

## SISTEMA SILVIPASTORIL COM BOVINOS MESTIÇOS EM PASTAGEM DE CAPIM-MARANDU ASSOCIADA A MACAUBEIRAS

SILVOPASTORAL SYSTEM WITH CROSSBRED CATTLE GRAZING ON MARANDU GRASS ASSOCIATED WITH MACAUBA PALMS

SISTEMA SILVOPASTORIL CON GANADO MESTIZO EN PASTIZALES DE MARANDU ASOCIADOS CON PALMERAS DE MACAUBA

João Avelar Magalhães<sup>1</sup>, Francisco José de Seixas Santos<sup>2</sup>, Simone Palma Favaro<sup>3</sup>, Newton de Lucena Costa<sup>4</sup>, Vanderley Porfírio da Silva<sup>5</sup>, Braz Henrique Nunes Rodrigues<sup>6</sup>, Humberto Umbelino de Sousa<sup>7</sup>, Anísio Ferreira Lima Neto<sup>8</sup>

DOI: 10.54899/dcs.v23i90.5455

Recibido: 06/04/2026 | Aceptado: 30/04/2026 | Publicación en línea: 05/05/2026.

### RESUMO

Diante das mudanças climáticas e da pressão social por sustentabilidade, a pecuária brasileira busca integrar desempenho econômico e preservação ambiental. Nesse cenário, os sistemas silvipastoris, que integram na mesma área, de forma planejada, árvores, pastagens e animais, surgem como uma solução estratégica para aumentar a produtividade sem expandir as áreas de cultivo, contribuindo para a redução dos impactos ambientais. Avaliou-se o desempenho produtivo de bovinos mestiços (*Bos taurus* × *Bos indicus*) mantidos em sistemas silvipastoris formados por capim-marandu (*Urochloa brizantha*) associado a palmeiras de macaúba (*Acrocomia aculeata*), estabelecidas em diferentes arranjos espaciais nas condições edafoclimáticas do Semiárido do norte do Piauí. O delineamento experimental adotado foi o inteiramente casualizado, com dois tratamentos (arranjos espaciais) e quatro repetições, representadas pelos animais. Os tratamentos consistiram em: tratamento 1 – bovinos pastejando capim-marandu em associação com macaúba no arranjo espacial de 10 × 5 m; e tratamento 2 – bovinos pastejando capim-marandu em associação com macaúba no arranjo espacial de 10 × 4 ×

<sup>1</sup> Doutor em Zootecnia, Embrapa Meio-Norte, Parnaíba, Piauí, Brasil. E-mail: joao.magalhaes@embrapa.br  
Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-0270-0524>

<sup>2</sup> Doutor em Irrigação e Drenagem, Embrapa Meio-Norte (CPAMN), Parnaíba, Piauí, Brasil.  
E-mail: francisco.seixas@embrapa.br Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-8112-9003>

<sup>3</sup> Doutora em Ciências de Alimentos, Embrapa Agroenergia, Brasília, Distrito Federal, Brasil.  
E-mail: simone.favaro@embrapa.br Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-3264-8894>

<sup>4</sup> Doutor em Agronomia, Embrapa Roraima, Boa Vista, Roraima, Brasil. E-mail: newton.lucena-costa@embrapa.br  
Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-6853-3271>

<sup>5</sup> Doutor em Agronomia, Embrapa Florestas, Colombo, Paraná, Brasil. E-mail: vanderley.porfirio@embrapa.br  
Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-7910-3680>

<sup>6</sup> Doutor em Irrigação e Drenagem, Embrapa Meio-Norte, Parnaíba, Piauí, Brasil.  
E-mail: braz.rodrigues@embrapa.br Orcid: <https://orcid.org/0000-000-0094-6333>

<sup>7</sup> Doutor em Fitotecnia, Embrapa Meio-Norte, Teresina, Piauí, Brasil. E-mail: humberto.sousa@embrapa.br  
Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-4853-774X>

<sup>8</sup> Doutor em Zootecnia, Embrapa Meio-Norte, Teresina, Piauí, Brasil. E-mail: anisio.lima@embrapa.br

4 m. O sistema silvipastoril no arranjo de  $10 \times 5$  m apresentou equilíbrio satisfatório entre oferta de forragem, relação folha:colmo e qualidade nutricional, resultando em maior desempenho animal e maior produtividade por área.

**Palavras-chave:** *Acrocomia Aculeata*. *Bos Taurus*  $\times$  *Bos Indicus*. Semiárido. *Urochloa*

### ABSTRACT

In the face of climate change and social pressure for sustainability, Brazilian livestock production seeks to integrate economic performance with environmental preservation. In this context, silvopastoral systems, planned integrations of trees, pastures, and animals within the same area, emerge as a strategic solution to increase productivity without expanding cultivated land, thereby reducing environmental impacts. The productive performance of crossbred cattle (*Bos taurus*  $\times$  *Bos indicus*) maintained in silvopastoral systems composed of marandu grass (*Urochloa brizantha*) associated with macaúba palms (*Acrocomia aculeata*), established under different spatial arrangements in the edaphoclimatic conditions of the Semi-arid region of northern Piauí, was evaluated. A completely randomized design was adopted, with two treatments (spatial arrangements) and four replications, represented by the animals. The treatments consisted of: Treatment 1 – cattle grazing marandu grass associated with macaúba palms in a  $10 \times 5$  m spatial arrangement; and Treatment 2 – cattle grazing marandu grass associated with macaúba palms in a  $10 \times 4 \times 4$  m spatial arrangement.

**Keywords:** *Acrocomia Aculeata*. *Bos Taurus*  $\times$  *Bos Indicus*. Semiárido. *Urochloa*.

### RESUMEN

Ante el cambio climático y la presión social por la sostenibilidad, la ganadería brasileña busca integrar el desempeño económico con la preservación ambiental. En este escenario, los sistemas silvopastoriles, que integran de manera planificada árboles, pasturas y animales en una misma área, surgen como una solución estratégica para aumentar la productividad sin expandir las áreas de cultivo, contribuyendo así a la reducción de los impactos ambientales. Se evaluó el desempeño productivo de bovinos mestizos (*Bos taurus*  $\times$  *Bos indicus*) mantenidos en sistemas silvopastoriles formados por pasto marandú (*Urochloa brizantha*) asociado a palmeras de macaúba (*Acrocomia aculeata*), establecidas en diferentes arreglos espaciales bajo las condiciones edafoclimáticas del Semiárido del norte de Piauí. Se adoptó un diseño completamente al azar, con dos tratamientos (arreglos espaciales) y cuatro repeticiones, representadas por los animales. Los tratamientos consistieron en: Tratamiento 1 – bovinos pastando pasto marandú asociado con macaúba en el arreglo espacial de  $10 \times 5$  m; y Tratamiento 2 – bovinos pastando pasto marandú asociado con macaúba en el arreglo espacial de  $10 \times 4 \times 4$  m. El sistema silvipastoril con el arreglo de  $10 \times 5$  m presentó un equilibrio satisfactorio entre oferta de forraje, relación hoja:tallo y calidad nutricional, lo que resultó en un mayor desempeño animal y mayor productividad por área.

**Palabras clave:** *Acrocomia Aculeata*. *Bos Taurus*  $\times$  *Bos Indicus*. Semiárido. *Urochloa*.



Esta obra está bajo una [Licencia Creative Commons Atribución- NoComercial 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)

## INTRODUÇÃO

No início do século XIX, a população mundial alcançou aproximadamente um bilhão de habitantes. Cerca de 150 anos mais tarde, esse contingente populacional havia aumentado para cerca de 2,5 bilhões. Apesar da expressiva redução das taxas de fecundidade observada em diversas regiões do mundo, a população global atualmente é de cerca de 8,2 bilhões de pessoas. Projeções da Organização das Nações Unidas (ONU) indicam que esse número deverá atingir aproximadamente 9,7 bilhões em 2050, alcançando um pico estimado de 10,3 bilhões em meados da década de 2080 (United Nations, 2022; Worldometer, 2025). Esse avanço demográfico impõe desafios crescentes aos sistemas agroalimentares (Wilson & Lovell, 2016), cuja demanda por alimentos poderá aumentar até 70% nas próximas décadas (Lemes *et al.*, 2021). Assim, a agropecuária assume papel estratégico para a segurança alimentar, conservação dos recursos naturais e mitigação dos impactos ambientais (Ochante-Ramos *et al.*, 2023).

Historicamente, a ampliação das áreas agrícolas foi a principal resposta ao aumento da demanda global por alimentos (Sicsú & Lima, 2000; Sy *et al.*, 2015; Saath & Fachinello, 2018; Feltran-Barbieri & Féres, 2021; Dangles & Struelens, 2023). Entretanto, essa estratégia de expansão territorial resultou em impactos ambientais expressivos, como a perda de carbono nos solos, a redução da biodiversidade e o aumento das emissões de gases de efeito estufa (Grassini *et al.*, 2013; Sy *et al.*, 2015; Feltran-Barbieri & Féres, 2021; Li *et al.*, 2021). O agravamento das mudanças climáticas, evidenciado pelos recordes de temperatura registrados em 2024 (National Geographic Brasil, 2025), reforça a necessidade de implementar práticas agrícolas sustentáveis capazes de intensificar a produção sem a necessidade de expansão da fronteira agrícola e, simultaneamente, mitigar os impactos ambientais associados ao uso da terra.

Diante desse contexto, a pecuária apresenta expressiva relevância econômica, ao mesmo tempo que enfrenta importantes desafios ambientais, sobretudo em função das emissões de metano associadas à fermentação entérica de ruminantes (Wilson, 1996; Landholm *et al.*, 2019; Józwiak *et al.*, 2023; Taulescu *et al.*, 2024). O metano (CH<sub>4</sub>) é um gás de efeito estufa (GEE) produzido e liberado em grandes quantidades para a atmosfera pelos ruminantes, principalmente por meio da eructação. A fermentação entérica é reconhecida como uma das principais fontes biológicas de metano, sendo responsável por mais de 30% das emissões antropogênicas globais desse gás. Assim, o CH<sub>4</sub> entérico contribui significativamente para as emissões globais de GEE provenientes da pecuária (Eugène *et al.*, 2019; Ku-Vera *et al.*, 2020; Binsulong *et al.*, 2023;

Nugrahaeningtyas *et al.*, 2024)

Aproximadamente um terço das terras do planeta é ocupado pela pecuária (O'Mara; 2012; Broom *et al.*, 2013). Nesse contexto, a relevância da América Latina é notável, uma vez que a região concentra cerca de 24% do rebanho bovino mundial (Abramovay *et al.*, 2025). No Brasil, essa representatividade é ainda mais expressiva: o país, maior produtor de carne bovina do mundo, também detém o maior rebanho comercial, totalizando 238,6 milhões de cabeças distribuídas em 177 milhões de hectares de pastagens, dos quais 109,7 milhões correspondem a áreas cultivadas (Bolfe *et al.*, 2024; Reuters, 2026). Mais de 80% desses animais dependem diretamente das pastagens, o que reforça o protagonismo brasileiro nas exportações de carne bovina, que alcançaram 2,28 milhões de toneladas em 2024 (Rezende, 2025). Apesar desse desempenho, persistem desafios estruturais relevantes, como a degradação de aproximadamente 28 milhões de hectares de pastagens e a histórica associação entre desmatamento, queimadas e pecuária (Kohler *et al.*, 2021; Oliveira *et al.*, 2022).

Nesse cenário, a sustentabilidade tornou-se o eixo central do desenvolvimento agropecuário contemporâneo, demandando modelos produtivos comprometidos com o uso responsável dos recursos naturais. Essa conjuntura reflete uma pressão global por sistemas que harmonizem a produtividade econômica com a preservação ambiental e a justiça social (Hurtado Montenegro *et al.*, 2024; Antonio-Medina *et al.*, 2025; Santos *et al.*, 2025). Sob essa ótica, a adoção de sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF) representa um avanço na intensificação sustentável, com especial destaque para os sistemas silvipastoris (SSPs). A sinergia entre o componente arbóreo, a pastagem e o gado em uma mesma unidade de área promovem não apenas a diversificação produtiva, mas também ganhos ambientais e sociais significativos (Bueno *et al.*, 2012; Andrade *et al.*, 2018; Taulescu *et al.*, 2024; Ghaffariyan, 2025)

Entre suas principais contribuições; destacam-se a otimização da ocupação do solo, a recuperação de áreas degradadas, o aumento do sequestro de carbono, a melhoria das condições microclimáticas e a mitigação do estresse térmico dos animais (Silva, 2010; Alonso, 2011; Buitrago-Guillen *et al.*, 2018; Lemes *et al.*, 2021; Trejo-Arista *et al.*, 2023). Resultados científicos também indicam desempenho zootécnico satisfatório de pequenos e grandes ruminantes manejados em SSPs, reforçando seu potencial como alternativa produtiva e ambientalmente resiliente (Magalhães *et al.*, 2001; Garcia *et al.*, 2009; Magalhães *et al.*, 2011a; Frota, 2017; Aguilar Pérez *et al.*, 2019; Galloso-Hernández *et al.*, 2021; Magalhães *et al.*, 2025). Além disso, foi relatado que bovinos criados em SSPs podem emitir até 45% menos metano por

quilograma de carne produzida, em comparação a sistemas convencionais (Cisneros-Saguilán *et al.*, 2024).

Por sua natureza, os SSPs configuram-se como intrinsecamente multidisciplinares, integrando conhecimentos da biologia, da silvicultura, da agronomia e da zootecnia, voltados ao manejo articulado dos componentes edáficos, arbóreos, forrageiros e animais (Franke & Furtado, 2001; Castro & Paciullo, 2006; Oliveira *et al.*, 2012; Álvarez *et al.*, 2021, Guimarães, 2023). A eficiência funcional desses sistemas depende, sobretudo, da adequada seleção e combinação das espécies florestais e forrageiras, uma vez que a interação entre seus componentes define o equilíbrio produtivo do sistema. Nesse sentido, as espécies arbóreas devem apresentar copas mais permeáveis à luz, de modo que minimizem os efeitos adversos do sombreamento sobre gramíneas do tipo C4, as quais têm elevada exigência luminosa (Bernardino & Garcia, 2010; Costa *et al.*, 2012; Andrade *et al.*, 2018).

Nesse contexto, a radiação solar constitui, após a disponibilidade hídrica, o principal fator regulador da produção forrageira, por influenciar diretamente os processos fotossintéticos e o acúmulo de biomassa vegetal (Montard *et al.*, 1999; Sánchez & Daumás, 2003; Del Pozo, 2002; Santos *et al.*, 2020; Tonini *et al.*, 2024). Assim, a interceptação luminosa promovida pelo componente florestal altera a dinâmica fotossintética e a produtividade das forrageiras, dependendo, em grande parte, da capacidade das espécies de se adaptar às condições de sombreamento impostas pelo dossel arbóreo (Rozados-Lorenzo *et al.*, 2007; Costa *et al.*, 2018; Santos *et al.*, 2020; Silveira *et al.*, 2022).

Em arranjos com menor densidade arbórea ou com copas mais abertas, a produtividade forrageira pode, inclusive, superar aquela observada em sistemas convencionais a pleno sol, em função da melhoria das condições microclimáticas e da redução do estresse térmico sobre as plantas (Favare *et al.*, 2018). Contudo, quando o nível de sombreamento excede os limites fisiológicos de tolerância das gramíneas C<sub>4</sub>, altamente dependentes de radiação solar, ocorre redução acentuada da produção de matéria seca, comprometendo a oferta de forragem e o desempenho animal (Costa, 2004; Monteiro *et al.*, 2024). Embora algumas gramíneas forrageiras sejam capazes de manter até 75% da produtividade em condições moderadas de sombreamento (Pillai *et al.*, 1980; Costa *et al.*, 2006), situações de adensamento excessivo do componente arbóreo tendem a limitar severamente o crescimento forrageiro.

A densidade das árvores e a competição interespecífica por luz, água, nutrientes e espaço configuram-se como fatores determinantes da capacidade produtiva dos SSPs (Lana *et al.*, 2016;

Ripamonti *et al.*, 2025). Além disso, o espaçamento de plantio exerce papel decisivo não apenas sobre a interceptação luminosa sobre a produtividade forrageira, mas também sobre os rendimentos operacionais e sobre os custos de implantação e manutenção do sistema (Behling & Wruck, 2023). O espaçamento adequado contribui para facilitar o manejo das áreas cultivadas, ao proporcionar maior acessibilidade para máquinas e mão de obra, reduzir a frequência de intervenções silviculturais e ampliar a eficiência no uso do tempo e dos recursos. Desse modo, torna-se evidente que a configuração estrutural do componente arbóreo define simultaneamente as condições de luminosidade, o microambiente e a logística de manejo, constituindo um elemento central na tomada de decisão (Andrade *et al.*, 2018; Lima & Gama, 2018; Magalhães *et al.*, 2025).

