019) avaliaram o conforto térmico em um sistema de SSP com árvores nativas com 17 m entre renques e orientação norte-sul, em um sistema de SSP com Eucalipto com 15 m entre renques e orientação leste-oeste e na monocultura de pasto. O número de horas com índice de temperatura em globo negro e umidade (ITGU) acima de 79 (Limite para estresse térmico) foi menor na SSP com árvores nativas (2,9 h) em comparação com a SSP com Eucalipto (4,6 h) (Figura 1) e ao pleno sol (5,2 h). O melhor conforto térmico no sistema com árvores nativas foi associado a orientação de plantio e a morfologia das árvores. O plantio no sentido norte-sul gerou mais áreas de sombra sob as árvores e no meio do renque em comparação ao plantio no sentido leste-oeste.

FIGURA 1. Relação entre temperatura do ar e BGHI na monocultura de pasto (PS) e na SSP com árvore nativa e Eucalipto.



Fonte: Adaptado de PEZZOPANE et al. (2019).

Os autores reforçaram a importância da sombra na melhoria do conforto térmico dos animais e os efeitos que esse conforto pode gerar na produção e no desempenho desses animais. Entretanto, é necessário considerar a redução da produção das forragens, que pode prejudicar o desempenho econômico. Dessa forma, a redução da densidade das árvores com redução do sombreamento é um manejo importante nesses sistemas.

Karvatte-Júnior et al. (2016) avaliaram indicadores de conforto térmico em SSP com Eucalipto com alta densidade (357 árvores/ha), em SSP com Eucalipto com baixa densidade (227 árvores/ha) e em SSP com árvores nativas (5 árvores/ha). Em todos os sistemas o conforto foi melhor na sombra em relação a posição sem sombra, fato que demonstra mudanças microclimáticas benéficas para os animais no ambiente sombreado. O sistema com baixa densidade de Eucalipto e com árvores nativas proveram melhores condições ambientais em relação ao sistema com alta densidade. Essa diferença na SSP com menos árvores foi atribuída a melhor circulação de ventos, as reduções da temperatura do ar, do ITU e da umidade, fatores que melhoram o bem-estar animal. Entretanto, o baixo número de árvores na SSP com árvores nativas pode ser insuficiente para prover sombra para todos animais nesse sistema.

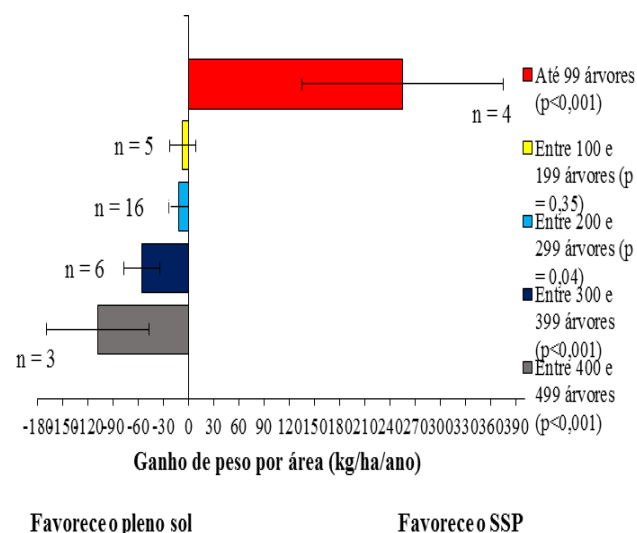
Giro et al. (2019) não encontraram diferença no ITU entre um sistema de SSP e o pleno sol. Porém, o ITU foi maior que 74 (desconforto térmico) apenas em janeiro e março. O ITGU foi menor na área sombreada, principalmente pela manhã. Esse fato pode indicar menor exposição ao estresse térmico, menor ganho de calor exógeno e menor gasto de energia para o processo de termólise. Entretanto, segundo os autores a pouca diferença entre os tratamentos se deve ao arranjo adotado com baixa densidade e a movimentação diária e sazonal do sol que reduziram a formação de sombra concentrada em locais específicos. Outro aspecto relevante citado pelos autores refere-se a maior umidade e a menor velocidade dos ventos em áreas de SSP. Esses fatores juntos podem dificultar a perda de calor do animal para o ambiente.

