

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
Instituto de Ciências Agrárias
Programa De Pós-Graduação Em Produção Vegetal

Matheus Almeida Alves

**DESEMPENHO DE FORRAGEIRAS EM SISTEMAS INTEGRADOS DE
PRODUÇÃO AGRÍCOLA**

Montes Claros
2025

Matheus Almeida Alves

**DESEMPENHO DE FORRAGEIRAS EM SISTEMAS INTEGRADOS DE
PRODUÇÃO AGRÍCOLA**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial para a obtenção do título de Doutor em Produção Vegetal.

Orientador: Leonardo David Tuffi Santos

Coorientadora: Leidivan Almeida Frazão

Montes Claros
2025

Alves, Matheus Almeida.

A474d Desempenho de forrageiras em sistemas integrados de produção agrícola
2025 [manuscrito]/ Matheus Almeida Alves. Montes Claros, 2025.
64 f. : il.

Tese (doutorado) - Área de concentração em Produção Vegetal. Universidade Federal de Minas Gerais / Instituto de Ciências Agrárias.

Orientador: Leonardo David Tuffi Santos

Banca examinadora: Leonardo David Tuffi Santos, Evander Alves Ferreira, Luan Mateus Silva Donato, Rodinei Facco Pegoraro, Otávio Cardoso Filho, Maria Nilfa Almeida Neta.

Inclui referências: f. 21-31; 46-49; 60-63.

1. Agrosilvicultura -- Teses. 2. Urochloa sp. -- Teses. 3. Guandu -- Teses. 4. Milheto -- Teses. 5. Capim buffel -- Teses. 6. Plantas forrageiras -- Teses. I. Santos, Leonardo David Tuffi. II. Universidade Federal de Minas Gerais. Instituto de Ciências Agrárias. III. Título.

CDU: 633.2


ATA DE DEFESA DE TESE

Aos 24 dias do mês de outubro de 2025 às 8:00 horas, sob a Presidência do Professor Leonardo David Tuffi Santos, D. Sc. (Orientador - UFMG/ICA) e com a participação dos Professores Rodinei Facco Pegoraro, D. Sc. (UFGM/ICA), Evander Alves Ferreira, D. Sc. (UFVJM), Otávio Cardoso Filho, D. Sc. (Unimontes), do Técnico em Agropecuária Luan Mateus Silva Donato, D. Sc. (UFMG/ICA) e da Pós-Doutoranda Maria Nilfa Almeida Neta, D. Sc. (UFMG/ICA), reuniu-se, por videoconferência, a Banca de tese de **Matheus Almeida Alves**, aluno do Curso de Doutorado em Produção Vegetal. O resultado da defesa de tese intitulada: **“Desempenho de forrageiras em sistemas integrados de produção agrícola”** senda o aluno considerado **aprovado**. E, para constar, eu, Professor Leonardo David Tuffi Santos, Presidente da Banca, lavrei a presente ata que depois de lida e aprovada, será assinada por mim e pelos demais membros da Banca examinadora.


OBS.: O aluno somente receberá o título após cumprir as exigências do **ARTIGO 65** do regulamento do Curso de Doutorado em Produção Vegetal, conforme apresentado a seguir:

Art. 65 Para dar andamento ao processo de efetivação do grau obtido, o candidato deverá, após a aprovação de sua Dissertação ou Tese e da realização das modificações propostas pela banca examinadora, se houver, encaminhar à secretaria do Colegiado do Programa, com a anuência do orientador, 1 (um) exemplar impresso e 1 (um) exemplar eletrônico da dissertação ou tese, no prazo de 60 (sessenta) dias.


Montes Claros, 24 de outubro de 2025.

Documento assinado digitalmente
 LEONARDO DAVID TUFFI SANTOS
 Data: 24/10/2025 15:05:57-0300
 Verifique em <https://validar.iti.gov.br>


Leonardo David Tuffi Santos
 Orientador

Documento assinado digitalmente
 EVANDER ALVES FERREIRA
 Data: 24/10/2025 16:38:26-0300
 Verifique em <https://validar.iti.gov.br>


Evander Alves Ferreira
 Membro

Documento assinado digitalmente
 LUAN MATEUS SILVA DONATO
 Data: 24/10/2025 15:12:33-0300
 Verifique em <https://validar.iti.gov.br>


Luan Mateus Silva Donato
 Membro

Documento assinado digitalmente
 RODINEI FACCO PEGORARO
 Data: 24/10/2025 15:54:03-0300
 Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Rodinei Facco Pegoraro
 Membro

Documento assinado digitalmente
 OTAVIO CARDOSO FILHO
 Data: 28/10/2025 08:16:20-0300
 Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Otávio Cardoso Filho
 Membro

Documento assinado digitalmente
 MARIA NILFA DE ALMEIDA NETA
 Data: 24/10/2025 15:30:03-0300
 Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Maria Nilfa Almeida Neta
 Membro

Dedico este trabalho a Deus, a todos que me incentivaram e apoiaram nessa trajetória, à memória de meu pai Ilvânio Pereira Alves, à minha mãe Efigênia José de Almeida Alves, à minha irmã Millena Almeida Alves, e à minha noiva Marina Leri Fernandes.