Diversas espécies florestais têm sido empregadas em sistemas integrados, destacando-se eucaliptos, pinus, mogno-africano, além de espécies agroindustriais como o coqueiro e a seringueira (Carvalho *et al.*, 2001; Magalhães *et al.* 2011b; Díaz *et al.*, 2025). Nesse enfoque, a macaúba (*Acrocomia aculeata*), palmeira nativa de ampla distribuição do México à Argentina, caracteriza-se por atributos morfológicos particularmente favoráveis à integração silvipastoril (Dias *et al.*, 2011; Viana *et al.*, 2011; Hernández Zardón, 2016; Colombo *et al.*, 2018; Pimentel *et al.*, 2022; Magalhães *et al.*, 2023). Sua copa pouco densa permite elevada passagem de luz até o nível do solo (Febles & Ruiz, 2008). Adicionalmente, a estrutura anatômica singular das Arecaceae favorece o escoamento vertical eficiente da água pluvial ao longo do estipe, o que contribui para a redistribuição hídrica no solo e para a regulação do microclima sob o dossel (Dias *et al.*, 2011).

A escolha das gramíneas também é determinante, especialmente devido às modificações microambientais impostas pelo sombreamento (Soares *et al.*, 2016; Varella *et al.*, 2019; Ripamonti *et al.*, 2025). Entre as espécies mais recomendadas, destaca-se a *Urochloa brizantha*, com cultivares como Marandu, Xaraés, Piatã e Paiaguás, amplamente utilizadas em SSPs e boa tolerância à luminosidade reduzida (Matos, 2014; Salles *et al.*, 2014; Magalhães *et al.*, 2023; Brunetti *et al.*, 2025).

Neste trabalho, avaliou-se o desempenho produtivo de bovinos mestiços (*Bos taurus* × *Bos indicus*) em SSPs compostos por capim-marandu e macaúba, em diferentes arranjos espaciais, nas condições edafoclimáticas do Semiárido do norte do Piauí.

## MATERIAL E MÉTODOS

Este estudo foi submetido à apreciação da Comissão de Ética no Uso de Animais (CEUA) da Embrapa Meio-Norte, tendo recebido o protocolo nº 001/2025.

O experimento ocorreu na área experimental da Unidade de Execução de Pesquisa de Parnaíba (UEP) (3°05'19,1"S, 41°47'15,1"W; e altitude de 46,8 m), vinculada à Embrapa Meio-Norte, localizada no município de Parnaíba, Piauí, em área classificada como semiárida, conforme preconiza a Resolução CONDEL/SUDENE nº 150/2021 (Sudene, 2021). Conforme Thornthwaite e Mather, o clima regional é C<sub>1</sub>dA'a', caracterizado como subúmido seco, megatérmico, com pequeno excedente hídrico e uma concentração de 29,7% da evapotranspiração potencial no trimestre outubro, novembro e dezembro. Historicamente, a precipitação média anual registrada entre 1978 e 2019 é de 1.019,2 mm. Em 2025, a precipitação de janeiro a julho observada foi de 623,2 mm.

O solo da área experimental pertence à classe de Latossolo Amarelo Distrófico, de textura média, fase caatinga litorânea e relevo plano e suave ondulado (Melo *et al.*, 2004). O solo da área experimental, na profundidade de 0–20 cm, apresentou as seguintes características químicas: pH em água = 6,10; pH em CaCl = 5,10; MO = 1,45%; P = 24,70 mg/dm<sup>3</sup>; K = 0,06 cmol<sub>c</sub>/dm<sup>3</sup>; Ca = 0,82 cmol<sub>c</sub>/dm<sup>3</sup>; Mg = 0,23 cmol<sub>c</sub>/dm<sup>3</sup>; Al = 0,03 cmol<sub>c</sub>/dm<sup>3</sup>; H+Al = 1,53 cmol<sub>c</sub>/dm<sup>3</sup>; soma de bases (SB) = 1,20 cmol<sub>c</sub>/dm<sup>3</sup>; capacidade de troca catiônica (CTC) = 2,72 cmol<sub>c</sub>/dm<sup>3</sup>; saturação por bases (V) = 44,00%; saturação por alumínio (m) = 0,00%; Cu = 0,50 mg/dm<sup>3</sup>; Fe = 36,50 mg/dm<sup>3</sup>; Mn = 0,55 mg/dm<sup>3</sup>; e Zn = 6,70 mg/dm<sup>3</sup>.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com dois tratamentos e quatro repetições (representadas pelos animais). Os tratamentos avaliados foram: tratamento 1 - bovinos pastejando capim-marandu em associação à macaúba cultivada em fileiras simples com espaçamento de 10 x 5 m; e tratamento 2 - bovinos pastejando capim-marandu em associação com macaúba cultivada em fileira dupla com espaçamento de 10 x 4 x 4 m.

A semeadura do capim-marandu foi realizada com mudas, em fileiras espaçadas de 0,7 m, associadas à macaúba conforme os tratamentos. Durante o estabelecimento do capim-marandu, foram aplicados 120 kg/ha de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> na forma de superfosfato simples e 60 kg/ha de K<sub>2</sub>O na forma de cloreto de potássio, dos quais 30 kg aplicados no plantio e os outros 30 kg após 30 dias. Em todos os ciclos de pastejo, utilizaram-se 134,26 kg/ha de ureia, correspondendo a 60,42 kg/ha de nitrogênio (N). No primeiro ciclo, foram aplicados 10 kg/ha de sulfato de magnésio,

enquanto nos ciclos seguintes a dose foi reduzida para 3,33 kg/ha, mantendo-se inalterada a concentração de 9% de magnésio (Mg). A adubação nitrogenada e a suplementação com magnésio são práticas fundamentais para manter a produtividade e o desenvolvimento das forrageiras, permitindo maior intensificação do uso das pastagens e aumento da taxa de lotação animal.

A avaliação do desempenho dos bovinos ocorreu de fevereiro a julho de 2025. Foram utilizados bovinos mestiços (*Bos taurus* x *Bos indicus*), com peso médio inicial de 235,6 kg. Os animais foram distribuídos aleatoriamente em duas áreas de pastagens de 0,75 ha cada, divididas em cinco piquetes de 0,15 ha, conforme os dois arranjos espaciais das macaubeiras.

No início do experimento, as árvores de macaúba apresentavam aproximadamente 8 anos de idade. No tratamento 1, tinham altura média de 6,6 m e densidade de 93 árvores por hectare; no tratamento 2, altura média de 8,18 m e densidade de 198 árvores por hectare. Essas informações são importantes para caracterizar as condições estruturais das macaubeiras no sistema silvipastoril em que o pastejo foi conduzido.

O sistema de pastejo adotado foi lotação rotacionada, com duração total de 112 dias, distribuídos em cinco ciclos sucessivos: 26 de fevereiro a 26 de março, 27 de março a 15 de abril, 30 de abril a 26 de maio, 3 de junho a 27 de junho e 28 de junho a 8 de julho de 2025. No início do experimento, quando os bovinos tiveram acesso aos piquetes, a pastagem apresentava altura média de  $127,78 \pm 5,86$  cm, em decorrência do prolongado período de descanso pré-experimental. Durante a condução do estudo, a retirada dos animais dos piquetes foi realizada quando a pastagem atingiu, por avaliação visual, o limite mínimo de área foliar residual necessário ao restabelecimento fisiológico das plantas, garantindo condições adequadas à rebrota (Costa *et al.*, 2012; Vásquez & Giraldo, 2015). Ressalta-se que, durante o período experimental, os animais receberam suplementação mineral à vontade.

O desempenho animal foi avaliado por meio dos pesos inicial e final, ganho médio diário (GMD), expresso em quilograma por animal por dia (kg/animal/dia), ganho total por animal e produtividade por hectare. As pesagens foram realizadas após jejum de 16 a 18 horas.

A avaliação da disponibilidade de forragem foi realizada no início e no final do experimento por meio de cortes mecânicos a 20 cm do solo. As amostras de material verde coletadas na área experimental foram conduzidas ao Laboratório de Análise Física e Química de Alimentos da Embrapa Meio-Norte, localizado em Parnaíba. No laboratório, o material foi pesado e subamostras retiradas para análise subsequente e submetidas à secagem em estufa com

circulação forçada de ar a 65 °C até atingirem peso constante. Com base nos dados obtidos, estimou-se a produção de matéria seca (MS) (Reyes *et al.*, 2017).

A determinação da proteína bruta (PB) foi realizada pelo método de Kjeldahl, fundamentado na quantificação do teor de nitrogênio (N) presente nos compostos orgânicos da amostra, conforme descrito por Silva & Queiroz (2002). Como a maioria das proteínas contém cerca de 16% de nitrogênio em sua estrutura, o valor de PB é calculado multiplicando-se o teor de N pelo fator 6,25. Desenvolvido por Johan Gustav Christoffer Thorsager Kjeldahl em 1883, esse método envolve três etapas principais: digestão da amostra em ácido sulfúrico, separação do nitrogênio por destilação por arraste de vapor e sua quantificação por volumetria. Posteriormente, utiliza-se o fator de conversão que transforma a quantidade de nitrogênio presente nos compostos orgânicos em equivalente de PB (Sáez-Plaza *et al.*, 2019).

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

As médias de disponibilidade de forragem no início e no final do experimento encontram-se apresentadas na Tabela 1. No início da avaliação, o capim-marandu acumulou 7,86 t/ha de MS no tratamento 1 (espaçamento 10 × 5 m) e 6,29 t/ha no tratamento 2 (10 × 4 × 4 m). Embora essa diferença não tenha sido estatisticamente significativa ( $p > 0,05$ ), a variação aproximada de 20% entre os arranjos sugere que a disposição espacial das árvores pode ter influenciado a produção inicial de biomassa, mesmo antes do início do pastejo. A caracterização arbórea da área experimental corrobora essa interpretação. O tratamento 1 apresentava 93 macaubeiras, com altura média de 6,6 m, enquanto o tratamento 2 continha 198 exemplares, com altura média de 8,18 m. Essa configuração estrutural do tratamento 2 resultou em maior intensidade de sombreamento, maior interceptação da radiação incidente e formação de um sub-bosque mais fechado no arranjo mais adensado. A literatura indica que a radiação fotossinteticamente ativa transmitida (RFAT) ao nível do sub-bosque tende a diminuir, à medida que aumenta a cobertura do dossel, variando conforme o tipo de cobertura (arbórea ou arbustiva), a espécie e a idade do povoamento (Fassola *et al.*, 2005; Castaño *et al.*, 2013; Giraldo Montoya *et al.*, 2021).

Destaca-se ainda que mesmo diferenças relativamente pequenas na altura das árvores podem intensificar a competição por luz. Isso ocorre em função da relação direta entre o incremento no porte, a expansão volumétrica da copa e o aumento da área projetada de sombra, resultando em maior restrição luminosa ao estrato herbáceo (Mendonça *et al.*, 2017; Vargas-

Silva, 2019). Esses fatores estruturais ajudam a explicar a menor disponibilidade inicial de forragem observada no arranjo mais denso.

A diferença entre os arranjos está associada aos mecanismos pelos quais o adensamento e o porte das macaubeiras modulam os fluxos de luz, água e nutrientes no sub-bosque (Bernardino & Garcia, 2010; Bueno, 2012). No arranjo mais denso, a maior interceptação da radiação fotossinteticamente ativa reduz a quantidade de luz recebida pelo capim-marandu e altera sua qualidade espectral, sobretudo pela diminuição da razão vermelho:vermelho-distante (R:FR) (Zanine & Santos, 2004; Almeida *et al.*, 2019; Santos *et al.*, 2020).

Essa alteração no ambiente luminoso desencadeia respostas morfofisiológicas típicas de gramíneas em baixa disponibilidade de luz, como alongamento do colmo, redução da taxa de emissão de novas folhas, menor taxa fotossintética por unidade de área foliar e mudanças do padrão de expansão do dossel (Sánchez & Daumás, 2003; Bernardino & Garcia, 2010; Rodrigues *et al.*, 2014; Soares *et al.*, 2016; Anjos & Chaves, 2021; Santos Neto, 2021; Ramírez-Contreras *et al.*, 2020; Magalhaes *et al.*, 2023; Wendling *et al.*, 2024; Silva *et al.*, 2025). Como consequência, uma proporção maior dos fotoassimilados passa a ser direcionada à busca por luz, em detrimento da formação de folhas jovens fotossinteticamente ativas, limitando o acúmulo de biomassa (Costa *et al.*, 2012; Simioni *et al.*, 2014; Pimentel *et al.*, 2016; Modesto, 2022).

Além das restrições impostas pelas alterações no regime de luz, a dinâmica radicular das macaubeiras exerce papel relevante na competição por recursos edáficos em ambientes mais arborizados. Por se tratar de uma palmeira, a macaubeira apresenta sistema radicular fasciculado, composto por numerosas raízes adventícias originadas na base do caule, com elevada capacidade de ramificação e ocupação das camadas superficiais do solo (Dias *et al.*, 2011). Em arranjos mais adensados, a expansão lateral das raízes arbóreas intensifica a sobreposição entre as zonas de exploração radicular das árvores e das gramíneas. Esse fenômeno amplia a competição por água e nutrientes, especialmente nos horizontes superficiais do solo, onde se concentra a maior parte do sistema radicular das gramíneas (Casper & Jackson, 1997; Dias-Filho, 2006; Casanova *et al.*, 2007).

De outro lado, o espaçamento  $10 \times 5$  m proporcionou um ambiente de sombreamento moderado, com maior penetração de luz difusa no sub-bosque. A luz difusa favorece uma distribuição mais uniforme da radiação entre os estratos do dossel, reduz o auto-sombreamento entre folhas e melhora a eficiência no uso da luz, condição particularmente vantajosa para gramíneas  $C_4$  em ambientes tropicais. Como resultado, observa-se maior acúmulo de matéria seca

(Healey *et al.*, 1998; Bernardino & Garcia, 2010; Ramírez-Contreras *et al.*, 2020; Wendling *et al.*, 2024).

Assim, mesmo na ausência de diferença estatística significativa, a interpretação integrada dos aspectos estruturais e fisiológicos sugere que o tratamento 1 ofereceu condições mais favoráveis ao crescimento do capim-marandu. Em sistemas SSPs com espécies arbóreas, a disponibilidade de radiação fotossinteticamente ativa no sub-bosque desempenha papel determinante na produção de biomassa da vegetação herbácea, sendo fortemente influenciada pela arquitetura do dossel e pelo espaçamento entre árvores (Jose *et al.*, 2019).

A elevada disponibilidade inicial de forragem observada em ambos os arranjos também pode ser atribuída ao longo período de descanso da pastagem, que permitiu ao dossel acumular expressiva biomassa aérea. No entanto, no arranjo mais denso, a competição por luz, água e nutrientes pode ter restringido parcialmente esse crescimento. Já no espaçamento  $10 \times 5$  m, o sombreamento moderado favoreceu interceptação luminosa mais equilibrada, contribuindo para maior acúmulo de MS, ainda que sem diferença estatística entre os tratamentos.

Tabela 1. Disponibilidade de forragem (t/ha de MS) do capim-marandu, pastejado por bovinos mestiços (*Bos taurus* x *Bos indicus*) em sistema silvipastoril com macaúba, cultivados em dois arranjos espaciais. Parnaíba, PI, 2025.

Variável	Arranjo espacial		CV (%)
	T1 (10 x 5 m)	T1 (10 x 4 x 4 m)	
Disponibilidade forragem inicial (t/ha)	7,86 a	6,29 a	30,17
Disponibilidade forragem final (t/ha)	4,30 a	3,80 a	20,01

Médias seguidas da mesma letra nas linhas não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

T = Tratamento; CV = Coeficiente de variação; MS = Matéria seca.

Fonte: Dados da pesquisa.