Recomendações de implementação para

maximizar o desempenho animal

A implementação de SSPs em fazendas comerciais para maximizar o desempenho animal deve se fundamentar em um planejamento do arranjo arbóreo, principalmente a densidade arbórea, o espaçamento entre renques e a orientação de plantio. Em um estudo metanalítico realizado por Oliveira et al. (2022) o desempenho animal foi sumarizado de acordo com esses fatores. Os autores observaram que o ganho de peso por área de bovinos de corte foi maior nos SSPs com até 100 árvores/ha, foi semelhante nos SSPs com 100 a 299 árvores/ha e menor com mais de 300 árvores/ha em comparação com o pleno sol (Figura 2). Esses resultados mostram que quando o objetivo principal dos sistemas é maximizar a produção animal deve-se utilizar até 100 árvores/ha. Esse maior ganho de peso aconteceu devido a maior produção e qualidade da forragem e ao melhor conforto térmico nesses SSPs. As densidades intermediárias entre 100 e 299 árvores/ha embora não tenham aumentado o desempenho animal, também não o reduziu.

FIGURA 2. Ganho de peso por área (kg/ha/ano) em sistemas silvipastoris com *Brachiaria* e Eucalipto de acordo com a densidade arbórea (árvores/ha)

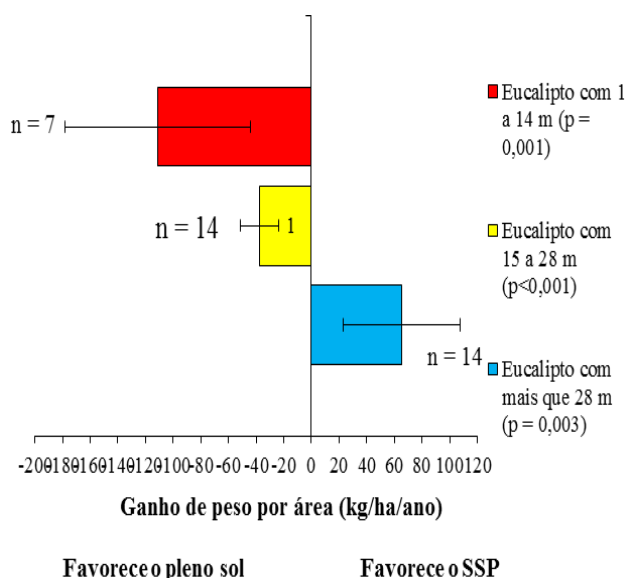


Fonte: Adaptado de OLIVEIRA et al. (2022).

O ganho de peso por área foi menor nos SSPs com 1 a 28 m entre renques, porém foi maior com mais de 28 m entre renques (Figura 3). O plantio no sentido leste-oeste não reduziu o ganho de peso

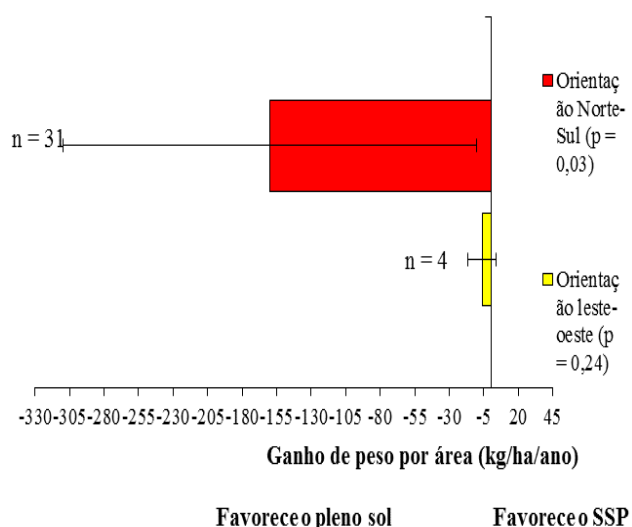
(Figura 4). Esses resultados indicam que a utilização de mais de 28 m entre renques e o plantio no sentido leste-oeste também são recomendações que permitem maximizar o desempenho animal em SSPs.