AGRADECIMENTOS

A realização deste trabalho contou com o apoio de pessoas cuja contribuição foi essencial para que ele se concretizasse. A todas, registro minha sincera gratidão. De modo especial, expresso meus agradecimentos a:

Primeiramente a Deus, por ser essencial em minha vida, autor de meu destino, meu guia, socorro presente na hora da angústia.

Ao meu pai, Ilvânio Pereira Alves (in memoriam), cuja ausência é sentida diariamente, mas a presença permanece viva em minha memória e em cada conquista da minha vida. Agradeço pelos valores que me transmitiu, pelo exemplo de caráter e pela inspiração que continua a me guiar. Este trabalho é também uma forma de homenagear sua história.

À minha mãe, Efigênia José de Almeida Alves, que com amor incondicional e dedicação incansável sempre me guiou pelo caminho dos estudos. Sua força, coragem e sacrifícios foram a base de tudo que conquistei. Agradeço por cada ensinamento, pelos valores que me transmitiu e, sobretudo, por acreditar em mim. Este trabalho é também fruto da sua fé em meu futuro.

À minha irmã, Millena Almeida Alves, cuja ternura e cuidado me acompanham desde a infância. Sempre presente, carinhosa e disposta a me apoiar em cada desafio. O seu amor, constante e incondicional, foi fundamental para que eu chegasse até aqui.

À minha noiva, Marina Leri Fernandes, que não mediu esforços para me auxiliar no projeto sempre que foi preciso e esteve ao meu lado em cada etapa desta jornada. Seu apoio incansável, sua paciência e seu amor foram minha maior força nos momentos mais desafiadores. Seu amor foi expresso de maneira inigualável, em forma de companheirismo e persistência para prosseguir.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Leonardo David Tuffi Santos, expresso minha mais profunda gratidão pela generosidade em aceitar conduzir-me nesta trajetória acadêmica. Sua orientação sempre atenta, marcada por dedicação, paciência e disponibilidade ímpar, foi essencial para o amadurecimento deste trabalho e para o meu crescimento científico e pessoal. Sinto-me honrado por ter contado com sua confiança e cuidado ao final dessa caminhada, pois sem o seu apoio constante este projeto não teria se concretizado.

À minha coorientadora, Profa. Dra. Leivan Almeida Frazão, registro minha mais sincera gratidão pela dedicação, carinho e generosidade com que me orientou ao longo desta jornada. Suas palavras de incentivo, seus conselhos e a forma atenciosa com que transmitiu cada ensinamento foram fundamentais. Seu apoio em cada gesto marcou profundamente minha formação.

Ao Prof. Dr. Thiago Gomes dos Santos Braz, registro minha mais profunda gratidão pela significativa contribuição ao longo de toda esta jornada acadêmica. Desde a concepção do projeto até o seu desenvolvimento em campo, seu conhecimento, dedicação e orientação foram fundamentais para o avanço e a consolidação deste trabalho. Sua colaboração representou um apoio indispensável para a realização deste estudo, e sinto-me honrado por ter contado com sua sabedoria.

Ao Instituto de Ciências Agrárias da UFMG, minha profunda gratidão pela oportunidade de desenvolver este projeto em um ambiente acadêmico de excelência, que me proporcionou não apenas formação científica, mas também crescimento pessoal e profissional.

Aos amigos e às pessoas com quem tive o privilégio de conviver ao longo destes anos. A experiência de uma produção compartilhada, marcada pela colaboração e pelo companheirismo, especialmente no âmbito do grupo GEFOR e do grupo ILPF, foi uma das mais enriquecedoras da minha trajetória acadêmica. Reconheço e agradeço profundamente a dedicação e o empenho de todos que contribuíram direta ou indiretamente para o desenvolvimento deste projeto.

Não poderia deixar de expressar meu agradecimento especial aos seguintes amigos e colegas: Alessandro, Alex, Antonio, Arthur, Camila, Ellen, Emanuell, Fernanda, Gabriel, Igor, Ingrid, Janaina, Jaqueline, João, Maicon, Maisa, Marielly, Raquel e Victor.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão de bolsa e apoio financeiro ao pesquisador (COD 001).

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG).

A todos, meu muito obrigado!