Em relação à disponibilidade final de forragem (Tabela 1), não foram observadas diferenças estatisticamente significativas entre os tratamentos avaliados. Esse resultado indica que o capim-marandu manteve sua capacidade produtiva mesmo em pastejo por bovinos mestiços, independentemente das distintas intensidades de luz proporcionadas pelos arranjos espaciais das macaubeiras ( $10 \times 5$  m e  $10 \times 4 \times 4$  m). Tal comportamento evidencia a resiliência da espécie em frente ao sombreamento e à competição por recursos, aspecto também relatado por Magalhães *et al.* (2025) em SSP semelhante, conduzido em pastagens de capim-marandu associadas a cajueiros-anões cultivados em dois arranjos espaciais ( $7,0 \times 3,5$  m e  $7,0 \times 7,0$  m), nas mesmas condições edafoclimáticas.

Do ponto de vista ecofisiológico, o pastejo promove uma redução abrupta da área

fotossinteticamente ativa e dos estoques de carboidratos não estruturais (CNE), comprometendo temporariamente o balanço de carbono e a capacidade de sustentação metabólica da planta (Costa, 2004; Sbrissia *et al.*, 2007; Costa *et al.*, 2009; Simioni *et al.*, 2014). De acordo com Del Pozo (2002), a diminuição da área foliar remanescente após a desfolha reduz a taxa de assimilação líquida de CO<sub>2</sub> e limita a produção de fotoassimilados, afetando diretamente a expansão foliar, o alongamento de colmos e o crescimento radicular subsequente. Nesse estágio inicial pós-pastejo, a rebrota passa a depender majoritariamente da mobilização de CNE armazenados em colmos basais, estolões e rizomas, os quais sustentam a respiração de manutenção, a síntese de novos tecidos e a retomada da atividade meristemática até que a capacidade fotossintética do dossel seja restabelecida (Costa, 2004; Silva *et al.*, 2015). Contudo, a velocidade de recuperação do dossel é severamente influenciada pelo índice de área foliar (IAF) remanescente, que determina quão rápido a planta deixará de ser dependente de reservas para se tornar autossuficiente novamente (Silva *et al.*, 2015; Guo & Chen (2024).

É importante considerar que, em SSPs, a interceptação de radiação pelo componente arbóreo modifica profundamente o microambiente luminoso do sub-bosque, reduzindo a radiação incidente e alterando a qualidade espectral da luz, com aumento da fração difusa e mudanças na razão vermelho:vermelho-distante (R:FR). Essas alterações limitam a taxa fotossintética do dossel forrageiro e intensificam a dependência das reservas estruturais durante a fase de rebrota. Em tais condições, desfolhações severas ampliam o déficit de carbono, elevam a demanda por CNE para a recomposição da área foliar e podem comprometer o vigor, a velocidade de rebrota e a persistência do capim-marandu, especialmente em ambientes submetidos a níveis elevados de sombreamento (Cruz *et al.*, 2021; Vendramini *et al.*, 2023).

De outro lado, o pastejo também pode trazer benefícios ao aumentar a penetração de luz no dossel, favorecendo maior proporção de folhas novas mais ativas fotossinteticamente. Ao mesmo tempo, a remoção de folhas senescentes contribui para reduzir o sombreamento interno e estimula a ativação de meristemas dormentes na base do caule e dos rizomas (Nabinger & Pontes, 2001; Viana *et al.*, 2007; Costa *et al.*, 2009). Nesse contexto, a remoção ou não dos meristemas apicais, bem como a quantidade de área foliar residual deixada após a desfolha, constitui princípios fundamentais que governam a capacidade de rebrotação das plantas. Quando os meristemas apicais permanecem ativos, a elevada disponibilidade de carboidratos pode favorecer o aumento da taxa de rebrotação (Garcia & Queiroz, 2012). A ativação dos meristemas axilares e a expansão de folhas jovens passam, então, a compensar parcialmente as perdas de área foliar,

promovendo a renovação do dossel, reduzindo o autossombreamento e criando condições mais favoráveis à fotossíntese em gramíneas C4, como o capim-marandu (Costa, 2004). Em consonância com esse processo, verifica-se maior aparecimento de perfilhos jovens e maior eficiência na restauração da área foliar, aspectos relatados para gramíneas tropicais submetidas ao pastejo (Silva *et al.*, 2015). Além disso, frequências elevadas de desfolha têm sido associadas à redução da massa de raízes e rizomas, indicando comprometimento do sistema radicular em manejos intensos (Vendramini *et al.*, 2023). Contudo, tais benefícios são mais evidentes em pastejo moderado e com períodos adequados de descanso; em situações de sobrepastejo ou alta frequência de desfolha, os custos fisiológicos podem superar os ganhos, comprometendo a persistência e o vigor das plantas.

A arquitetura das macaubeiras, caracterizada por estipe único, folhas longas e sistema radicular superficial, contribui para a interceptação e redistribuição da água pluvial. De acordo com Corrêa *et al.* (2016), a macaúba apresenta forte correlação entre a chuva interceptada e o escoamento pelo tronco, e sua morfologia foliar favorece a condução de água para a base da planta. Estudos com outras palmeiras, como *Euterpe edulis* (Lorenzon *et al.*, 2015) e dendê (*Elaeis guineensis*) (Slamet *et al.*, 2015), também mostram que a estrutura da copa permite o escoamento pelo tronco, contribuindo para a redistribuição hídrica no solo.

A interação entre essa redistribuição hídrica, a adubação mineral, o aporte de nutrientes via excretas animais e o aporte de liteira do pasto e das palmeiras resultou em condições edáficas mais estáveis, com maior retenção de umidade e menor amplitude térmica, favorecendo a produção de MS. Assim, os diferentes arranjos espaciais (simples e duplos), mesmo em pastejo, mantiveram níveis semelhantes de produtividade (Costa *et al.*, 2007; Oliveira *et al.*, 2022; Magalhães *et al.*, 2023).

Por fim, a determinação da produção de MS permanece como indicador-chave da adaptação do capim-marandu ao sombreamento, visto que a produtividade depende diretamente da conversão da energia solar em biomassa via fotossíntese. Fatores como luz, umidade do solo, nutrientes, concentração de CO<sub>2</sub> atmosférico e capacidade fotossintética das folhas são determinantes nesse processo (Gomide, 1994; Souza *et al.*, 2020).

A Tabela 2 apresenta as médias da relação folha:colmo (F:C) do capim-marandu, pastejado por bovinos mestiços (*Bos taurus* × *Bos indicus*) em SSPs com macaúba em dois arranjos espaciais. Na fase inicial, anterior ao pastejo, não foram detectadas diferenças estatísticas significativas ( $p > 0,05$ ) entre o tratamento 1 (10 × 5 m) e o tratamento 2 (10 × 4 × 4 m), com

relações F:C médias de 0,87 e 0,92, respectivamente. Ainda assim, o tratamento 2 apresentava F:C ligeiramente superior, decorrente da maior altura média das macaúbas (8,18 m) e maior densidade arbórea (198 árvores por hectare) em comparação ao tratamento 1 (6,6 m de altura e 93 árvores por hectare). Esse cenário indica que, mesmo antes do pastejo, o adensamento e o porte arbóreo no tratamento 2 já influenciavam a morfologia do dossel das gramíneas, alterando a proporção entre folhas e colmos.

Tabela 2. Relação folha:colmo do capim-marandu, pastejado por bovinos mestiços (*Bos taurus x Bos indicus*) em sistema silvipastoril com macaúba, cultivados em dois arranjos espaciais. Parnaíba, PI, 2025.

Variável	Arranjo espacial		CV (%)
	T1 (10 x 5 m)	T2 (10 x 4 x 4 m)	
Relação folha:colmo inicial	0,87 a	0,92 a	6,91
Relação folha:colmo final	0,66 a	0,56 a	16,25

Médias seguidas da mesma letra nas linhas não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

T = Tratamento; CV = Coeficiente de variação.

Fonte: Dados da pesquisa.

Ao término do experimento, verificou-se redução da relação folha:colmo (F:C) em ambos os tratamentos, com valores de 0,66 no tratamento 1 e 0,56 no tratamento 2. A diminuição da relação F:C é característica de áreas submetidas ao pastejo seletivo, uma vez que os bovinos consomem preferencialmente folhas jovens e mais digestíveis, permanecendo colmos com maior proporção de fibras estruturais e menor valor nutricional. No presente estudo, a redução mais acentuada no tratamento 2 está associada ao maior sombreamento imposto pelas macaúbas mais altas e adensadas, que limitaram a incidência de radiação fotossinteticamente ativa no sub-bosque. Esse ambiente favorece respostas morfofisiológicas típicas do estresse por baixa luminosidade, como o alongamento de bainhas e colmos, a menor expansão foliar e a redução do perfilhamento, resultando em menor área fotossinteticamente ativa e menor capacidade de rebrota após o pastejo (Del Pozo, 2002; Costa, 2004; Magalhães *et al.* (2004); Pimentel *et al.*, 2016). Embora tais ajustes representem estratégias de adaptação à limitação de luz, implicam perda de qualidade estrutural da forragem, com redução da relação F:C e efeitos negativos sobre a ingestão voluntária e o desempenho animal.

Os resultados estão de acordo com os relatos de Magalhães (2010) e de Liendo *et al.* (2019) que destacam a relação F:C como um dos principais indicadores da qualidade da pastagem, dada a preferência dos animais por folhas verdes e tenras. Embora os valores observados tenham sido inferiores à relação equilíbrio (1:1) proposta por Pinto *et al.* (1994), mantiveram-se dentro de uma faixa compatível com pastagens tropicais em desenvolvimento. A

maior proporção de colmos, especialmente no tratamento 2, sugere avanço fenológico e maior deposição de tecidos estruturais, cujo efeito, apesar de reduzir a qualidade bromatológica, pode, em alguns sistemas, ser parcialmente compensado por maior produção de matéria seca (Euclides *et al.*, 2000).

A concentração de proteína bruta (PB) é um dos componentes nutricionais mais importantes para ruminantes em pastejo, por estar diretamente relacionada ao consumo voluntário, à digestibilidade da forragem e à eficiência da fermentação ruminal (Núñez Suárez, 2022). A Tabela 3 apresenta os teores de PB do capim-marandu cultivado em dois arranjos espaciais com macaúba. No início do experimento, não foram observadas diferenças estatísticas entre os tratamentos; contudo, os maiores valores numéricos de PB foram registrados no arranjo  $10 \times 4 \times 4$  m, que superou em 2,17 pontos percentuais o arranjo  $10 \times 5$  m. Esse comportamento era esperado, uma vez que diversos autores relataram aumento dos teores de PB em sombreamento moderado, associado à menor lignificação dos tecidos, maior longevidade foliar e manutenção de folhas metabolicamente ativas (Lacerda *et al.*, 2009; Azar *et al.*, 2011; Lopes *et al.*, 2017; Santos *et al.*, 2018; Lima *et al.*, 2019; Paciullo & Gomide, 2019; Gomes *et al.*, 2020; Paciullo *et al.*, 2021).

Lopes *et al.* (2017) indicaram que o sombreamento pode intensificar a degradação da matéria orgânica e a reciclagem de nitrogênio no solo, interpretação sustentada por evidências de maior absorção e concentração de N em gramíneas tropicais sob sombra (Montard *et al.*, 1999) e pela maior reciclagem de N em SSPs com *U. decumbens* (Xavier *et al.*, 2014).

Em ambientes sombreados, a menor amplitude térmica e o melhor status hídrico do solo favorecem a atividade biológica edáfica, aumentando a disponibilidade de formas minerais de nitrogênio. Associada à restrição luminosa, que reduz a assimilação de carbono e o acúmulo de biomassa, essa condição resulta em maior concentração de N nos tecidos vegetais no arranjo mais adensado ( $10 \times 4 \times 4$  m). De outro lado, no arranjo menos sombreado ( $10 \times 5$  m), o maior acúmulo de massa seca intensifica o efeito de diluição do nitrogênio, processo no qual a taxa de expansão dos tecidos supera a taxa de absorção de N, reduzindo sua concentração relativa na planta, conforme descrito para pastagens tropicais e subtropicais (Lemaire *et al.*, 2000; Juárez-Hernández & Bolaños-Aguilar, 2007).

Tabela 3. Teores de proteína bruta do capim-marandu, pastejado por bovinos mestiços (*Bos taurus* x *Bos indicus*) em sistema silvipastoril com macaúba, cultivados em dois arranjos espaciais. Parnaíba, PI, 2025.

Variável	Arranjo espacial		CV (%)
	T1 (10 x 5 m)	T1 (10 x 4 x 4 m)	

Teores de proteína bruta inicial (%)	7,35 a	9,52 a	18,94
Teores de proteína bruta final (%)	6,57 b	8,10 a	3,58

Médias seguidas da mesma letra nas linhas não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.  
T = Tratamento; CV = Coeficiente de variação  
Fonte: Dados da pesquisa

Após o pastejo, verificou-se redução dos teores de PB em ambos os arranjos, resultado esperado diante do avanço fenológico e da remoção seletiva das folhas mais jovens, que concentram maior quantidade de proteína (Atencio *et al.*, 2014; Liendo *et al.*, 2019; Perez-Ruchel *et al.*, 2017; Wangchuk *et al.*, 2021). Contudo, ao final do estudo, observou-se diferença significativa ( $p < 0,05$ ): o arranjo mais sombreado manteve maior teor de PB (8,10%), enquanto o arranjo 10 × 5 m registrou 6,57%. Esse resultado confirma o efeito positivo e consistente do sombreamento moderado sobre a qualidade da forragem, em consonância com os achados de Tosta *et al.* (2015), que relataram maiores teores de PB em pastagens de capim-marandu cultivadas sob babaçu (*Attalea speciosa*), independentemente da densidade de palmeiras (39, 72 e 92 árvores por hectare).

O sombreamento mais intenso pode retardar o desenvolvimento ontogenético das gramíneas, mantendo-as fisiologicamente jovens por mais tempo e prolongando a fase vegetativa, o que sustenta níveis metabólicos mais elevados. Esse efeito foi descrito por Sousa *et al.* (2010), que observaram incremento do teor de PB em capim-marandu cultivado sob árvores de aroeira (*Myracrodruon urundeuva*), atingindo 7,1%, valor aproximadamente 22% superior ao controle a pleno sol (5,8%).

A análise conjunta com a Tabela 2 evidencia que, no arranjo mais adensado, a relação F:C foi menor em razão do alongamento do colmo, da menor expansão foliar e da redução do perfilhamento. Como os colmos apresentam naturalmente menor teor de PB (Mochel Filho, 2009; Magalhães, 2010), seria esperado que o sombreamento resultasse em menor qualidade bromatológica. Entretanto, verificou-se o oposto: mesmo com menor relação F:C, a composição nutricional foi superior, revelando um efeito compensatório proporcionado pelo ambiente sombreado. Em geral, do ponto de vista zootécnico, apenas o arranjo mais sombreado manteve teor de PB final acima de 7%, limite mínimo necessário para adequado funcionamento da microbiota ruminal (Minson, 1982).

A Tabela 4 apresenta o desempenho produtivo de bovinos mestiços (*Bos taurus* × *Bos indicus*) em pastagem de capim-marandu em SSP com macaúba, cultivados em dois arranjos espaciais. O peso inicial dos bovinos mestiços não apresentou diferenças significativas ( $p > 0,05$ ),

com médias de 234,50 kg (tratamento 1) e 236,75 kg (tratamento 2), assegurando uniformidade entre os animais e maior confiabilidade dos resultados (Costa, 2003; López & González, 2016).

Tabela 4. Desempenho produtivo de bovinos mestiços (*Bos taurus* x *Bos indicus*) em pastagem de capim-marandu em sistema silvipastoril com macaúba, cultivados em dois arranjos espaciais. Parnaíba, PI, 2025.

Variável	Arranjo espacial		CV (%)
	T1 (10 x 5 m)	T2 (10 x 4 x 4 m)	
Peso inicial/animal (kg)	234,50 a	236,75 a	18,64
Peso final/animal(kg)	343,25 a	314,50 a	13,72
GMD (kg/animal/dia) <sup>1</sup>	0,93 a	0,66 b	15,85
Ganho por animal no período (kg)	108,75 a	77,75 b	15,85
Ganho por área por dia (kg/ha/dia)	4,95 a	3,54 b	15,85
Ganho por área no período (kg/ha)	579,64 a	414,41 b	15,85

Médias seguidas da mesma letra nas linhas não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

T = Tratamento; CV = Coeficiente de variação

Taxa de lotação: Inicial de 2,78 (T1) e 2,81 (T2) UA/ha; Final de 4,08 (T1) e 3,73 (T2) UA/ha.