FIGURA 3. Ganho de peso por área (kg/ha/ano) em sistemas silvipastoris com *Brachiaria* e Eucalipto de acordo com o espaçamento entre renques



Fonte: Adaptado de OLIVEIRA et al. (2022).

FIGURA 4. Ganho de peso por área (kg/ha/ano) em sistemas silvipastoris com *Brachiaria* e Eucalipto de acordo com a orientação de plantio



Fonte: Adaptado de OLIVEIRA et al. (2022).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os sistemas silvipastoris mais comuns no Brasil utili-

zam diferentes espécies de *Brachiaria* e Eucalipto .O sombreamento excessivo pode reduzir a produção do pasto e prejudicar o desempenho animal. Estudos recentes mostram que em sistemas onde se objetiva maximizar o desempenho animal, a implementação dos SSPs com menos de 100 árvores por hectare, com mais de 28 metros entre renques e com o plantio das árvores no sentido leste/oeste são recomendações práticas importantes para privilegiar o desempenho animal nessas áreas.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq pela concessão de bolsa de estudos e à Fapemig pelo auxílio financeiro para execução das pesquisas.

REFERÊNCIAS

GAMARRA, É. L.; MORAIS, M. G.; ALMEIDA, R. G.; PALUDETTO, N. A.; PEREIRA, M.; OLIVEIRA, C. C. Beef cattle production in established integrated systems. *Semina: Ciências Agrárias*, v. 38, n. 5, p. 3241-3251, 2017 .

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

GÓMEZ, S.; GUENNI, O.; GUENNI, B. L. Growth, leaf photosynthesis and canopy light use efficiency under differing irradiance and soil N supplies in the forage grass *Urochloa decumbens* Stapf. *Grass and Forage Science*, v. 68, p. 395-407, 2012.

GUIMARÃES JÚNIOR, R.; OLIVEIRA, A. F.; FERREIRA, I. C.; PEREIRA, L. G. R.; TOMICH, T. R.; MENEZES, G. L.; LANA, Â. M. Q. Methane emissions and milk yields from zebu cows under integrated systems. *Livestock Science*, v. 263, 105038, 2022.

KARVATTE-JÚNIOR, N.; KLOSOWSKI, E. S.; ALMEIDA, R. G.; MESQUITA, E. E.; OLIVEIRA, C. C.; 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, n. 12, p. 1933-1941, 2016.