Desempenho de forrageiras em sistemas integrados de produção agrícola

RESUMO

A adoção de sistemas integrados de produção permite a intensificação de uso da área utilizando múltiplos arranjos. Compreender como as espécies forrageiras se comportam nesses sistemas é necessário para alcance de atividade produtiva, rentável e sustentável. Os objetivos com o trabalho foram: 1- avaliar o desempenho de forrageiras do gênero *Urochloa* cultivadas em consórcio com milho na formação da pastagem; 2- Avaliar as respostas fisiológicas do capim-buffel cultivado ao longo do sub-bosque existente entre as árvores e o feijão-guandu em sistema de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta. No primeiro experimento foram testados o cultivo de milho (*Cenchrus americanus* cv. ADR-500) em monocultivo, e os consórcios de milho + capim-marandu (*Urochloa brizantha* cv. Marandu), milho + capim-xaraés (*U. brizantha* cv. Xaraés), milho + capim-paiaguás (*U. brizantha* cv. BRS Paiaguás), milho + capim-braquiária (*U. decumbens* cv. Basilisk), milho + capim-ruziziensis (*U. ruziziensis* cv. Kennedy). O capim-ruziziensis e o capim-braquiária destacaram-se, pela maior produção de matéria seca, com 3,76 e 3,72 t ha⁻¹, número de perfilhos, com 114,9 e 102 uni.m². Não houve diferença estatística na qualidade da forragem entre os tratamentos durante o consórcio. Após o consórcio, o capim-ruziziensis apresentou as maiores produções de massa verde e massa seca, com 13,94 e 7,45 t ha⁻¹, respectivamente, e o capim-paiaguás apresentou maiores valores de matéria seca, FDN e FDA com 52,79%, 71,46% e 37,48% respectivamente. Na estratificação da biomassa, o capim-ruziziensis e o capim-braquiária apresentaram mais de 40% de massa total até 75 cm de altura e 50 cm de altura, respectivamente. O segundo trabalho foi desenvolvido em parcelas subdivididas, sendo alocado nas parcelas dois arranjos de sistema silvipastoril: SP1 - capim-buffel (*Cenchrus ciliaries* cv. Aridus) consorciado com eucalipto (*Eucalyptus grandis* x *E. urophylla*) e, SP2 - capim-buffel consorciado com feijão-guandu (*Cajanus cajan* cv. Iapar 43/Aratã) e eucalipto. Dentro de cada parcela principal, foram estabelecidas quatro subparcelas, definidas pelas faixas de distância: 0–2, 2–4, 4–6 e 6–8 m a partir do renque de eucalipto. As avaliações ecofisiológicas foram realizadas no capim-buffel. O consumo de CO₂ variou de 2,20 a 38,40 no SP1, e de 5,70 a 35,77 no SP2, com maiores valores a 8 m. A taxa transpiratória aumentou de 0,58 para 1,67 no SP2 e de 0,95 para 1,71 no SP1 entre 2 e 8 m. A condutância estomática foi maior na distância de 8 m no SP1, com valor de 0,117. Os teores de clorofila a foram de 19,2 a 22,7 no SP1 e de 21,7 a 33,0 no SP2, com maiores valores na distância de 6 a 8 m.

Palavras-chave: integração lavoura-pecuária; *Urochloa* sp.; *Cajanus cajan*; *Cenchrus americanus*; *Cenchrus ciliaries*; ilpf; silvipastoril.

Performance of Forage Species in Integrated Agricultural Production Systems

ABSTRACT

The adoption of integrated production systems allows for the intensification of land use through multiple arrangements. Understanding how forage species behave in these systems is necessary to achieve productive, profitable, and sustainable activity. The objectives of this work were: 1- to evaluate the performance of forage species of the genus *Urochloa* cultivated in consortium with millet in pasture formation; 2- to evaluate the physiological responses of buffelgrass cultivated along the understory existing between the trees and pigeon pea in an Integrated Crop-Livestock-Forestry system. In the first experiment, the cultivation of millet (*Cenchrus americanus* cv. ADR-500) in monoculture and the intercropping systems of millet + marandu grass (*Urochloa brizantha* cv. Marandu), millet + xaraés grass (*U. brizantha* cv. Xaraés), millet + paiaguás grass (*U. brizantha* cv. BRS Paiaguás), millet + signalgrass (*U. decumbens* cv. Basilisk), and millet + ruziziensis grass (*U. ruziziensis* cv. Kennedy) were tested. Ruziziensis grass and signalgrass stood out for their higher dry matter production, with 3.76 and 3.72 t ha⁻¹, and number of tillers, with 114.9 and 102 units m⁻². There was no statistically significant difference in forage quality between treatments during the intercropping period. After intercropping, ruziziensis grass showed the highest green and dry matter production, with 13.94 and 7.45 t ha⁻¹, respectively, while paiaguás grass showed the highest values for dry matter, NDF, and ADF, with 52.79%, 71.46%, and 37.48%, respectively. In biomass stratification, ruziziensis grass and brachiaria grass showed more than 40% of total mass up to 75 cm and 50 cm in height, respectively. The second study was conducted in a split-plot design, with two silvopastoral system arrangements allocated to each plot: SP1 - buffelgrass (*Cenchrus ciliaries* cv. Aridus) intercropped with eucalyptus (*Eucalyptus grandis* x *E. urophylla*), and SP2 - buffelgrass intercropped with pigeon pea (*Cajanus cajan* cv. Iapar 43/Aratã) and eucalyptus. Within each main plot, four subplots were established, defined by distance ranges: 0–2, 2–4, 4–6, and 6–8 m from the eucalyptus row. Ecophysiological assessments were performed on the buffelgrass. CO₂ consumption ranged from 2.20 to 38.40 in SP1, and from 5.70 to 35.77 in SP2, with higher values at 8 m. The transpiration rate increased from 0.58 to 1.67 in SP2 and from 0.95 to 1.71 in SP1 between 2 and 8 m. Stomatal conductance was highest at a distance of 8 m in SP1, with a value of 0.117. Chlorophyll a levels ranged from 19.2 to 22.7 in SP1 and from 21.7 to 33.0 in SP2, with higher values at a distance of 6 to 8 m.