<sup>1</sup>GMD = ganho médio diário, expresso em quilograma por animal por dia (kg/animal/dia).

Fonte: Dados da pesquisa

Ao final do experimento, o tratamento 1 (10 × 5 m) apresentou ganho médio diário (GMD) de 0,93 kg, enquanto o Tratamento 2 (10 × 4 × 4 m) registrou 0,66 kg, correspondendo a uma redução de aproximadamente 29% no desempenho com maior densidade arbórea. Em consequência, o ganho de peso por animal foi de 108,75 kg no tratamento 1 e de 77,75 kg no tratamento 2. A produtividade por área acompanhou esse padrão, alcançando 579,64 kg/ha e 414,41 kg/ha, respectivamente, evidenciando que o sombreamento mais intenso e a menor disponibilidade de forragem no tratamento 2 limitaram o desempenho produtivo dos animais.

O melhor desempenho observado no tratamento 1 poderá estar associado a um conjunto de fatores, entre eles a maior disponibilidade de MS (Tabela 1). Essa condição favoreceu maior interceptação de radiação fotossinteticamente ativa pelo capim-marandu, estimulando o perfilhamento, a produção de folhas jovens e elevando tanto a taxa de ingestão quanto a eficiência de conversão alimentar. Em contraste, no tratamento 2, a maior densidade de macaúbas (198 árvores por hectare) e sua maior altura média (8,18 m) intensificaram o sombreamento no sub-bosque, reduzindo a disponibilidade de luz e a taxa fotossintética das gramíneas. Esse ambiente com menos luz resultou em menor acúmulo de biomassa, redução da proporção de lâminas foliares e maior participação de colmos, condição que comprometeu a eficiência de pastejo.

A produção animal a pasto resulta da ação integrada de três processos centrais: a produção de forragem, o consumo dessa forragem pelos animais e a conversão do alimento ingerido em

produto animal (Hodgson,1990; Silva & Nascimento Júnior, 2007). Nesse contexto, a disponibilidade de MS exerce papel determinante sobre o desempenho de bovinos em pastejo, uma vez que condiciona o potencial de ingestão diária de nutrientes (Carvalho *et al.*, 2001; Carvalho *et al.*, 2007). Quando a oferta de MS é adequada, os animais conseguem aumentar a taxa de bocados, reduzir o tempo de busca por alimento e selecionar preferencialmente tecidos de maior valor nutritivo, como lâminas foliares jovens (Carvalho *et al.*, 2001; Geremia, 2013). Esses ajustes no comportamento ingestivo contribuem para elevar a eficiência de colheita e, conseqüentemente, melhoram a conversão da forragem consumida em desempenho produtivo. Assim, estudos envolvendo disponibilidade de MS e manejo do dossel têm destacado essa variável como elemento central para a eficiência dos sistemas de produção a pasto (Carvalho *et al.*, 2005; Ramírez Reynoso *et al.*, 2009; Mesquita *et al.*, 2010; Fonseca *et al.*, 2013; Martins Neto, 2014).

Apesar do maior teor de PB observado no tratamento 2 (Tabela 3), a menor disponibilidade de forragem de capim-marandu (Tabela 1) limitou a ingestão efetiva de nutrientes pelos animais. Em SSPs, o sombreamento promovido pelo componente arbóreo reduz a interceptação luminosa pela pastagem, alterando a dinâmica de crescimento e resultando, frequentemente, em menor acúmulo de biomassa. Nessas condições, o consumo de matéria seca passa a ser o fator mais restritivo ao desempenho de ruminantes, independentemente de elevações dos teores de PB da forragem, visto que a qualidade nutricional não compensa a limitação física de ingestão (Minson, 1982; Carvalho *et al.*, 2001; Silva & Nascimento Júnior, 2007; Paula *et al.*, 2012). Assim, a superioridade qualitativa registrada no tratamento 2 não se traduziu em maior ganho de peso, evidenciando que a interação entre quantidade e qualidade da forragem, modulada pela interceptação luminosa, é determinante para o sucesso produtivo de bovinos em SSPs com capim-marandu. Essa interpretação é coerente com o observado por Santos *et al.* (2023), que avaliaram a produção e as características nutricionais do pasto *U. decumbens* em sistemas silvipastoris com diferentes níveis de sombra. Os autores destacaram que, embora o sombreamento aumente o teor de PB, a forte redução da produção de MS diminui o rendimento de proteína por hectare, o que comprometerá a capacidade de suporte, a produtividade e a rentabilidade do sistema.

No âmbito do bem-estar animal, o microclima mais ameno no tratamento 2 possivelmente reduziu a carga térmica radiante e favoreceu os mecanismos de dissipação de calor sensível, contribuindo para mitigar o estresse térmico, conforme descrito por Souza e Batista (2012) e pelos

princípios fisiológicos de termorregulação abordados por Collier *et al.* (2018). Entretanto, o excesso de sombra reduziu a oferta de forragem, evidenciando que o equilíbrio entre conforto térmico e disponibilidade alimentar é essencial para maximizar o desempenho produtivo (Nabinger, 1997; Nascimento Júnior *et al.*, 2002; Bungenstab, 2012; Slattery *et al.*, 2018). É importante considerar que, além do maior espaçamento no tratamento 1, a macaúba (*A. aculeata*), assim como a maioria das *Arecaceae*, apresenta uma arquitetura de copa relativamente permeável. Essa característica estrutural favorece a entrada de luz difusa no sub-bosque, a qual tem maior capacidade de penetração no dossel forrageiro em comparação à luz direta, mitigando os efeitos negativos do sombreamento sobre a taxa fotossintética da pastagem (Sousa & Santos, 2014; Aguilar Pérez *et al.*, 2018). Esses fatores, em conjunto, ajudam a explicar a superioridade do desempenho dos bovinos no arranjo 1 em relação ao arranjo 2.

Ganhos de peso diários semelhantes aos exibidos na Tabela 4 foram relatados por Almeida *et al.* (2019), que, em Ribas do Rio Pardo, MS, no bioma Cerrado e durante o período chuvoso, avaliaram novilhos Nelore mantidos em pastagem de capim-piatã (*U. brizantha*) cultivada em monocultivo e em dois sistemas silvipastoris, com densidades de 178 árvores por hectare (altura média de 15,3 m) e 441 árvores por hectare (altura média de 16,1 m) de eucalipto. Os autores registraram teor médio de PB da forragem de 11,86%, ganho médio diário (GMD) de 0,972 kg/dia e taxa de lotação de 1,10 UA/ha na fase de crescimento, sem diferenças significativas entre os tratamentos de sistemas com maior sensibilidade ao adensamento arbóreo.

Araújo (2015) observou redução progressiva do desempenho de bovinos mantidos em capim-marandu em SSPs com 80, 131 e 160 palmeiras adultas de babaçu (*Attalea speciosa*) por hectare, com GMD de 0,75; 0,63; e 0,58 quilograma por animal por dia, respectivamente. Em comparação, o arranjo 10 × 5 m do presente estudo apresentou desempenho superior, enquanto o arranjo 10 × 4 × 4 m mostrou-se compatível com sistemas em densidade arbórea intermediária.

Em Uberaba, MG, valores intermediários de GMD foram relatados por Fernandes *et al.* (2003), que registraram ganhos entre 0,76 e 0,84 kg/dia em novilhos Nelore mantidos em diferentes forrageiras durante o período chuvoso. Nessa comparação, o arranjo 10 × 5 m apresentou desempenho superior, enquanto o arranjo 10 × 4 × 4 m situou-se abaixo dessa faixa, embora ainda dentro dos valores reportados para ambientes tropicais. De forma semelhante, Paciullo *et al.* (2021) relataram ganhos entre 0,5 e 0,6 kg/dia em novilhas mestiças, independentemente do sistema de produção, evidenciando que ambos os arranjos avaliados neste estudo superaram ou se mantiveram acima desses valores.

Em condições edafoclimáticas mais restritivas, como no semiárido piauiense, Magalhães et al. (2025) registraram ausência de diferenças significativas nos ganhos de peso de bovinos mestiços (*Bos taurus* × *Bos indicus*), com valores de 0,60 e 0,58 kg/animal/dia em SSPs com cajueiro-anão consorciado ao capim-marandu, em distintos arranjos espaciais (7 × 3,5 m e 7 × 7 m, respectivamente). Esses índices ficaram abaixo dos verificados no arranjo 10 × 5 m e próximos aos do arranjo 10 × 4 × 4 m, o que indica que, mesmo em ambientes limitantes, sistemas silvipastoris bem planejados podem atingir níveis de desempenho semelhantes aos registrados em condições mais favoráveis.

A ausência de efeito da densidade arbórea sobre o desempenho animal também foi observada por Lucas (2004), em Tupanciretã (RS). Ao avaliar novilhas de corte em SSPs com acácia-negra (*Acacia mearnsii*) sob densidades de 500 e 833 árvores por hectare, o autor registrou GMD entre 0,73 e 0,84 kg/dia, sem diferenças significativas entre os tratamentos. De forma análoga, Luz (2017), em Andradina (SP), ao avaliar sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta (ILPF) com 196 e 448 eucaliptos por hectare, observou ganhos diários de 0,48 e 0,46 kg/dia, respectivamente.

Além do desempenho individual, a produtividade animal por área (Tabela 4) reforça a superioridade do arranjo 10 × 5 m, que apresentou produção de 579,64 kg/ha, em comparação aos 414,41 kg/ha observados no arranjo 10 × 4 × 4 m. Corrêa (2001) descreveu produtividade de 437 kg/ha em sistemas intensificados, valor inferior ao do arranjo 10 × 5 m e próximo ao do arranjo mais adensado. De forma semelhante, Machado et al. (2001) relataram produtividade de 582 kg/ha em sistemas integrados com *U. decumbens*, valor praticamente equivalente ao observado no arranjo 10 × 5 m. Lucas (2004), por sua vez, registrou ganhos por área entre 289,7 e 337,6 kg/ha em SSPs com acácia-negra, inferiores aos observados no presente estudo, evidenciando o potencial produtivo dos sistemas avaliados, especialmente no arranjo com menor adensamento arbóreo.

## CONCLUSÕES

O arranjo espacial de 10 × 5 m em sistemas silvipastoris com macaúba, capim-marandu e bovinos mestiços demonstra maior capacidade de equilibrar a disponibilidade e a qualidade da forragem, refletindo-se em melhor desempenho animal e maior produtividade por área.

Considerando a menor demanda por mudas, infere-se que a redução da densidade arbórea

apresenta indicativos consistentes de viabilidade econômica, ao diminuir os custos de implantação, simplificar o manejo, favorecer o tráfego de máquinas e promover o uso mais eficiente dos recursos naturais. Assim, esse espaçamento evidencia elevada viabilidade técnica, sustentabilidade ambiental e aplicabilidade prática para a produção de bovinos de corte em sistemas silvipastoris com macaúba.

O sucesso ou o fracasso dos sistemas silvipastoris está diretamente associado ao grau de complementaridade funcional entre seus componentes. Para assegurar o funcionamento eficiente do sistema, é essencial que árvores, pastagens e animais sejam manejados de forma coordenada, promovendo o uso integrado e sinérgico dos recursos naturais. Essa interação favorece a captação de radiação solar, água e nutrientes, reduz a competição interespecífica e potencializa os benefícios mútuos entre os componentes do sistema, resultando em maior eficiência produtiva e melhoria das condições edáficas.

Nesse contexto, a definição prévia e criteriosa do espaçamento arbóreo configura-se como um elemento central para o sucesso do sistema e para a sustentabilidade ambiental na intensificação da produção de bovinos de corte.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à ACELEN pelo financiamento desta pesquisa, por meio do projeto “Desenvolvimento integrado de tecnologias agrônômicas e agroindustriais para consolidação da macaúba como fonte de matéria-prima sustentável para a bioeconomia brasileira (MACcelen)”

## REFERÊNCIAS

- ABRAMOVAY, R.; MATTE, A.; SANSEVERINO, E. C.; RITT, A.L. & GALIANO, M. W. (2025). Pecuária bovina regenerativa na América Latina e no Caribe, muito além do oxímoro. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 63, e289950. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/resr/a/6rw3scQvFwTvyLdrWPgMjDx/?format=html&lang=pt>. Acesso em: 21 jan. 2026
- AGUILAR PÉREZ, C.; SOLORIO SÁNCHEZ, F.; KU VERA, J.; MAGAÑA MONFORTE, J.; SANTOS FLORES, J. (2019). Producción de leche y carne en sistemas silvopastoriles. **Bioagrociencias**, [S. l.], v. 12, n. 1, p. 1-8.
- ALMEIDA, R. G.; ALMEIDA, E. M.; GOMES, R. C.; ALVES, F. V.; LAURA, V. A.; MACEDO, M. C. M.; COSTA, G. F.; MASTELARO, A. P. & BUNGENSTAB, D. J. (2019). Cattle production in silvopastoral systems compared to monoculture pasture in the Brazilian

Cerrado. In: CONGRESO INTERNACIONAL DE SISTEMAS SILVOPASTORILES, 10. Asunción. **Libro de Actas...** Asunción: CIPAV, 2019. Disponível em: <http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/1118388>. Acesso em: 11 jan. 2026.

ALONSO, J. (2011). Los sistemas silvopastoriles y su contribución al medio ambiente. **Revista Cubana de Ciencia Agrícola**, v. 45, n. 2, p. 107-115. Disponível em: <https://www.redalyc.org/pdf/1930/193022245001>. Acesso em: 17 jan. 2026

ÁLVAREZ, F.; CASANOVES, F.; SUÁREZ, J. C. (2021). Influence of scattered trees in grazing areas on soil properties in the Piedmont region of the Colombian Amazon. **PLoS ONE**, v. 16, n. 12, e0261612. Disponível em: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0261612>. Acesso em: 22 fev. 2026

ANDRADE, A. C.; RODRIGUES, B. H. N.; MAGALHÃES, J. A. & SANTOS, F. J. S. (2018). Integração lavoura-pecuária-floresta: indicativo de sustentabilidade. In: BORGES JÚNIOR, A.; CAMPOS, R. C. & LEITE, R. A. **Perspectivas para agropecuária sustentável**. Kelps, p. 335-364

ANJOS, A. J. & CHAVES, C. S. (2021). Características do componente forrageiro em sistemas silvipastoris. **Scientific Electronic Archives**, v. 14, n. 3, p. 53-64. Disponível em: <https://scientificelectronicearchives.org/index.php/SEA/article/view/1239>. Acesso em: 17 jan. 2026

ANTONIO-MEDINA, A.; MORALES-RIVERA, A.; RAMÍREZ-BRIBIESCA, J. E. & PAREDES-DIAZ, D. (2025). Caracterización de sistemas silvopastoriles como estrategias de gestión sostenible. **Archivos Latinoamericanos de Producción Animal**, v. 33, n. 3, p. 123-135. Disponível em: <https://doi.org/10.53588/alpa.330301>. Acesso em: 17 fev. 2026

ARAÚJO, R. A. de. (2015). **Comportamento de pastejo, consumo de forragem e desempenho de bovinos em sistemas silvipastoris compostos por babaçu e monocultura de capim-marandu**. 58 f. Dissertação (Mestrado em Biologia) - Universidade Federal do Maranhão, São Luís. Disponível em: <http://tedeuc.ufma.br:8080/jspui/handle/tede/561>. Acesso em: 23 fev. 2026

ATENCIO, L. M.; MEJÍA, S. & TORRES, J. C. (2014). Comportamiento fisiológico de gramíneas forrajeras bajo tres niveles de humedad en condiciones de casa malla. **Temas Agrarios**, v. 19, n. 2, p. 244-258. Disponível em: <https://revistas.unicordoba.edu.co/index.php/temasagrarios/article/view/1194>. Acesso em: 11 fev. 2026

AZAR, G. S.; COSTA, J. V.; DANTAS FILHO, L. A.; RODRIGUES, M. M.; OLIVEIRA, M. E. & AZEVEDO, D. M. M. R. (2011). Composição bromatológica do pasto de capim-marandu sob sistemas de monocultura e silvipastoril. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 48., 2011, Brasil. **Anais...** Belém: Sociedade Brasileira de Zootecnia. 3p. Disponível em: <http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/970977>. Acesso em: 24 fev. 2026