- LOPES, C. M.; PACIULLO, D. S. C.; ARAÚJO, S. A. C.; GOMIDE, C. D. M.; MORENZ, M. J. F.; VILLELA, S. D. J. Massa de forragem, composição morfológica e valor nutritivo de capim-braquiária submetido a níveis de sombreamento e fertilização. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 69, p. 225-233, 2017.
- MAGALHÃES, C. A. S.; PEDREIRA, B. C.; TONINI, H.; FARIAS NETO, A. L. Crop, livestock and forestry performance assessment under different production systems in the north of Mato Grosso, Brazil. **Agroforest Systems**, v. 93, n. 6, p. 2085-2096, 2018.
- MARTINS, C. F.; FONSECA-NETO, A. M.; BESSLER, H. C.; DODE, M. A. N.; LEME, L. O.; FRANCO, M. M.; MCMANUS, C. M.; MALAQUIAS, J. V.; FERREIRA, I. C. Natural shade from integrated crop–livestock–forestry mitigates environmental heat and increases the quantity and quality of oocytes and embryos produced in vitro by Gyr dairy cows. **Livestock Science**, v. 244, 104341, 2020.
- MOREIRA, E. D. S.; OLIVEIRA, A. F.; DOS SANTOS, C. A.; GONÇALVES, L. C.; VIANA, M. C. M.; MARRIEL, I. E.; LANA, Â. M. Q. Soil carbon stock and biological activity in silvopastoral systems planted with Eucalyptus grandis in a tropical climate. **Soil Research**, v. 60, n. 7, p. 705-718, 2022.
- OLIVEIRA, A. F.; MENEZES, G. L.; GONÇALVES, L. C.; DE ARAÚJO, V. E.; RAMIREZ, M. A.; JÚNIOR, R. G.; LANA, Â. M. Q. Pasture traits and cattle performance in silvopastoral systems with Eucalyptus and Urochloa: Systematic review and meta-analysis. **Livestock Science**, 104973, 2022.
- OLIVEIRA, C. C.; VILLELA, S. D. J.; ALMEIDA, R. G.; ALVES, F. V.; BEHLING-NETO, A.; MARTINS, P. G. M. A. Performance of Nelore heifers, forage mass, and structural and nutritional characteristics of Brachiaria brizantha grass in integrated production systems. **Tropical Animal Health and Production**, v. 46, n. 1, p. 167-172, 2014.
- OLIVEIRA, C. H.; REIS, G. G.; REIS, M. G.; LEITE, H. G.; SOUZA, F. C.; FARIA, R. S.; OLIVEIRA, F. B. Dynamics of eucalypt clones canopy and Brachiaria brizantha production in silvopastoral systems with different spatial arrangements. **Agroforestry Systems**, v. 90, n. 6, p. 1077-1088, 2015.
- PACIULLO, D. S. C.; GOMIDE, C. A. M.; CASTRO, C. R. T. D.; FERNANDES, P. B.; MÜLLER, M. D.; PIRES, M. D. F. Â.; XAVIER, D. F. Características produtivas e nutricionais do pasto em sistema agrossilvipastoril, conforme a distância das árvores. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, p. 1176-1183, 2011.
- PACIULLO, D. S. C.; PIRES, M. F. A.; AROEIRA, L. J. M.; MORENZ, M. J. F.; MAURÍCIO, R. M.; GOMIDE, C. A. M.; SILVEIRA, S. R. Sward characteristics and performance of dairy cows in organic grass–legume pastures shaded by tropical trees. **Animal**, v. 8, n. 8, p. 1264-1271, 2014.
- PEZZOPANE, J. R. M.; NICODEMO, M. L. F.; BOSI, C.; GARCIA, A. R.; LULU, J. Animal thermal comfort indexes in silvopastoral systems with different tree arrangements. **Journal of Thermal Biology**, v. 79, p. 103-111, 2019.
- SANTOS, D. C.; JÚNIOR, R. G.; VILELA, L.; MACIEL, G. A.; DE SOUZA FRANÇA, A. F. Implementation of silvopastoral systems in Brazil with Eucalyptus urograndis and Brachiaria brizantha: productivity of forage and an exploratory test of the animal response. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 266, p. 174-180, 2018.
- SANTOS, D. C.; JÚNIOR, R. G.; VILELA, L.; PULROLNIK, K.; BUFON, V. B.; DE SOUZA FRANÇA, A. F. Forage dry mass accumulation and structural characteristics of Piatã grass in silvopastoral systems in the Brazilian savannah. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 233, p. 16-24, 2016.
- SOUSA, L. F.; MAURÍCIO, R. M.; MOREIRA, G. R.; GONÇALVES, L. C.; BORGES, I.; PEREIRA, L. G. R. Nutritional evaluation of “Braquiário” grass in association with “Aroeira” trees in a silvopastoral system. **Agroforestry Systems**, v. 79, p. 189-199, 2010.
- VIZZOTTO, E. F.; FISCHER, V.; NETO, A. T.; ABREU, A. S.; STUMPF, M. T.; WERNCKE, D.; SCHMIDT, F. A.; MC MANUS, C. M. Access to shade changes behavioral and physiological attributes of dairy cows during the hot season in the subtropics. **Animal**, v. 9, n. 9, p. 1559-1566, 2015.