Keywords: labor-livestock integration; *Urochloa* sp.; *Cajanus cajan*; *Cenchrus americanus*; *Cenchrus ciliaries*; ilpf; silvopastoral.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	9
2 OBJETIVOS.....	11
3 REVISÃO DE LITERATURA.....	12
3.1 Sistemas de Integração Agropecuários.....	12
3.2 Consórcios de culturas agronômicas com plantas forrageiras	13
3.2.1 O cultivo do milheto forrageiro (<i>Cenchrus americanus</i>) visando consórcio no Brasil...	13
3.2.2 Forrageiras do gênero <i>Urochloa</i>	14
3.2.3 Capim-buffel (<i>Cenchrus ciliaris</i>) cv. Aridus.....	16
3.2.4 Feijão-guandu	17
3.3 Estratégias de manejo	17
REFERÊNCIAS.....	20
4 ARTIGOS.....	31
4.1 Artigo 1- Desempenho de forrageiras do gênero <i>Urochloa</i> em sistema lavoura-pecuária.....	31
4.2 Artigo 2 - Plasticidade fisiológica do <i>Cenchrus ciliaris</i> cv. Aridus em sistema silvipastoril.....	49
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	63

1 INTRODUÇÃO

A consorciação entre espécies vegetais diversifica os sistemas agrícolas e contribui para maior resiliência do sistema ao estresse ambiental e aumento da matéria orgânica no solo (Oliveira et al., 2020). Em ambientes tropicais, o consórcio de culturas agrícolas e espécies forrageiras, sobretudo do gênero *Urochloa*, têm apresentado bons resultados (Domingues et al., 2017).

Esse tipo de consorciação aplica-se a sistemas agrícolas e pecuários. Nos pecuários essa técnica visa recuperar pastagens degradadas, ao mesmo tempo em que diversifica as espécies e o uso da terra (Costa et al., 2016). Portanto, produzir forragem consorciando culturas e forrageiras pode ser considerada uma alternativa interessante para a pecuária comercial. Nesse contexto, consorciar cultura anual com forrageira perene permite que, após a colheita da planta anual, a forrageira permaneça estabelecida, promovendo a recuperação física e química do solo (Silva et al., 2020).

O sucesso da consorciação depende de fatores como competição entre as espécies e resposta ao sombreamento pela forrageira, sendo limitante para o desenvolvimento da mesma (Bieluczyk et al., 2020). Esses fatores podem ser avaliados por meio da produção de biomassa forrageira de cada espécie e pela estratificação dessa biomassa ao longo do dossel. O posicionamento e a distribuição das folhas, colmos e inflorescências influenciam a quantidade de massa em cada estrato, afetando diretamente a competição, a interceptação de luz e a fotossíntese das plantas (Gastal, Lemaire, 2015).

A resposta das diferentes opções de forrageiras do gênero *Urochloa* presentes no mercado, bem como a distribuição da biomassa e da interceptação de luz por essas plantas pode ajudar a compreender quais delas têm maior potencial para esse tipo de uso. Nesse sentido, a distribuição dos tecidos vegetais dentro do dossel de plantas consorciadas pode afetar a capacidade de fixação de carbono da forrageira e, portanto, interferir no estabelecimento da pastagem.

As principais espécies de *Urochloa* utilizadas em pastagens tropicais são *U. Brizantha*, *U. decumbens* e *U. ruziziensis*. Essas espécies e suas cultivares são adaptadas ao cultivo em regiões tropicais subúmidas de Cerrado (Apolinário et al., 2015). Essas plantas possuem elevado potencial para consorciação já que apresentam boa capacidade de produção em ambientes sombreados (Paciullo et al., 2017). Portanto, identificar aquelas com maior capacidade de se estabelecer e competir em dossel consorciado pode ser útil para a pesquisa e estimular o uso do consórcio entre os produtores no campo.

O conhecimento do comportamento de diferentes espécies forrageiras em cultivo consorciado com culturas anuais e árvores precisa ser melhor conhecido. A resposta de forrageiras quanto a distribuição da biomassa e da interceptação de luz por essas plantas pode ajudar a compreender quais delas tem maior potencial para os sistemas consorciados. Essas informações são fundamentais para forrageiras do gênero *Urochloa*, bem como de espécies importantes para regiões de maior restrição de chuvas, como o capim-buffel (*Cenchrus ciliaris*) e o feijão-andú (*Cajanus cajan*).

Além disso, sistemas integrados de lavoura-pecuária-floresta (ILPF) destacam a importância da plasticidade fisiológica das gramíneas para a produtividade e sustentabilidade. A plasticidade fisiológica permite que as plantas ajustem fotossíntese, respiração e alocação de biomassa em

resposta às condições microclimáticas variáveis, especialmente sob sombreamento parcial criado pelo componente arbóreo (Jumrani; Bhatia, 2020; Hitz et al., 2019). Esses ajustes são fundamentais para manter a produção de forragem e a eficiência do uso da luz em ambientes heterogêneos.

As gramíneas cultivadas em ILPF podem modificar arquitetura foliar, eficiência fotossintética e composição bromatológica em resposta a sombra e competição por recursos (Pereira; Torres, 2023; Mwamlima; Cheruiyot; Ouma, 2020; Lemaire, 2021). Compreender esses mecanismos é essencial para a seleção de cultivares adaptadas e para o manejo eficiente da produção forrageira.

Dessa forma, integrar o conhecimento sobre consórcios de espécies com a plasticidade fisiológica das gramíneas permite avaliar, tanto o potencial de estabelecimento e produção quanto à capacidade de adaptação das plantas a diferentes condições de luz e competição em sistema agrossilvipastoril. Partimos, portanto, da hipótese de que diferentes forrageiras do gênero *Urochloa* apresentam respostas variadas à consorciação com milheto, e que o capim-buffel apresente plasticidade fisiológica em diferentes pontos no sub-bosque.