BEHLING, M. & WRUCK, F. J. (2023). Sistemas de integração com teca. In: REIS, C. A. F.; OLIVEIRA, E. B.; SANTOS, A. M. (org.). **Teca (*Tectona grandis* L. f.) no Brasil**. Brasília,

DF: Embrapa, v. 1, p. 381-426. Disponível em:

<http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/1154566>. Acesso em: 21 mar. 2026

BERNARDINO, F. S. & GARCIA, R. (2010). Sistemas Silvopastoris. **Pesquisa Florestal Brasileira**, n. 60, p. 77, 2010. Disponível em: <https://pfb.sede.embrapa.br/pfb/article/view/48>. Acesso em: 11 mar. 2026

BINSULONG, B.; GUNHA, T.; KONGPHITEE, K.; MAEDA, K. & SOMMART, K. (2023). Enteric methane emissions, rumen fermentation characteristics, and energetic efficiency of Holstein crossbred bulls fed total mixed ration silage with cassava instead of rice straw. **Fermentation**, v. 9, n. 850, p.1-14. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/fermentation9090850>. Acesso em: 23 mar. 2026

BOLFE, E. L.; VICTORIA, D. D. C.; SANO, E. E.; BAYMA, G.; MASSRUHÁ, S. M. F. S. & OLIVEIRA, A. F. de. (2024). Potential for agricultural expansion in degraded pasture lands in Brazil based on geospatial databases. **Land**, v.13, n 2, 200. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/land13020200>. Acesso em: 21 fev. 2026

BROOM, D. M.; GALINDO, F. A. & MURGUEITIO, E. (2013). Sustainable, efficient livestock production with high biodiversity and good welfare for animals. **Proceedings of the Royal Society B**, v. 280, n. 1771, p. 1-9. Disponível em: <https://royalsocietypublishing.org/doi/10.1098/rspb.2013.2025>. Acesso em: 5 fev. 2026

BRUNETTI, H. B.; PEZZOPANE, J. R. M.; BOSI, C.; PASQUINI NETO, R.; FURTADO, A. J.; BERNARDI, A. C. de C. & OLIVEIRA, P. P. A. de. (2025). Maximizando a produção de forragem em sistema silvipastoril por meio do desbaste de árvores. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE SISTEMAS SILVOPASTORILES, 12., 2025, Uruguay. **Anais...** Montevideo: INIA, 2025. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/1157902/1/MaximizandoProducaoForragem.pdf>. Acesso em: 11 abr. 2026

BUENO, G. G. A. (2012). Sistemas silvopastoriles, arreglos y usos. **Revista Sistemas de Producción Agroecológicos**, v. 3, n. 2, p. 56–72. Disponível em: <https://revistas.unillanos.edu.co/index.php/sistemasagroecologicos/article/view/604>. Acesso em: 19 fev. 2026

BUNGENSTAB, D. J. **Sistemas de integração lavoura pecuária-floresta: a produção sustentável**. 2. ed. Campo Grande: Embrapa Gado de Corte, 2012. 239 p. Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/938814>. Acesso em: 25 abr. 2026

BUITRAGO-GUILLEN, M. E.; OSPINA-DAZA, L. A. & NARVÁEZ-SOLARTE, W. (2018). Sistemas silvopastoriles: alternativa en la mitigación y adaptación de la producción bovina al cambio climático. **Boletín Científico. Centro de Museos. Museo de Historia Natural**, v. 22, n. 1, p. 31-42. Disponível em: <https://doi.org/10.17151/bccm.2018.22.1.2>. Acesso em: 12 fev. 2026

CARVALHO, P. C. F.; RIBEIRO FILHO, H. M. N.; POLI, C. H. E. C.; MORAES, A. & DELAGARDE, R. (2001). Importância da estrutura da pastagem na ingestão e seleção de dietas pelo animal em pastejo. In: MATTOS, W. R. S. A Produção Animal na Visão dos Brasileiros.

**Anais...** REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, Piracicaba, p.853-871. Disponível em: <https://www.bibliotecaagptea.org.br/zootecnia-geral/fორragens/fორragens-artigos/>. Acesso em: 5 mar. 2026

CARVALHO, P. C. de F.; GENRO, T. C. M.; GONÇALVES, E. N.; BAUMONT, R. (2005). A estrutura do pasto como conceito de manejo: reflexos sobre o consumo e a produtividade. In: REIS, R. A. et al. (Org.). **Volumosos na produção de ruminantes**. Jaboticabal: Funep, 2005. p. 107-124. Disponível em: <https://www.bibliotecaagptea.org.br/zootecnia-geral/fორragens/fორragens-artigos/>. Acesso em: 22 fev. 2026

CARVALHO, P. C. F.; SANTOS, D. T. & NEVES, F. P. (2007). Oferta de forragem como condicionadora da estrutura do pasto e do desempenho animal. In: DALL'AGNOL, M.; NABINGER, C.; SANTANA, D. M. & SANTOS, R. J. **Sustentabilidade Produtiva do Bioma Pampa**. Porto Alegre: UFRGS, p. 23-60. Disponível em: <https://www.bibliotecaagptea.org.br/zootecnia/fორragens/artigos/>. Acesso em: 29 mar. 2026

CASANOVA, F.; RAMÍREZ, L. & SOLORIO, F. (2007). Interacciones radicales en sistemas agroforestales: mecanismos y opciones de manejo. **Avances en Investigación Agropecuaria**, v. 11, n. 3, p. 41-52. Disponível em: <https://www.redalyc.org/pdf/837/83711304.pdf>. Acesso em: 21 mar. 2026

CASPER, B. B. & JACKSON, R. B. (1997). Plant competition underground. **Annual Review of Ecology and Systematics**, v. 28, n. 1, p. 545-570. Disponível em: <https://jacksonlab2.sites.stanford.edu/sites/g/files/sbiybj20871/files/media/file/ares97.pdf>. Acesso em: 21 mar. 2026

CASTAÑO, A. M.; CHICA, H. A.; BONILLA, D. O. & RIAÑO, N. M. (2013). Arquitectura del dosel e interpretación de la radiación solar por tres especies forestales nativas de Colombia. **Cenicafé**, v. 64, n. 1, p. 19-30, 2013.

CASTRO, C. R. T. de & PACIULLO, D. S. C. (2006). **Boas práticas para a implantação de sistemas silvipastoris**. Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, 6p. (Comunicado Técnico, 50). Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/595889/1/COT50.pdf>. Acesso em: 22 mar. 2026

CISNEROS-SAGUILÁN, P.; HERNÁNDEZ-SALINAS, G. & HERNÁNDEZ, M. H. (2024). Sistemas silvopastoriles, una alternativa para atenuar el impacto del cambio climático en la ganadería. **Idesia (Arica)**, v. 42, n. 2, p. 51-58. Disponível em: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=10022130>. Acesso em: 25 mar. 2026

COLLIER, R.; BAUMGARD, L.; ZIMBELMAN, R. & XIA, Y. (2018). Heat stress: physiology of acclimation and adaptation. **Animal Frontiers**, v. 8, n. 1, p. 12-19. Disponível em: <https://academic.oup.com/af/issue/9/1>. Acesso em: 11 mar. 2026

COLOMBO, C. A.; BERTON, L. H. C.; DIAZ, B. G. & FERRARI, R. A. (2018). Macauba: a promising tropical palm for the production of vegetable oil. **OCL - Oilseeds and fats, Crops and Lipids**, v. 25, n. 1, p. D108. <https://doi.org/10.1051/ocl/2017038>. Acesso em: 21 mar. 2026

CORRÊA, J. B. L.; DIAS, H. C. T.; SATO, A. Y.; TONELLO, K. C.; FERRAZ, A. G. &

FERREIRA, F. M. (2016). A influência do número de folhas da planta de macaúba (*Acrocomia aculeata*) na correlação entre escoamento pelo tronco e precipitação em aberto. **Revista Árvore**, v. 40, n. 3. Disponível em: <https://locus.ufv.br/items/8f5a2c4e-b005-450c-8aef-4aafa4bedd42>. Acesso em: 23 jan. 2026

CORRÊA, L. A. (2016). Produção intensiva de carne bovina em pastagens sob pastejo rotacionado. In: ENCONTRO DE MÉDICOS VETERINÁRIOS DOS VALES MUCURI, JEQUITINHONHA E RIO DOCE, 22. Teófilo Otoni - MG. **Anais...** Teófilo Otoni - MG: SRMVM. p. 13-18. Disponível em: <http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/45522>. Acesso em: 21 fev. 2026

COSTA, J. R. (2003). **Técnicas experimentais aplicadas às ciências agrárias**. Seropédica: Embrapa Agrobiologia. 102 p. (Embrapa Agrobiologia. Documentos, 163). Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/625666>. Acesso em: 11 fev. 2026

COSTA, N. de L. (2004). **Formação, manejo e recuperação de pastagens em Rondônia**. Porto Velho: Embrapa Rondônia, 212p. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/706944>. Acesso em: 22 fev. 2026

COSTA, N. de L.; DESCHAMPS, C. & MORAES, A. (2012). Estrutura da pastagem, fotossíntese e produtividade de gramíneas forrageiras. **Pubvet**, v. 6, n. 21, art. 1387. Disponível em: <https://ojs.pubvet.com.br/index.php/revista/article/view/2008>. Acesso em: 21 fev. 2026

COSTA, N. de L.; GIANLUPPI, V.; BENDAHAN, A. B.; BRAGA, R. M. & MATTOS, P. S. R. (2009). **Fisiologia e manejo de gramíneas forrageiras tropicais**. Boa Vista: Embrapa Roraima, 25 p. (Documentos, 17).

COSTA, N. de L.; MAGALHAES, J. A.; PEREIRA, R. G. de A.; TOWNSEND, C. R. & OLIVEIRA, J. R. da C. (2007). Considerações sobre o manejo de pastagens na Amazônia Ocidental. **Revista do CFMV**, v. 13, n. 40, p. 37-56. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/69720/1/Consideracoes.pdf>. Acesso em: 23 fev. 2026

COSTA, N. de L.; MORAES, A.; CARVALHO, P. C. F.; MONTEIRO, A. L. G.; SILVA, A. L. P.; MAGALHÃES, J. A. & OLIVEIRA, R. A. (2018). Produtividade de forragem e eficiência de utilização da radiação em pastagens de *Trachypogon plumosus* nos cerrados de Roraima. **Nucleus**, v. 15, n. 2, p. 1-10. Disponível em: <http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/980855>. Acesso em: 26 fev. 2026

COSTA, N. de L.; TOWNSEND, C. R.; MAGALHÃES, J. A.; PAULINO, V. T. & PEREIRA, R. G. de A. (2006). Utilização de sistemas silvipastoris na Amazônia Ocidental Brasileira. **Revista Electrónica de Veterinaria REDVET**, v. 7, n. 1. Disponível em: <http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/1106743>. Acesso em: 25 fev. 2026

CRUZ, N. T.; PIRES, A. J. V.; FRIES, D. D.; JARDIM, R. R.; SOUSA, B. M. L.; DIAS, D. L. S. & SACRAMENTO, M. R. S. V. (2021). Fatores que afetam as características morfológicas e estruturais de plantas forrageiras. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 7, e5410716180. Disponível em: <https://doi.org/10.33448/rsd-v10i7.16180>. Acesso em: 28 fev. 2026

DANGLES, O.; STRUELENS, Q. (2023). Is food system research guided by the 2030 Agenda for Sustainable Development? **Current Opinion in Environmental Sustainability**, v. 64, p. 101331. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2023.101331>. Acesso em: 22 fev. 2026

DEL POZO, P. P. R. (2002). Bases ecofisiológicas para el manejo de los pastos tropicales. **Pastos**, v. 32, n. 2, p. 109-137. Disponível em: <https://polired.upm.es/index.php/pastos/article/view/1314/1318>. Acesso em: 23 mar. 2026

DIAS, H. C. T.; SATO, A. Y.; OLIVEIRA NETO, S. N.; MORAIS, T. C.; FREIRE, A. & BENTO, P. S. (2011). Cultivo de macaúba: ganhos ambientais em áreas de pastagens. **Informe Agropecuário**, v. 32, n. 265, p. 52-60. Disponível em: <https://www.livrariaepamig.com.br/docs/ia-265-macauba-potencial-e-sustentabilidade-para-o-biodiesel/>. Acesso em: 17 fev. 2026

DIAS-FILHO, M. B. (2006). **Competição e sucessão vegetal em pastagens**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 38p. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental. (Documentos Online, 240). Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/403771/1/Doc240.pdf>. Acesso em: 25 mar. 2026

DÍAZ, M.; ALEGRE, J.; GÓMEZ, C.; GARCÍA, C. & ARÉVALO-HERNÁNDEZ, C. (2025). Effect of light on yield, nutritive value of *Brachiaria decumbens*, and soil properties in silvopastoral systems, Peruvian Amazon. **Grasses**, v.4, n. 2, 18. Disponível em: <https://doi.org/10.20944/preprints202501.1992.v1>. Acesso em: 11 fev. 2026

EUCLIDES, V. P. B.; CARDOSO, E. G.; MACEDO, M. C. M. & OLIVEIRA, M. P. (2000). Consumo voluntário de *Brachiaria decumbens* cv. Basilisk e *Brachiaria brizantha* cv. Marandu sob pastejo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, n.6, p.2200-2208. Disponível em: <https://www.sbz.org.br/revista/artigos/2660.pdf>. Acesso em: 19 fev. 2026

EUGÈNE, M.; SAUVANT, D.; NOZIÈRE, P.; VIALARD, D.; OUESLATI, K.; LHERM, M.; MATHIAS, E. & DOREAU, M. (2019). A new Tier 3 method to calculate methane emission inventory for ruminants. **Journal of Environmental Management**, v. 231, p. 982–988. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2018.10.086>. Acesso em 22 mar. 2026

FASSOLA, H. E.; PACHAS, A. N. & LACORTE, S. M. (2005). Estimación de la radiación fotosintéticamente activa (PAR) y niveles de sombra bajo dosel de *Pinus taeda* en la provincia de Misiones y NE de Corrientes. In: CONGRESO FORESTAL ARGENTINO Y LATINOAMERICANO, 3., 2005, Corrientes. **Anais...** Corrientes: AFOA, 20 APA

FAVARE, H. G.; TSUKAMOTO FILHO, A. de A.; ABREU, J. G. de; FAVARE, L. G. de; COSTA, R. B. da; PASA, M. C. & COUTO, L. (2018). Produção de forragem e distribuição espacial de árvores de pequi em sistema silvipastoril. **Nativa**, v. 6, p. 714-721. Disponível em: <https://doi.org/10.31413/nativa.v6i0.6164>. Acesso em: 22 mar. 2026

FEBLES, G. & RUIZ, T. E. (2008). Evaluación de especies arbóreas para sistemas silvopastoriles. **Avances en Investigación Agropecuaria**, v. 12, n. 1, p. 5-27. Disponível em: <https://www.redalyc.org/pdf/837/83712102.pdf>. Acesso em: 21 mar. 2026

FELTRAN-BARBIERI, R. & FÉRES, J. G. (2021). Degraded pastures in Brazil: improving

livestock production and forest restoration. **Royal Society Open Science**, v. 8, n. 7, p. 201854. Disponível em: <https://doi.org/10.1098/rsos.201854>. Acesso em: 19 mar. 2026

FERNANDES, L.O.; MACHADO, C. H. C.; MENDONÇA, F. L. de; PAES, J. M. V.; LEDIC, I. L.; SOUZA, J. A. de. (2003). Desempenho de bovinos da raça Nelore em diferentes gramíneas forrageiras durante a época das águas. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE ZOOTECNIA, 5., 2003, Uberaba. **Anais...** Uberaba: ABZ/FAZU/ABCZ. p.253-256

FONSECA, A. A.; OLIVEIRA, R. A.; SOUZA, R. A.; SILVA, F. F. & REIS, R. A. (2013). Intensificação na produção animal em pastejo: revisão bibliográfica. **Pubvet**, v. 7, n. 11, p. 1-15, 2013. Disponível em: <https://www.pubvet.com.br/uploads/b7373bbec5a7691af43fa2272c3f84c8.pdf>. Acesso em: 20 mar. 2026

FRANKE, I. L. & FURTADO, S. C. (2001). Sistemas silvipastoris: fundamentos e aplicabilidade. Rio Branco: Embrapa Acre, 2001. 51 p. (Embrapa Acre. Documentos, 74). Disponível em: [https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/499861/1/doc74.pdf?utm\\_source=chatgpt.com](https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/499861/1/doc74.pdf?utm_source=chatgpt.com). Acesso em: 22 fev. 2026

FROTA, M. N. L. da. (2017). **Emissão de metano entérico e parâmetros comportamentais de bovinos tropicais em sistema silvipastoril**. 2017. 76 f. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza. Disponível em: <http://repositorio.ufc.br/handle/riufc/22449>. Acesso em: 28 mar. 2026

GALLOSO-HERNÁNDEZ, M. A.; SOCA-PÉREZ, M.; DUBLIN, D.; ALVAREZ-DÍAZ, C. A.; IGLESIAS-GÓMEZ, J.; DÍAZ-GAONA, C. & RODRÍGUEZ-ESTÉVEZ, V. (2021). Thermoregulatory and feeding behavior under different management and heat stress conditions in heifer water buffalo (*Bubalus bubalis*) in the tropics. **Animals**, v. 11, n. 4, p. 1162. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/ani11041162>. Acesso em: 24 mar. 2026

GARCIA, A. R.; NAHÚM, B. S.; LOPES, M. S.; MOURA, L. R. C. & VIEIRA, A. H. (2009) Avaliação do desempenho de bovinos de corte criados em sistemas silvipastoris no estado do Pará. **Amazônia: Ciência & Desenvolvimento**, v. 4, n. 8, p. 51-62. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/658953/1>. Acesso em: 14 mar. 2026

GARCIA, R.; QUEIROZ, D. S. (2012). Manejo do rebanho em sistemas silvipastoris. **Informe Agropecuário**, v. 33, n. 266, p. 92-101. Disponível em: <https://www.livrariaepamig.com.br/docs/ia-266-producao-intensiva-de-pastagens/>. Acesso em: 28 mar. 2026

GEREMIA, E. V. (2013). **Estrutura do dossel e taxa de consumo de forragem de capim-elefante cv. Napier submetido a estratégias de pastejo rotativo**. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagens) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba. Disponível em: <https://pdfs.semanticscholar.org/ee84/345ddceb1e4b0756a30fb7aa00934d7de72.pdf>. Acesso em: 31 mar. 2026

GHAFFARIYAN M. R. (2025). Silvopastoral systems as a strategy for drought resilience: A

short international review. **Silva Balcanica**, v. 26, n.1, p. 29-37. Disponível em: <https://doi.org/10.3897/silvabalcanica.26.e127074>. Acesso em: 30 mar. 2026

GIRALDO MONTOYA, S.; MOTOIKE, S. Y.; KUKI, K. N.; GRANJA, M. M. C.; BARBOSA, M. A. M.; QUEIROZ, D. S.; CECON, P. R. (2021). Viability of a macauba palm-Brachiaria grass intercropping system as an alternative to agroforestry production. **Agronomy for Sustainable Development**, v. 41, n. 55. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s13593-021-00701-3>. Acesso em: 23 fev. 2026

GOMES, F. J.; PEDREIRA, B. C.; SANTOS, P. M.; BOSI, C.; LULU, J. & PEDREIRA, C. G. (2020). Microclimate effects on canopy characteristics of shaded palisade grass pastures in a silvopastoral system in the Amazon biome of central Brazil. **European Journal of Agronomy**, v. 115, p. 126029. Disponível em: <https://repositorio.usp.br/item/002996221>. Acesso em: 28 mar. 2026

GOMIDE, J. A. (1994). Fisiologia do crescimento livre de plantas forrageiras. In: PEIXOTO, A. M.; MOURA, J. C. de; FARIA, V. P. de (Ed.). **Pastagens: fundamentos da exploração racional**. 2. ed. Piracicaba: FEALQ. p. 1-14. (Atualização em Zootecnia, v. 10).

GRASSINI, P.; ESKRIDGE, K. M. & CASSMAN, K. G. (2013). Distinguishing between yield advances and yield plateaus in historical crop production trends. **Nature Communications**, v. 4, n. 1, p. 3918. Disponível em: <https://doi.org/10.1038/ncomms3918>. Acesso em: 11 fev. 2026

GUIMARÃES, J. L. C. (2023). **Introdução aos sistemas agroflorestais**. Belo Horizonte: EMATER-MG, 44 p. (Série Ciências Agrárias. Tema: Meio Ambiente. Área: Produção Sustentável). Disponível em: <https://www.emater.mg.gov.br/download.do?id=87833>. Acesso em: 21 mar. 2026

GUO, Y.; CHEN, Y. (2024). A review of the impact of grazing on grassland ecosystems: Research progress and prospects. **Advances in Resources Research**, v. 4, n. 3, p. 455-473. Disponível em: [https://doi.org/10.50908/arr.4.3\\_455](https://doi.org/10.50908/arr.4.3_455). Acesso em: 17 fev. 2026

HEALEY, K. D.; RICKERT, K. G.; HAMMER, G. L. & BANGE, M. P. (1998). Radiation use efficiency increases when the diffuse component of incident radiation is enhanced under shade. **Australian Journal of Agricultural Research**, v. 49, p. 665-672. Disponível em: <https://doi.org/10.1071/A97100>. Acesso em: 26 mar. 2026

HERNÁNDEZ ZARDÓN, A. F. La palma corajo, un recurso natural para la producción sostenible de aceite. **Cultivos Tropicales**, v. 37, n. 4, p. 13-33, 2016. <http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.2.30257.99687> Acesso em: 16 mar. 2026

HODGSON, J. **Grazing management: science into practice**. New York: John Wiley & Sons, Inc., Longman Scientific & Technical. 1990. 203p

HURTADO MONTENEGRO, O. E.; ARIAS HOYOS, A. & ANACONA PIAMBA, J. O. La actividad ganadera colombiana en la perspectiva de lograr los objetivos de desarrollo sostenible. **European Public & Social Innovation Review**, v. 9, p. 1-19, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.31637/epsir-2024-774>. Acesso em: 26 mar. 2026

JOSE, R. M.; JAMALUDHEEN, V.; KUNHAMU, T. K.; SANTHOSHKUMAR, A. V. & RAJ, A. K. (2019). Growth and productivity of selected fodder grasses intercropped under mature coconut and rubber plantations. **Indian Journal of Agroforestry**, v. 21, n. 1, p. 21–26. Disponível em: <https://www.indianjournals.com/article/ijaf-21-1-003>. Acesso em: 21 mar. 2026

JÓŹWIĄK, W.; MIRKOWSKA, Z.; SOBIERAJEWSKA, J.; ZIELIŃSKI, M. & ZIĘTARA, W. (2023). Environmental, climate, and economic aspects of dairy cow farming. **Zagadnienia Ekonomiki Rolnej**, v. 376, n. 3, p. 26-46. Disponível em: <https://doi.org/10.30858/zer/170890>. Acesso em: 7 abr. 2026

JUÁREZ-HERNÁNDEZ, J. & BOLAÑOS-AGUILAR, E. D. Las curvas de dilución de la proteína como alternativa para la evaluación de pastos tropicales. **Universidad y Ciencia**, v. 23, n. 1, p. 81-90, jun. 2007. Disponível em: <https://www.redalyc.org/pdf/154/15423109.pdf>. Acesso em: 22 fev. 2026

KOHLER, M. R.; BAMPI, A. C.; SILVA, C. A. F.; ARANTES, A. & GASPAR, W. J. (2021). O desmatamento da Amazônia brasileira sob o prisma da pecuária bovina. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 11. Disponível em: <https://rsdjournal.org/rsd/article/download/19252/17222/236686>. Acesso em: 29 mar. 2026.

KU-VERA, J. C.; CASTELÁN-ORTEGA, O. A.; GALINDO-MALDONADO, F. A.; ARANGO, J.; CHIRINDA, N.; JIMÉNEZ-OCAMPO, R.; VALENCIA-SALAZAR, S. S.; FLORES-SANTIAGO, E. J.; MONTOYA-FLORES, M. D.; MOLINA-BOTERO, I. C.; PINEIRO-VÁZQUEZ, A. T.; ARCEO-CASTILLO, J. I.; AGUILAR-PÉREZ, C. F.; RAMÍREZ-AVILÉS, L. & SOLORIO-SÁNCHEZ, F. J. (2020). Strategies for reducing enteric methane emissions in ruminants. **Animal**, v. 14, supl. 3, p. s453–s463. Disponível em: <https://doi.org/10.1017/S1751731120001780>. Acesso em: 30 mar. 2026

LACERDA, M. S. B.; ALVES, A. A.; OLIVEIRA, M. E.; ROGÉRIO, M. C. P.; CARVALHO, T. B.; VERAS, V. S. (2009). Composição bromatológica e produtividade do capim-andropógon em diferentes idades de rebrota em sistema silvipastoril. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 31, n. 2, p. 123-129. Disponível em: <https://doi.org/10.4025/actascianimsci.v31i2.4549>. Acesso em: 21 mar. 2026

LANA, R. M. Q.; LANA, Â. M. Q.; REIS, G. L. & LEMES, E. M. (2016). Productivity and nutritive value of brachiaria forage intercropping with eucalyptus in a silvopastoral system in the Brazilian Cerrado biome. **Australian Journal of Crop Science**, v. 10, n.5, p. 654–659. Disponível em: <https://doi.org/10.21475/ajcs.2016.10.05.p7346>. Acesso em: 22 mar. 2026

LANDHOLM, D. M.; PRADHAN, P.; WEGMANN, P.; ROMERO SÁNCHEZ, M. A.; SUÁREZ SALAZAR, J. C. & KROPP, J. P. (2019). Reducing deforestation and improving livestock productivity: greenhouse gas mitigation potential of silvopastoral systems in Caquetá. **Environmental Research Letters**, v. 14, n. 11, p. 1–14. Disponível em: <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ab3db6>. Acesso em: 28 mar. 2026

LEMES, A. P.; GARCIA, A. R.; PEZZOPANE, J. R. M.; BRANDÃO, F. Z.; WATANABE, Y. F.; COOKE, R. F.; SPONCHIADO, M.; DE PAZ, C. P.; CAMPRESI, A. C.; BINELLI, M. & GIMENES, L. U. (2021). Silvopastoral system is an alternative to improve animal welfare and productive performance in meat production systems. **Scientific Reports**, v. 11, n. 1, p. 14092.

Disponível em: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC8266897/>. Acesso em: 21 mar. 2026

LI, H.; MEI, X.; WANG, J.; HUANG, F.; HAO, W. & LI, B. (2021). Drip fertigation significantly increased crop yield, water productivity and nitrogen use efficiency with respect to traditional irrigation and fertilization practices: A meta-analysis in China. **Agricultural Water Management**, v. 244, p. 106534. Disponível em: <https://ideas.repec.org/a/eee/agiwat/v244y2021ics0378377420320813.html>. Acesso em: 22 mar. 2026

LIENDO, M. E.; GONZALEZ, A. A.; OLEA, L. E.; ALEGRE, A.; SUAREZ, L.; GUERINEAU, M.; MARTIN, G. O. & TOLL, J. R. (2019). Relación hoja-tallo en el estado fenológico de floración, en gramíneas naturales y cultivadas del chaco occidental semiárido del departamento Trancas, Tucumán, Argentina. **Revista Agronómica del Noroeste Argentino**, v. 39, n. 1, p. 45-51. Disponível em: <https://www.scielo.org.ar/pdf/ranar/v39n1/v39n1a05.pdf>. Acesso em: 21 jan. 2026

LIMA, M. A.; PACIULLO, D. S.; MORENZ, M. J.; GOMIDE, C. A.; RODRIGUES, R. A. & CHIZZOTTI, F. H. (2019). Productivity and nutritive value of *Urochloa decumbens* and performance of dairy heifers in a long-term silvopastoral system. **Grass and Forage Science**, v. 74, n. 1, p. 160-170. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/1107199/1/2019011.pdf>. Acesso em: 11 fev. 2026

LIMA, M. C. D. de; GAMA, D. C. (2018). O sistema de integração lavoura-pecuária-floresta no Brasil: conceitos, desafios e novas perspectivas. **Agroforestalis News**, v. 3, n. 1, p. 31-51. Disponível em: <https://ufs.emnuvens.com.br/AGRO/article/view/9752>. Acesso em: 24 fev. 2026

LOPES, C. M.; PACIULLO, D. S. C.; ARAÚJO, S. A. C.; GOMIDE, C. D. M.; MORENZ, M. J. F. & VILLELA, S. D. J. (2017). 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. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/abmvz/a/hDkfG3yc4qgCNxgY8BBgWMK/?format=html&lang=pt>. Acesso em: 25 mar. 2026

LÓPEZ, E. & GONZÁLEZ, B. (2016). **Diseño y análisis de experimentos, fundamentos y aplicaciones en agronomía. 2ª ed. revisada e ampliada**. Ciudad de Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía, 280 p. Disponível em: [http://cete.fausac.gt/wpcontent/uploads/2020/11/Diseno\\_y\\_Analisis\\_de\\_Experimentos\\_2016a.pdf](http://cete.fausac.gt/wpcontent/uploads/2020/11/Diseno_y_Analisis_de_Experimentos_2016a.pdf). Acesso em: 26 fev. 2026

LORENZON, A. S.; DIAS, H. C. T. & TONELLO, K. C. (2015). Escoamento da água da chuva pelo tronco das árvores em uma floresta estacional semidecidual. **Revista Árvore**, v. 39, n. 3, p. 423–430. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/0100-67622015000300002>. Acesso em: 14 mar. 2026

LUCAS, N. M. (2004). **Desempenho animal em sistema silvipastoril com acácia-negra (*Acacia mearnsii* De Wild.) e rendimento de matéria seca de cultivares de *Panicum maximum* Jacq. sob dois regimes de luz solar**. 127p. Tese (Doutorado em Zootecnia) –

Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS. Disponível em:  
<https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/4948/000462435.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.  
Acesso em: 21 mar. 2026

LUZ, P. A. C. da. (2017). **Desempenho na terminação e qualidade da carcaça e da carne de bovinos criados em sistema agrossilvipastoril**. Botucatu. 98 f. Tese (Doutorado em Medicina Veterinária) – Universidade Estadual Paulista, Botucatu, SP. Disponível em:  
<https://repositorio.unesp.br/entities/publication/daa03684-8b83-4530-b1d1-e203e7f38d45>.  
Acesso em: 8 abr. 2026

MACHADO, L. A. Z.; FABRICIO, A. C. & SALTON, J. C. (2001). Performance of steers in *Brachiaria decumbens* pastures, permanent and rotation with soybean. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 19., 2001, São Pedro. **Proceedings...** Piracicaba: SBZ/FEALQ, 2001. p.747-748. Disponível em: <http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/244268>.  
Acesso em: 31 mar. 2026

MAGALHÃES, J. A. (2010). **Características morfogênicas e estruturais, produção e composição bromatológica de gramíneas forrageiras sob irrigação e adubação**. 151 f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2010. Disponível em: <https://repositorio.ufc.br/handle/riufc/17031>. Acesso em: 22 mar. 2026

MAGALHÃES, J. A.; CARNEIRO, M. S. de S.; ANDRADE, A. C.; RODRIGUES, B. H. N.; COSTA, N. de L. & CARVALHO, K. N. de. (2011a). Teores de matéria seca e proteína bruta do capim-marandu sob irrigação e adubação. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ZOOTECNIA, 21., 2011, Maceió. **Anais...** Maceió: UFAL, 2011. Disponível em:  
<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/905964>. Acesso em: 11 fev. 2026

MAGALHÃES, J. A.; COSTA, N. de L.; PEREIRA, R. G. de A. & TOWNSEND, C. R. (2001). Desempenho produtivo e reações fisiológicas de ovinos deslanados mantidos sob seringal (*Hevea brasiliensis*). **Revista Científica de Produção Animal**, v.3, n.1, p.77-82. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/70368>. Acesso em: 2 abr. 2026

MAGALHÃES, J. A.; COSTA, N. de L.; PEREIRA, R. G. A.; TOWNSEND, C. R. & BIANCHETTI, A. (2004). Sistemas silvipastoris: alternativa para Amazônia. **Revista Bahia Agrícola**, v. 6, n. 3, p. 52-54. Disponível em:  
<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/908598>. Acesso em: 26 fev. 2026