2 OBJETIVOS

Avaliar a produtividade do milho e de forrageiras do gênero *Urochloa* em cultivo consorciado na Integração Lavoura-Pecuária (ILP).

Examinar a composição morfológica e química da biomassa do milho e de forrageiras do gênero *Urochloa* em cultivo consorciado na ILP.

Avaliar a morfologia das plantas forrageiras do gênero *Urochloa* e do milho em diferentes estratos de altura do dossel.

Determinar as respostas fisiológicas do capim-buffel cultivado ao longo do sub-bosque existente entre as árvores de eucalipto e o feijão-guandu em sistema silvipastoril.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Sistemas de Integração Agropecuários

Sistemas consorciados ou integrados de produção agropecuária são abordagens que combinam diferentes componentes agrícolas, como culturas, criação animal e árvores. Esses sistemas dependem de relações sinérgicas entre componentes vegetais e animais para aprimorar os processos e a produtividade do agroecossistema, com potencial para aumentar a eficiência do uso de recursos, melhorar a saúde do solo e promover a biodiversidade (Peterson et al., 2020; Franzluebbers; Martin, 2022).

No Brasil os sistemas integrados surgem, principalmente, nos seguintes arranjos:

Sigla	Nomenclatura	Definição
ILP	Integração Lavoura-Pecuária ou Agropastoril	Sistema de produção que integra o componente agrícola e pecuário em rotação, consórcio ou sucessão, na mesma área e em um mesmo ano agrícola ou por vários anos, em sequência ou intercalados.
IPF	Integração Pecuária-Floresta ou Silvipastoril	Sistema de produção que integra o componente pecuário (pastagem e animal) e florestal, em consórcio. Este sistema de produção é mais direcionado para áreas com dificuldade de implantação de lavouras, por isso, inclui apenas os componentes florestal e pecuário na mesma área.
ILF	Integração Lavoura-Floresta ou Silviagrícola	Sistema de produção que integra o componente florestal e agrícola pela consorciação de espécies arbóreas com cultivos agrícolas anuais ou perenes.
ILPF	Integração Lavoura-Pecuária-Floresta ou Agrossilvipastoril	Sistema de produção que integra os componentes agrícola e pecuário em rotação, consórcio ou sucessão, incluindo também o componente florestal, na mesma área. O componente “lavoura” restringe-se ou não à fase inicial de implantação do componente florestal.

Adaptado de Balbino et al., 2012.

Sistemas integrados de produção agropecuária podem levar à competição por recursos do solo entre plantas forrageiras e agrícolas, mas também oferecem benefícios potenciais para a saúde do solo e ciclagem de nutrientes já que há menor perda de solo por erosão comparado aos sistemas convencionais (Pereira; Torres, 2023). Há também uma competição interespecífica por luz e nutrientes que pode modificar o estabelecimento das culturas utilizadas (Corrêa et al., 2020).

Em um sistema de consórcio de milho com feijão-mungo, o milho dominou consistentemente e superou a leguminosa, especialmente em maiores taxas de fertilização com

nitrogênio. No entanto, o consórcio ainda melhorou a produtividade do sistema e a disponibilidade de nutrientes do solo em comparação com as monoculturas (Gong et al., 2021).

A integração de gramíneas forrageiras com culturas de soja tem mostrado benefícios para a ciclagem de nutrientes e subsequentes rendimentos das culturas. As gramíneas *Urochloa ruzizienses*, *Megathyrus maximum* cv. BRS Tamani e *Megathyrus maximum* cv. Mombaça em consórcio com soja produziram mais biomassa e retornaram mais nutrientes ao solo em comparação com um sistema de sucessão soja com milho (Dias et al., 2020). Essa ciclagem de nutrientes aprimorada contribuiu para o aumento da produtividade da soja no sistema integrado (Dias et al., 2020).

A inserção de pastagens em rotações de culturas também pode melhorar a sustentabilidade da agroecossistema ao promover interações favoráveis entre os ciclos de carbono e nitrogênio, mediados pelos microrganismos do solo (Walkup et al., 2020). Os sistemas integrados contribuem com a melhoria da qualidade do solo com redução das taxas de erosão e aumento do sequestro de carbono, além disso, favorecem também melhoria no desempenho animal já que a qualidade da forragem também é elevada (Lemaire et al., 2014; Sulc, Franzluebbbers, 2014).

A adoção de sistemas consorciados requer além de um manejo intensivo, conhecimento técnico avançado para superar limitações na adaptação das culturas ao ambiente produtivo (Santos et al., 2025; Lima e Gama, 2018). É necessário escolher espécies que sejam complementares em termos de uso de recursos e que apresentam baixa competição entre si (Leoni et al., 2022).

Mesmo que ocorra a competição entre as culturas, sistemas integrados adequadamente gerenciados podem melhorar a condição geral do solo e a produtividade do sistema. Grãos, como o trigo em sistemas consorciados, desenvolveram raízes mais profundas e extensas em comparação com outras culturas anuais, potencialmente acessando diferentes recursos do solo (Duchene et al., 2020).