MAGALHÃES, J. A.; SOUSA, H. U. de; FAVARO, S. P.; SANTOS, F. J. de S.; COSTA, N. de L. & RODRIGUES, B. H. N. (2023). **Produtividade de forragem, teores de proteína bruta e de fibra em detergente neutro do capim-marandu em sistema silvipastoril com macaúba no Semiárido do Piauí**. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 32p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 151). Disponível em:  
<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1156621>. Acesso em: 15 fev. 2026

MAGALHÃES, J. A.; TOWNSEND, C. R.; COSTA, N. de L. & PEREIRA, R. G. de A. (2011b). Desempenho produtivo de búfalos em sistemas silvipastoris na Amazônia brasileira. **Pubvet**, v. 5, n. 27. Disponível em:

<https://ojs.pubvet.com.br/index.php/revista/article/view/2232>. Acesso em: 19 jan. 2026

MAGALHAES, J.A.; SANTOS, F. de S.; RODRIGUES, B. H.; COSTA, N. de L. & SOUSA, H. U. de. (2025). Sistema silvipastoril com bovinos mestiços em pastagem de capim-marandu associada a cajueiros-anões. **Contribuciones a Las Ciencias Sociales**, v.18, n.10, p. 1-33. Disponível em: <http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/1180600>. Acesso em: 16 fev. 2026

MARTINS NETO, L. R. (2014). **Estrutura do pasto e comportamento ingestivo de bovinos mantidos em pastagem de capim-piatã, manejado sob lotação contínua**. Dissertação (Mestrado em Ciências Veterinárias) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia. Disponível em: <https://repositorio.ufu.br/handle/123456789/13128>. Acesso em: 10 fev. 2026

MATOS, F. A. (2014). **Relações espaciais e crescimento de canafístula (*Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub.) e biomassa de *Urochloa brizantha* cv. BRS Piatã em sistema silvipastoril**. 2014. 100 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados. Disponível em: <http://200.129.209.58:8080/handle/prefix/203>. Acesso em: 18 mar. 2026

MELO, F. de B.; CAVALCANTE, A. C.; ANDRADE JÚNIOR, A. S. & BASTOS, E. A. (2004). **Levantamento detalhado dos solos da área da Embrapa Meio-Norte/UEP de Parnaíba**. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 25 p. (Embrapa Meio-Norte. Documentos, 89). Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/68239>. Acesso em: 11 abr. 2026

MENDONÇA, R. M. A.; LANA, Â. M. Q.; LANA, R. M. Q.; LEMOS FILHO, J. P. & CARMO, T. D. (2017). Meteorological, light and grass characteristics under trees in a silvopasture in the Brazilian cerrado. **Australian Journal of Crop Science**, v.11 n.2, p.177–183. Disponível em: <https://doi.org/10.21475/ajcs.17.11.02.p224>. Acesso em: 12 abr. 2026

MESQUITA, P.; NERES, M. A.; EUCLIDES, V. P. B.; MONTAGNER, D. B. & BARBOSA, R. A. (2010). Structural characteristics of marandu palisadegrass swards subjected to continuous stocking and contrasting rhythms of growth. **Scientia Agricola**, v. 67, n. 1, p. 23 30. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/sa/a/8ptDDRwq8s5jTpVjVrWRM7H/?format=pdf&lang=en>. Acesso em 5 abr. 2026

MINSON, D. J. (1982). Effects of chemical and physical composition of herbage eaten upon intake: grazing animal, nutrient requirements. In: HACKER, J. B. (Ed.). **Nutritional Limits to Animal Production from Pastures: proceedings of an international symposium held at St Lucia, Queensland, Australia, August 24–28, 1981**. Farnham Royal: Commonwealth Agricultural Bureaux, p. 182.

MOCHEL FILHO, W. de J. E. (2009). **Fluxo de biomassa, produção de forragem e composição químico-bromatológica do capim-Mombaça sob adubação e irrigação**. Fortaleza: UFC, 96f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal do Ceará. Disponível em: <http://repositorio.ufc.br/handle/riufc/18899>. Acesso em: 22 mar. 2026

MODESTO, R. C. (2022). **A influência da luz na partição de fotoassimilados em *Canavalia***

*ensiformis* (L.) DC. Tese (Doutorado em Agronomia – Produção Vegetal) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/entities/publication/6e5dab5e-8f7b-46af-aa>. Acesso em: 11 fev. 2026

MONTARD, F. X. de; RAPEY, H.; DELPY, R. & MASSEY, P. (1999). Competition for light, water and nitrogen in an association of hazel (*Corylus avellana* L.) and cocksfoot (*Dactylis glomerata* L.). **Agroforestry Systems**, v. 43, n. 1-3, p. 135-150. Disponível em: <https://doi.org/10.1023/A:1026475910260>. Acesso em: 28 mar. 2026

MONTEIRO, A.; GOMES, F. J.; MOTA, L. G.; MOTTA, L. J. M.; BARROS, L. V.; SILVA, F. G.; CABRAL, C. H. A. & CABRAL, C. E. (2024). A. Silvopastoral system with high density of trees accelerates degradation of tropical grass. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 25, e20230006. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1519-994020230006>. Acesso em: 21 fev. 2026

NASCIMENTO JUNIOR, D.; GARCEZ NETO, A.F.; BARBOSA, R.A. & ANDRADE, C. D. (2002). Fundamentos para o manejo de pastagens: evolução e atualidade. In: OBEID, J. A.; PEREIRA, O. G.; FONSECA, D. M.; NASCIMENTO Jr., D. SIMPÓSIO SOBRE MANEJO ESTRATÉGICO DA PASTAGEM, 1., 2002, Viçosa. **Anais...** Viçosa: UFV. p.149-196.

NABINGER, C. (1997). Eficiência do uso de pastagens: disponibilidade e perdas de forragem. In: PEIXOTO, A. M.; MOURA, J. C. & FARIA, V. P. SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DE PASTAGEM, 14, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1997, p. 213-251.

NABINGER, C. & PONTES, L. S. (2001). Morfogênese de plantas forrageiras e estrutura do pasto. In: REUNIÃO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38., 2001. Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: SBZ. p.755-771.

NATIONAL GEOGRAPHIC BRASIL. (2025). **O ano de 2024 foi o mais quente da história e o primeiro a exceder 1,5°C de aquecimento acima do nível pré-industrial**. Disponível em: <https://www.nationalgeographicbrasil.com/meio-ambiente/2025/01/o-ano-de-2024-foi-o-mais-quente-da-historia-e-o-primeiro-a-exceder-15degc-de-aquecimento-acima-do-nivel-pre-industrial>. Acesso em: 21 fev. 2026

NUGRAHAENINGTYAS, E.; LEE, J.-S.; PARK, K.-H. (2024). Greenhouse gas emissions from livestock: sources, estimation, and mitigation. **Journal of Animal Science and Technology**, v. 66, n. 6, p. 1083-1098. Disponível em: <https://doi.org/10.5187/jast.2024.e86>. Acesso em: 31 mar. 2026

NÚÑEZ SUÁREZ, L. (2022). **Factores que controlan la concentración de proteína cruda del forraje en un campo natural de basalto de Uruguay**. 64 f. Dissertação (Maestria em Agronomia) – Universidad de la República (Uruguay), Facultad de Agronomía, Unidad de Posgrados y Educación Permanente. Disponível em: <https://www.colibri.udelar.edu.uy/jspui/handle/20.500.12008/36402>. Acesso em: 21 mar. 2026

O'MARA, F. P. (2012). The role of grasslands in food security and climate change. **Annals of Botany**, v. 110, n. 6, p. 1263-1270. Disponível em: <https://doi.org/10.1093/aob/mcs209>. Acesso em: 22 mar. 2026.

OCHANTE-RAMOS, R. H.; RIVEROS-DAVALOS, M. & MAMANI-MERCADO, N. G. L. (2023). Prácticas sostenibles y conciencia ambiental: estrategias para la conservación del medio ambiente. **Revista Arbitrada Interdisciplinaria Koinonía**, v. 8, n. 1, p. 287–305. Disponível em: <https://doi.org/10.35381/r.k.v8i1.2791>. Acesso em: 12 mar. 2026

OLIVEIRA, A. F. de; GONTIJO NETO, M. M.; GONÇALVES, L. C.; FRAZÃO, L. A. & SILVA, E. A. & LANA, A. M. Q. (2022). Produção de bovinos em sistemas integrados de produção agropecuária no Brasil. **Informe Agropecuário**, v. 43, n. 320, p. 42 – 51.

OLIVEIRA, T. K. de; ANDRADE, C. M. S. de; SALMAN, A. K. D. (2012). **Sistemas silvipastoris**: conceitos, benefícios e métodos de implantação. In: LUNZ, A. M. P.; OLIVEIRA, T. K. de; NEVES, E. J. M. (ed.). **Sistemas Integrados de Produção Agropecuária no Domínio Amazônico**. Rio Branco: Embrapa Acre, cap. 2, p. 31-64.

PACIULLO, D. S. C. & GOMIDE, C. A. M. (2019). Manejo de pastagens tropicais em sistemas silvipastoris. In: BUNGESTAB, D. J.; GIOLLO, R.; LAURA, V. A.; BALBINO, L.C. & FERREIRA, A.D. (Org.). **ILPF: inovação com integração de lavoura, pecuária e floresta**. 1ed. Brasília: Embrapa, v. 1, p. 389-404. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/1112571>. Acesso em: 21 mar. 2026

PACIULLO, D. S. C.; CASTRO, C. R. T.; PIRES, M. F. A.; MULLER, M.; XAVIER, D. F.; MORENZ, M. J. F.; GOMIDE, C. A. M. & LIMA, M. A. (2021). **Dez anos de pesquisa em um sistema silvipastoril para recria de novilhas leiteiras em áreas montanhosas**. Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite. 27 p. (Embrapa Gado de Leite. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 42). Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1131760>. Acesso em: 11 abr. 2026

PAULA, C. C. L.; EUCLIDES, V. P. B.; MONTAGNER, D. B.; LEMPP, B.; DIFANTE, G. S.; CARLOTO, M. N. (2012). Estrutura do dossel, consumo e desempenho animal em pastos de capim-marandu sob lotação contínua. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 64, n. 1, p. 169-176. Disponível em: <http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/948579>. Acesso em: 21 fev. 2026

PEREZ-RUCHEL, A.; REPETTO, J. L. & CAJARVILLE, C. (2017). Feeding behavior and ruminal environment of lambs fed only pasture indoors or grazing. **Veterinaria**, v. 53, n. 207, p. 44-53. Disponível em: [http://www.scielo.edu.uy/scielo.php?script=sci\\_abstract&pid=S1688-48092017000300044&lng=en&nrm=iso&tlng=en](http://www.scielo.edu.uy/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1688-48092017000300044&lng=en&nrm=iso&tlng=en). Acesso em: 30 mar. 2026

PILLAI, R. G.; KAMALAM, G. & SREEDHARAN, C. (1980). Performance of fodder crops under coconut garden conditions in Kerala. In: NATIONAL SEMINAR ON FORAGE PRODUCTION, 2., Anand. **Proceedings...** Anand: National Dairy Development Board. p. 179-184.

PIMENTEL, L. D. & BARBOSA, M. A. M. (2022). Cultivo de macaúba em sistemas agroflorestais. **Informe Agropecuário**, v. 43, p. 63-75. Disponível em: <https://www.livrariaepamig.com.br/produto/subcategoria/ia-320-sistemas-integrados-de-producao-agropecuaria/>. Acesso em: 17 mar. 2026

PIMENTEL, R. M.; BAYÃO, G. F. V.; LELIS, D. L.; CARDOSO, A. J. S.; SALDARRIAGA,

F. V.; MELO, C. C. V.; SOUZA, F. B. M.; PIMENTEL, A. C. S.; FONSECA, D. M. & SANTOS, M. E. R. (2016). Ecofisiologia de plantas forrageiras. **Pubvet**, v. 10, n. 9, p. 666–679. Disponível em: <https://scispace.com/pdf/ecofisiologia-de-plantas-forrageiras-3bovyvy2lv.pdf>. Acesso em: 21 fev. 2026

PINTO, J. C.; GOMIDE, J. A.; MAESTRI, M. & LOPES, N. F. (1994). Crescimento de folhas de gramíneas forrageiras tropicais, cultivadas em vasos, com duas doses de nitrogênio. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, v. 23, n. 3, p. 327–332. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1516-35982005000500009>. Acesso em: 22 fev. 2026

RAMÍREZ-CONTRERAS, R.; LARA-BUENO, A.; URIBE-GÓMEZ, M.; CRUZ-LEÓN, A.; RODRÍGUEZ-TREJO, D. A. & VALENCIA TREJO, G. M. (2020). Comportamiento forrajero del estrato herbáceo en diferentes densidades arbóreas de selva baja caducifolia. **Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas**, v. 11, n. 4, p. 881-893. Disponível em: <https://doi.org/10.29312/remexca.v11i4.2467>. Acesso em: 11 fev. 2026

RAMÍREZ REYNOSO, O.; HERNÁNDEZ GARAY, A.; PÉREZ, J.; CASTILLO GARCÍA, H. & ENRÍQUEZ QUIROZ, J. F. (2009). Acumulación de forraje, crecimiento y características estructurales del pasto Mombaza. **Técnica Pecuaria en México**, v. 47, n. 2, p. 203-213. Disponível em: <https://cienciaspecuarias.inifap.gob.mx/index.php/Pecuarias/article/view/1476>. Acesso em: 22 fev. 2026

REYES, C.; HEPP, C.; NAGUIL, A. (2017), **Método directo para la medición de materia seca y disponibilidad de forraje en praderas a pastoreo**. Coyhaique, Chile: INIA, 2 p. (Ficha Técnica INIA, n. 14). <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.32363.52002>. Acesso em 31 mar. 2026

REUTERS. (2026). Brasil ultrapassa EUA como maior produtor de carne bovina. **InfoMoney**, 7 jan. 2026. Disponível em: <https://www.infomoney.com.br/economia/brasil-ultrapassa-eua-como-maior-produtor-de-carne-bovina/>. Acesso em: 30 mar. 2026

REZENDE, C. H. S. (2025). Exportações de carne bovina do Brasil crescem 26% em 2024 e batem recorde histórico. **Exame**, 7 jan. 2025. Disponível em: <https://exame.com/agro/exportacoes-de-carne-bovina-do-brasil-crescem-26-em-2024-e-batem-recorde-historico/>. Acesso em: 21 fev. 2026

RIPAMONTI, A.; FINOCCHI, M.; PULINA, A.; FRANCA, A.; SEDDAIU, G.; TURINI, L., MELE, M. & MANTINO, A. (2025). Effects of tree presence on forage yield and nutritive value in agroforestry livestock systems: A global systematic review. **Agroforestry Systems**, v. 99, n. 110, p-01-33. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10457-025-01214-8>. Acesso em: 23 fev. 2026

RODRIGUES, C. O. D.; ARAÚJO, S. A. C.; VIANA, M. C. M.; ROCHA, N. S.; BRAZ, T. G. S.; VILLELA, S. D. J. (2014). Light relations and performance of signal grass in silvopastoral system. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 36, n. 2, p. 129-135, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.4025/actascianimsci.v36i2.2239>. Acesso em: 27 fev. 2026

ROZADOS-LORENZO, M. J.; GONZÁLEZ-HERNÁNDEZ, M. P. & SILVA-PANDO, F. J. (2007). Pasture production under different tree species and densities in an Atlantic silvopastoral system. **Agroforestry Systems**, v. 70, n. 1, p. 53–62. Disponível em:

<https://doi.org/10.1007/s10457-007-9032-2>. Acesso em: 21 mar. 2026

SAATH, K. C. O. & FACHINELLO, A. L. (2018). Crescimento da demanda mundial de alimentos e restrições do fator terra no Brasil. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 56, n. 2, p. 195-212, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1234-56781806-94790560201>. Acesso em: 29 mar. 2026

SÁEZ-PLAZA, P.; GARCÍA ASUERO, A. & MARTÍN, J. (2019). An annotation on the Kjeldahl method. **Anales de la Real Academia Nacional de Farmacia**, v. 85, n. 1, p. 14-19. <https://idus.us.es/server/api/core/bitstreams/d858243d-7874-4b69-9bca-29a8233be008/content>