A integração de árvores, culturas e pastagens em sistemas agrossilvipastoril aumenta os estoques de carbono orgânico e nitrogênio do solo ao longo do tempo em comparação com pastagens de baixa produtividade (Freitas et al., 2023). Embora a competição entre plantas forrageiras e culturas de grãos possa ocorrer em sistemas integrados, o manejo estratégico e a seleção de culturas adequadas minimizam impactos negativos e maximizaram benefícios como melhor ciclagem de nutrientes, sequestro de carbono do solo e produtividade geral do sistema (Carvalho et al., 2020). É necessária uma consideração cuidadosa das combinações de culturas, fertilização e arranjos espaciais e temporais para otimizar esses agroecossistemas complexos (Maracaípe et al., 2025).

O manejo do sistema consorciado pode ser mais complexo do que o monocultivo. É preciso considerar as diferentes necessidades de cada cultura em termos de irrigação, fertilização, controle de pragas e doenças. Além disso, há uma maior dificuldade quando possui culturas com ciclos diferentes (Xiao et al., 2019).

3.2 Consórcios de culturas agronômicas com plantas forrageiras

3.2.1 O cultivo do milheto forrageiro (*Cenchrus americanus*) visando consórcio no Brasil

O milheto forrageiro (*Cenchrus americanus* sinonímia *Pennisetum glaucum*) destaca-se como

uma gramínea tropical anual de verão com elevado valor nutricional e ampla adaptabilidade a solos de baixa fertilidade e elevada acidez, condições que geralmente limitam o desenvolvimento de culturas convencionais. Essa espécie apresenta fácil estabelecimento quando semeada no final do verão ou início do outono, além de possuir um ciclo fenológico reduzido. Sua aptidão para o cultivo em segunda safra e as características agronômicas tornam o milheto uma alternativa viável e estratégica para a produção de silagem (Armer; Mustafa, 2010). A combinação de alta produção de biomassa, tolerância a estresses e valor nutricional faz do milheto uma opção versátil e resiliente para sistemas de produção animal, especialmente em regiões com condições ambientais desafiadoras (Fushai et al., 2025).

O uso do milheto é bastante amplo, variando de acordo com suas cultivares, podendo ser utilizando como planta de cobertura, produção de grãos e como planta forrageira (Dantas; Negrão, 2010). Landau e Guimarães (2016) definiram em distintos estádios fenológicos do milheto, uma produtividade de massa seca média de 8,8 t.ha⁻¹. Já Jacovetti cita em seu trabalho uma produção média de 9,7 t.ha⁻¹. De acordo com Brito et al., (2023), o milheto em sucessão ao consórcio de milho com braquiária ruzizienses aumentou sua produtividade em até 44%. No trabalho de Algeri et al. (2018), foi definido que o milheto, quando consorciado, apresenta desenvolvimento inicial rápido e maior produção de matéria verde que as outras culturas testadas (capim-ruzizienses e crotalaria).

3.2.2 Forrageiras do gênero *Urochloa*

As espécies do gênero *Urochloa* (sinonímia *Brachiaria*) têm sua origem nas regiões tropicais e subtropicais do continente africano, constituindo um grupo de elevada importância para os sistemas de produção animal. O gênero abrange aproximadamente cem espécies, destacando-se aquelas de maior relevância agronômica e ampla utilização: *U. brizantha*, *U. decumbens*, *U. ruziziensis*, *U. humidicola*, *U. mutica*, *U. arrecta*, *U. dictyoneura* e *U. mosambicensis*. Tais plantas apresentam boa adaptação a diversos ambientes, podendo também serem cultivadas em consórcio com outras culturas anuais ou perenes (Valle et al., 2010; Arroyave et al., 2013).

A *U. brizantha* cv. Marandu, uma das cultivares mais amplamente utilizada no Brasil para formação de pastagens em regiões tropicais, destaca-se pela sua boa adaptação a solos de média fertilidade e tolerância moderada ao alumínio (Silva et al., 2020). Silva et al. (2019) destacam essa gramínea com crescimento vigoroso e hábito de crescimento cespitoso, formando touceiras densas que contribuem para o controle de plantas daninhas e para a conservação do solo, além de possuir elevada produção de matéria seca, especialmente nos períodos chuvosos.

Dentre as características agronômicas destacadas, a cultivar *U. brizantha* cv. Marandu apresenta excelente capacidade de manutenção em sistemas de pastejo rotacionado, sendo uma alternativa eficiente para práticas sustentáveis. Além disso, essa cultivar mostra-se mais resistente ao ataque de cigarrinhas-das-pastagens, o que reforça sua competitividade em ambientes de pastagem. (Andrade et al., 2003). Essa resistência contribui diretamente para a longevidade da pastagem e para a manutenção da produtividade animal. No entanto, apesar de sua rusticidade, a *U. brizantha* cv. Marandu pode apresentar redução no desempenho sob condições de baixa luminosidade ou em áreas com sombreamento acentuado (Cabral et al., 2017).

A *U. brizantha* cv. Marandu apresenta alto potencial para uso em sistemas de Integração

Lavoura-Pecuária (ILP), devido à sua capacidade de adaptar-se fisiologicamente em ambientes sombreados (Gomes et al., 2019). Em cultivos consorciados com culturas anuais, o capim-marandu tem demonstrado boa capacidade de rebrota e cobertura do solo após a colheita agrícola, o que a torna eficiente na proteção contra erosão e na recuperação da fertilidade (Oliveira et al., 2020).

A *U. brizantha* cv. Xaraés é conhecida por seu porte elevado, elevado acúmulo de biomassa e boa resposta à adubação nitrogenada, sendo frequentemente recomendada para sistemas de pastejo intensivo (Cabral et al., 2020). Apresenta altura em comparação a *U. brizantha* cv. Marandu (Santos et al., 2021), o que proporciona elevada produção de forragem, especialmente em condições de solo fértil e bem manejado (Melo et al., 2021).

A *U. brizantha* cv. Xaraés demonstra boa capacidade de rebrota e adaptação a sistemas rotacionados, embora apresente maior sensibilidade à seca prolongada do que outras cultivares de *Urochloa*. Apesar disso, estudos indicam que, sob irrigação ou regimes pluviométricos favoráveis, essa cultivar atinge picos de produtividade superiores a 20 t/ha de matéria seca por ano (Santos et al., 2021).

No contexto da Integração Lavoura-Pecuária, a *U. brizantha* cv. Xaraés se destaca pela rápida formação de cobertura vegetal e pelo vigor em áreas de renovação de pastagens ou após colheitas de grãos. Sua utilização em consórcios tem favorecido o controle de plantas daninhas e a melhora da estrutura do solo, além de contribuir para a ciclagem de nutrientes e para o aumento da infiltração de água (Farias et al., 2022).

A *U. brizantha* cv. Paiaguás apresenta como diferencial a maior tolerância à seca e melhor distribuição de produção forrageira ao longo do ano, com bom desempenho mesmo no início da estação seca. Essa característica agrônômica a torna uma excelente alternativa para garantir oferta de forragem em períodos críticos. Possui elevada capacidade de rebrota e perfilhamento vigoroso, além de boa resposta à adubação nitrogenada (Froehlich et al., 2019).

Seu uso em sistemas de ILP tem se expandido graças à sua rápida implantação, boa cobertura do solo e compatibilidade com culturas como milho e soja. A Paiaguás contribui para a manutenção da fertilidade e para a melhoria física do solo, sendo particularmente eficiente na formação de palhada para plantio direto e na recuperação de áreas degradadas (Martins et al., 2023).

A espécie *U. ruziziensis* é amplamente utilizada como cobertura de solo, especialmente em sistemas de plantio direto, devido à sua rápida germinação e bom desenvolvimento inicial (Cecato et al., 2020). Seu porte médio e hábito de crescimento prostrado favorecem a formação de densa cobertura vegetal, protegendo o solo contra erosão e perdas por escoamento superficial.

Embora sua produção de matéria seca seja inferior à de outras cultivares do gênero, *U. ruziziensis* apresenta elevado valor nutritivo, com teores de proteína bruta frequentemente acima de 12%, o que a torna uma excelente opção para alimentação de ruminantes em sistemas mais intensivos (Lima et al., 2021).

Em sistemas de Integração Lavoura-Pecuária, a *U. ruziziensis* é valorizada por sua capacidade de formar palhada de qualidade e por sua compatibilidade com culturas agrícolas. Sua contribuição na ILP inclui benefícios como supressão de plantas daninhas, estímulo à atividade biológica do solo e facilitação da semeadura direta de grãos, favorecendo a sustentabilidade do sistema produtivo (Silva et al., 2023).

A espécie *U. decumbens* possui ampla adaptabilidade às condições tropicais e é reconhecida por sua rusticidade, tolerância ao alumínio e boa produtividade em solos de média a baixa fertilidade (Valle et al., 2020). Apresenta crescimento vigoroso, hábito prostrado e boa capacidade de perfilhamento, o que favorece a cobertura uniforme do solo.

A diversidade de características agronômicas da *U. decumbens* possui, tanto em monocultura quanto em sistemas de cultivo consorciados. Em monocultura, a *U. decumbens* é extensivamente utilizada em plantações para pastagem, principalmente em áreas tropicais e subtropicais. A espécie mencionada é apreciada por seu potencial nutricional para ruminantes, além de sua capacidade de cobertura na superfície do solo, que leva à redução da erosão e ao aprimoramento da saúde do solo, devido à sua densa rede de raízes (Ferreira et al., 2021).

Em sistemas de consórcio, a *U. decumbens* é cultivada juntamente com culturas como milho e sorgo; contudo, sua elevada competitividade compromete a participação e a persistência das leguminosas no sistema (Rincón Castillo et al., 2021; Santos et al., 2023). Contrário a isso, foi relatado por Machado et al. (2017) que *U. decumbens* não reduziram a produtividade da soja, tornando-a uma alternativa viável para consórcio, pois consegue se estabelecer adequadamente sem comprometer a produtividade de grãos e formando pastagem eficiente para sistemas integrados.

As combinações entre gramíneas forrageiras e culturas de grãos também podem mostrar maior eficiência no uso de água e N, conforme relatado por estudos de caso que examinam associações entre milho, sorgo e gramíneas forrageiras (Mårtensson et al., 2022). A implementação do consórcio pode contribuir para um aumento na biomassa na parte da vegetação e nas raízes, possivelmente dando origem, ao longo do tempo, ao estabelecimento de melhores condições de estrutura e fertilidade do solo, bem como aumentando a resistência aos climas de mudanças (Cahyo et al., 2024; Guerchi et al., 2024).