SALLES, N.; DANIEL, O.; HEID, D. M.; CARVALHO, R. P. & NOGUEIRA, I. M. B. (2014). Acúmulo de biomassa de *Brachiaria brizantha* cv. Xaraés em sistema silvipastoril. **Cadernos de Agroecologia**, v. 9, n. 4. Disponível em: <https://revista.aba-agroecologia.org.br/cad/article/view/16642>. Acesso em: 31 jan. 2026

SÁNCHEZ, E. C. & DAUMÁS, S. H. (2003). Competencia por luz en sistemas silvopastoriles. **Revista Ecofronteras**, v.18, p.21-23. Disponível em: <https://ecosur.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1017/938/1/0000294191documento.pdf>. Acesso em: 29 mar. 2026

SANTOS, A. R. M. D.; GOMES, F. J.; XIMENES, E. S. O. C.; ARAGÃO, W. F. D. X. & SILVA, A. C. D. (2020). Efeito do ambiente luminoso em forrageiras de clima tropical em sistemas silvipastoris. **Nativa**, v. 8, n. 5, p. 633-642. Disponível em: <https://periodicoscientificos.ufmt.br/ojs/index.php/nativa/article/view/10883>. Acesso em: 22 mar. 2026

SANTOS, C. A. dos; OLIVEIRA, A. F. de; MOREIRA, E. D. S.; GONÇALVES, L. C.; VIANA, M. C. M.; GONTIJO NETO, M. M. & LANA, Â. M. Q. (2023). Influence of shade on productivity and nutritional value of *Urochloa decumbens* in silvopastoral systems using different spatial arrangements of eucalyptus cultivars. **Tropical Grasslands – Forrajes Tropicales**, v. 11, n. 2, p. 169–182. Disponível em: [https://doi.org/10.17138/tgft\(11\)169-182](https://doi.org/10.17138/tgft(11)169-182). Acesso em: 19 fev. 2026

SANTOS, D. de C.; GUIMARAES JÚNIOR, R.; VILELA, L.; MACIEL, G. A. & SOUZA, A. F. de. (2018). 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. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2018.07.017>

SANTOS, F. J. de S.; MAGALHÃES, J. A.; RODRIGUES, B. H. N.; COSTA, N. de L.; SOUSA, H. U. de. (2025). **Sistema integrado aquicultura-pecuária: irrigação de pastagens usando efluente da piscicultura**. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2025. 34 p. (Documentos, 298). Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1184352>. Acesso em 18 mar. 2026

SANTOS NETO, C. F. dos. **Produção de forrageiras cultivadas e conforto térmico em sistemas silvipastoris na caatinga**. 2021. 95 f. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza. Disponível em: <http://repositorio.ufc.br/handle/riufc/58908>.

Acesso em: 10 mar. 2026

SBRISSIA, A. F.; SILVA, S. C. & NASCIMENTO JÚNIOR, D. (2007). Ecofisiologia de plantas forrageiras e o manejo do pastejo. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 24., 2007, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ. p. 153-176. Disponível em: <https://www.embrapa.br/documents/1354377/1743400/Ecofisiologia+da++producao+animal.pdf/e9046567-6475-46dd-8791-e40e48bc1064?version=1.0>. Acesso em: 21 mar. 2026

SICSÚ, A. B. & LIMA, J. P. R. de. Fronteiras agrícolas no Brasil: A lógica de sua ocupação recente. **Nova Economia**, v. 10, n. 1, p. 109-140, 2000. Disponível em: <https://revistas.face.ufmg.br/index.php/novaeconomia/article/view/2145>. Acesso em: 26 mar. 2026

SILVA, A. M. S.; SILVA, S. C.; OTAVIANO, E. K. S.; GOMES, C. M.; MAMMANA, A. F.; FRAK, E.; LOUARN, G.; SBRISSIA, A. F. & CARVALHO, L. F. G. (2025). Functional plant species traits that shape canopy light interception and agronomic performance of perennial forage grasses cultivated in monoculture and association. **Grass and Forage Science**, v. 80, e12449. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/gfs.12716>. Acesso em: 19 mar. 2026

SILVA, D. J.; QUEROZ, A.C. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. 3.ed. Viçosa, MG: Editora UFV, 2002. 235p.

SILVA, J. A. R. da. **Avaliação do estresse térmico em búfalas Murrah criadas em dois diferentes sistemas de manejo nas condições climáticas da Amazônia Oriental**. 2010. 148 f. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza-CE. Disponível em: <http://repositorio.ufc.br/handle/riufc/17030>. Acesso em: 21 mar. 2026

SILVA, S. C. & NASCIMENTO JUNIOR, D. do. (2007). Ecofisiologia da produção animal em pastagens e suas implicações sobre o desempenho e a produtividade de sistemas pastoris. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO ESTRATÉGICO DA PASTAGEM, 4., Viçosa. **Anais...** Viçosa: Suprema, 2007. p.1-48.

SILVA, S. C. da; SBRISSIA, A. F. & PEREIRA, L. E. T. (2015). Ecophysiology of C4 forage grasses: understanding plant growth for optimising their use and management. **Journal Agriculture** (Basel), v. 5, n. 3, p. 598-625. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/agriculture5030598>. Acesso em: 17 mar. 2026

SILVEIRA, D.; CADENAZZI, M.; NABINGER, C. & BOGGIANO, P. (2022). Influencia del ambiente lumínico sobre la cobertura vegetal y metabolismos fotosintéticos en comunidades de sotobosque. **Agro Sur**, v. 50, n. 1, p. 47-63. Disponível em: <https://doi.org/10.4206/agrosur.2022.v50n1-05>. Acesso em: 17 fev. 2026

SIMIONI, T. A.; HOFFMANN, A.; GOMES, F. J.; MOUSQUER, C. J.; TEIXEIRA, U. H. G.; FERNANDES, G. A.; BOTINI, L. A & PAULA, D. C. de. (2014). Senescência, remoção, translocação de nutrientes e valor nutritivo em gramíneas tropicais. **Pubvet**, v. 8, n. 13, art. 1743. Disponível em: <https://doi.org/10.22256/pubvet.v8n13.1743>. Acesso em: 23 fev. 2026

SLAMET, B.; JAYA, I. N. S.; HENDRAYANTO, H. & TARIGAN, S. D. (2015). Stemflow variability in tropical lowland forest landscape transformation system: case study at Jambi

Province, Indonesia. **Journal Manajemen Hutan Tropika**, v. 21, n. 1, p. 1–10. Disponível em: <https://journal.ipb.ac.id/index.php/jmht/article/view/9491>. Acesso em:

SLATTERY, R. A.; WALKER, B. J.; WEBER, A. P. M. & ORT, D. R. (2018). The impacts of fluctuating light on crop performance. **Plant Physiology**, v. 176, n. 2, p. 990-1003.

SOARES, K. A. R. S. C.; SILVA, H. M. da; SOUZA, H. A. & STINGUEL, H. (2016). Produção de forragem em sistemas integrados. **Nutritime**, v. 13, n. 4, p. 4738-4748. Disponível em: <https://nutritime.com.br/artigos/artigo-383-producao-de-forragem-em-sistemas-integrados/>. Acesso em: 21 jan. 2026

SOUSA, A. P. W. P. & SANTOS, A. C. (2014). Características estruturais e produtivas do capim-mombaça sob sombreamento, na fase de estabelecimento. **Semana Acadêmica. Revista Científica**, v. 12, n. 246, p. 1-12. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.35265/2236-6717-246-12977>. Acesso em: 22 mar. 2026

SOUSA, L. F.; MAURÍCIO, R. M.; MOREIRA, G. R.; GONÇALVES, L. C.; BORGES, I. & PEREIRA, L. G. R. (2010). Nutritional evaluation of Braquiara grass in association with Aroeira trees in a silvopastoral system. **Agroforestry Systems**, v.79, p.189-199, Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10457-010-9297-8>. Acesso em: 17 fev. 2026

SOUZA, B. B. de & BATISTA, N. L. (2012). Os efeitos do estresse térmico sobre a fisiologia animal. **Agropecuária Científica no Semiárido**, v. 8, n. 3, p. 06-10. Disponível em: <https://doi.org/10.30969/acsa.v8i3.174>. Acesso em: 21 fev. 2026

SOUZA, J. P. de; TOWNSEND, C. R.; ARAÚJO, S. R. do C. & OLIVEIRA, G. A. de. (2020). Características morfogênicas, estruturais e agronômicas de gramíneas tropicais: uma revisão. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 8, e942986588. Disponível em: <https://rsdjournal.org/rsd/article/view/6588/6040>. Acesso em: 6 abr. 2026

SUDENE. (2021). Resolução CONDEL/SUDENE Nº 150, de 13 de dezembro de 2021. Aprova a Proposição n. 151/2021, que trata do **Relatório Técnico que apresenta os resultados da revisão da delimitação do Semiárido 2021**. [Recife], 25 jul. 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/sudene/pt-br/centrais-de-conteudo/resolucao1502021.pdf>. Acesso em: 27 fev. 2026

SY, V. D.; HEROLD, M.; ACHARD, F.; BEUCHLE, R.; CLEVERS, J. G. P. W.; LINDQUIST, E.; VERCHOT, L. V. (2015). Land use patterns and related carbon losses following deforestation in South America. **Environmental Research Letters**, [s. l.], v. 10, n. 12, p. 124004. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1088/1748-9326/10/12/124004>. Acesso em: 25 mar. 2026

TAULESCU, E.; MARUȘCA, T.; MEMEDEMINE, D.; TÎBÎRNAC, M.; MIHAILĂ, E. (2024). Study of a silvopastoral system with turkey oak (*Quercus cerris* L.) in Dobrogea. **Romanian Journal of Grassland and Forage Crops**, v. 30, p. 109-118. Disponível em: [https://sropaj.ro/documente/ro/revista/articole/RJGFC-30-2024\\_art-11.pdf](https://sropaj.ro/documente/ro/revista/articole/RJGFC-30-2024_art-11.pdf). Acesso em 27 jan. 2026

TONINI, H.; GENRO, T. C. M.; TRENTIN, G. (2024). Associations between tree spacing and

features of native grassland grown in silvopastoral systems in Pampa biome. **Ciência Rural**, v. 54, n. 8. Disponível em:

<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/1163761/1/ciencia-rural.pdf>. Acesso em: 10 mar. 2026

TOSTA, X. M.; RODRIGUES, R. C.; SANCHES, S. S.; ARAUJO, J. S.; LIMA JUNIOR, A. S.; COSTA, C. S.; SANTOS, F. N. S.; JESUS, A. P. R.; DA SILVA, I. R.; COSTA, F. O.; SHIGAKI, F. & MENDES, S. S. (2015). Nutritive value and in situ rumen degradability of Marandu palisade grass at different locations within the pasture in a silvopastoral system with different babassu palm densities. **Tropical Grasslands**, v. 3, p. 187-193. Disponível em: [http://dx.doi.org/10.17138/tgft\(3\)187-193](http://dx.doi.org/10.17138/tgft(3)187-193). Acesso em: 22 fev. 2026

TREJO-ARISTA, L. K.; CORTÉS-DÍAZ, E.; MARTÍNEZ-HERNÁNDEZ, P. A. & HUERTA-BRAVO, M. (2023). Sistemas silvopastoriles: una estrategia para la resiliencia ambiental en empresas ganaderas. **Pastos y Forrajes**, v. 46, 2023. Disponível em: [http://scielo.sld.cu/pdf/pyf/v46/en\\_2078-8452-pyf-46-e19.pdf](http://scielo.sld.cu/pdf/pyf/v46/en_2078-8452-pyf-46-e19.pdf). Acesso em: 22 fev. 2026

UNITED NATIONS. (2022). World Population Prospects 2022: Summary of Results. New York: United Nations, 2022. Disponível em: <https://population.un.org/wpp/>. Acesso em: 11 mar. 20-26

VARELLA, A. C.; BARRO, R. S.; PONTES, L. da S.; SILVA, J. L. S. da; PORFIRIO-DASILVA, V.; SAIBRO, J. C. & MAIA, M. B. (2019). Manejo de pastagens subtropicais e temperadas para a integração floresta-pecuária. In: BUNGENSTAB, D. J.; ALMEIDA, R. G. de; LAURA, V. A.; BALBINO, L. C. & FERREIRA, A. D. (ed.). **ILPF: inovação com integração de lavoura, pecuária e floresta**. Brasília, DF: Embrapa, p. 405-427. Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1112710>. Acesso em: 30 mar. 2026

VARGAS-SILVA, G. (2019). Biomecánica de los árboles: crecimiento, anatomía y morfología. **Madera y Bosques**, v. 25, n. 3, e2531712. Disponível em: <https://doi.org/10.21829/myb.2019.2531712>. Acesso em: 19 mar. 2026

VÁSQUEZ, H. J. A. & GIRALDO, Z. V. (2015). La mejor forma de rotación de potreros: A mayor cantidad de potreros, mayor disponibilidad de forraje. **Revista Carta FEDEGÁN**, n. 149, p. 66-68. Disponível em: <https://www.contextoganadero.com/reportaje/rotacion-de-potreros-herramienta-paraincrementar-la-produccion>. Acesso em: 7 mar. 2026

VENDRAMINI, J. M. B.; SILVEIRA, M. L. & MORIEL, P. (2023). Resilience of warm-season (C4) perennial grasses under challenging environmental and management conditions. **Animal Frontiers**, v. 13, n. 5, p. 16–22. Disponível em: <https://doi.org/10.1093/af/vfad038>. Acesso em: 17 mar. 2026

VIANA, M. C. M.; SILVA, E. A.; QUEIROZ, D. S.; PAES, J. M. V.; ALBERNAZ, W. M.; FRAGA, G. (2011). Cultivo de macaúba em sistemas agrossilvipastoris. **Informe Agropecuário**, v. 32, n. 265, p. 70-80. Disponível em: <https://livrariaepamig.com.br/wp-content/uploads/2023/03/IA-265.pdf>. Acesso em: 24 fev. 2026

WANGCHUK, W.; GYELTSHEN, J.; BANDARI, B. B. & PENJOR, T. (2021). Evaluation of

morphological traits, forage yield and nutrient quality of brachiaria hybrid Mulato II in Bhutan. **Bhutan Journal of Animal Science**, v. 5, n. 1, p. 37-46. Disponível em: <https://ojs.moal.gov.bt/index.php/bjas/article/view/73>. Acesso em: 11 mar. 2026

WENDLING, I. J.; OLIVEIRA, M. F. de; PEZZOPANE, J. R. M.; PACIULLO, D. S. C.; ALMEIDA JÚNIOR, G. A. de; COSTA, M. T. de A.; SALOMÃO, G. D.; ALVES, C. S.; DIAS, L. Z. & REIS, E. A. B. (2024). Sistemas silvipastoris; uma alternativa viável para áreas montanhosas do Espírito Santo. In: GONÇALVES, F. G.; CALDEIRA, M. V. W.; SILVA, G. F. & SOUZA, G. S. de. **Sistemas integrados de produção: Pesquisa e Desenvolvimento de Tecnologias**. Guarujá: Editora Científica. Disponível em: <https://doi.org/10.37885/210906095>. Acesso em 29 mar. 2026

WILSON, J. R. (1996). Shade-stimulated growth and nitrogen uptake by pasture grasses in a subtropical environment. **Australian Journal of Agricultural Research**, v.47, p.1075-1093. Disponível em: <https://www.cabidigitallibrary.org/doi/full/10.5555/19960710446>. Acesso em: 19 fev. 2026

WILSON, M. H. & LOVELL, S. T. (2016). Agroforestry: The next step in sustainable and resilient agriculture. **Sustainability**, v. 8, n. 6, p. 574. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/su8060574>. Acesso em: 23 mar. 2026

WORLDOMETER. (2025). World population clock – World population by year (1950–2025). Disponível em: <https://www.worldometers.info/world-population/>. Acesso em: 11 fev. 2026

XAVIER, D. F.; LEDO, F. J. da S.; PACIULLO, D. S. C.; URQUIAGA, S.; ALVES, B. J. R. & BODDEY, R. M. (2014). Nitrogen cycling in a *Brachiaria*-based silvopastoral system in the atlantic forest region of Minas Gerais, Brazil. **Nutrient Cycling in Agroecosystem**, v. 99, p. 45-62, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10705-014-9617-x>. Acesso em: 20 mar. 2026

ZANINE, A. de M. & SANTOS, E. M. (2004). Competição entre espécies de plantas – uma revisão. **Revista da FZVA (Uruguiana)**, v.11, n.1, p.10-3. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/275333657>. Acesso em: 11 abr. 2026