3.2.3 Capim-buffel (*Cenchrus ciliaries*) cv. Aridus

O capim-buffel apresenta características favoráveis à sua implantação e persistência, nas condições edafoclimáticas existentes no semiárido (Coutinho et al., 2015). A produtividade de suas diferentes variedades depende das condições edafoclimáticas, variando entre 8 e 12 t ha⁻¹ ano⁻¹ de matéria seca (Oliveira, 1993).

O capim-buffel cultivar Áridus foi desenvolvido pela Embrapa Caprinos na década de 1990 como alternativa forrageira voltada às condições do semiárido, com destaque para a alimentação de ovinos e caprinos. Essa cultivar apresenta elevada resistência ao superpastejo, característica fundamental em sistemas de produção sujeitos a elevada pressão de pastejo, além de apresentar potencial em regiões do semiárido onde apresenta períodos de seca expressiva (Antonio et al., 2021). Outro ponto de relevância é sua boa aceitação pelos animais, especialmente pequenos ruminantes, o que garante maior eficiência de utilização e reforça sua importância para a pecuária da região (Sousa; Araújo Filho, 2007).

Entre suas principais características agronômicas, destaca-se a elevada adaptabilidade a ambientes áridos e semiáridos, sobretudo em regiões com precipitações inferiores a 500 mm anuais, o que explica sua ampla aceitação por produtores dessas regiões (Oliveira, 1993).

No Nordeste brasileiro, especialmente no Semiárido, essa espécie consolidou-se como uma das forrageiras mais adaptadas, motivando a realização de diversos estudos voltados ao seu cultivo, manejo e aproveitamento. Trabalhos conduzidos pelo IPA e pela Embrapa Semiárido, no Sertão de Pernambuco, evidenciaram o potencial produtivo do capim-buffel quando utilizado de forma estratégica na estação seca, como complemento à forragem nativa da caatinga (Guimarães Filho; Soares, 1995).

Além disso, práticas de manejo como o diferimento em pastagens têm sido apontadas como alternativas eficientes para assegurar oferta de forragem adequada ao consumo animal durante os períodos de escassez (Santos et al., 2005).

3.2.4 Feijão-guandu

O feijão-guandu (*Cajanus cajan* (L.) Millspaugh) apresenta uma ampla capacidade de adaptação às condições climáticas, que a consolidou como uma das principais leguminosas cultivadas em regiões tropicais e subtropicais, utilizada na alimentação humana por meio dos grãos e na produção de forragem para animais, sendo uma cultura de relevância mundial, com destaque em áreas semiáridas devido à sua reconhecida tolerância à seca. (Varshney et al., 2010; Dantas et al., 2021).

O uso do feijão-guandu para alimentação humana e animal destaca-se devido ao seu elevado conteúdo proteico de baixo custo de produção (Abebe, 2022). De modo geral, o teor de proteína nos grãos de feijão-guandu apresenta média de 22% (Venkata et al., 2019), podendo atingir valores entre 33% (Neres et al., 2012) e 35,46% na matéria seca de folhas e caules (Silva et al., 2017).

Além disso, o feijão-guandu pode ser consorciado com outras culturas para melhorar a qualidade da forragem. A integração do feijão-guandu em cultivo de milho para silagem não interferiu na produtividade do milho e contribuiu para aumentar a concentração de proteína bruta do material ensilado e para aumentar a diversidade da forragem remanescente, segundo (Gomes et al., 2020).

As raízes do guandu possuem uma alta capacidade de penetração no solo, possibilitando a busca por água e nutrientes em camadas mais profundas do perfil do solo ajudando na sua descompactação e na ciclagem de nutrientes (Godoy; Santos, 2011; Sharma et al., 2023). De acordo com Varshney et al. (2010), a serapilheira gerada pela leguminosa, juntamente com o processo de fixação biológica de nitrogênio (Provazi et al., 2007) decorrente da simbiose com bactérias do gênero *Rhizobium* e *Bradyrhizobium* (Soumare et al., 2020) aumentam a fertilidade do solo.

3.3 Estratégias de manejo

O consórcio entre diferentes espécies vegetais tem se destacado como uma prática eficiente nos sistemas integrados de produção, sendo o cultivo de milheto (*C. americanus*) associado a espécies do gênero *Urochloa*, especialmente *U. ruziziensis* e *U. brizantha*. A principal motivação para seu uso reside na complementaridade entre as espécies, o milheto apresenta rápido crescimento e elevada produção de biomassa na estação quente e úmida, enquanto as plantas de - braquiárias oferecem persistência no sistema, cobertura de solo prolongada e alta capacidade de rebrotação (Amer et al., 2010; Fushai et al., 2025; Worthington et al., 2020).

A combinação de espécies com arquiteturas foliares e padrões de crescimento radicular distintos favorece a complementaridade espacial e temporal na exploração de luz, água e nutrientes,

resultando em ganhos de produtividade por área, contribuindo para a ciclagem de nutrientes, aumento da matéria orgânica e maior resiliência do sistema frente a estresses bióticos e abióticos (Brooker et al., 2015; Crusciol et al., 2020; Zhao et al., 2022).

Além disso, plantas consorciadas que crescem em alta densidade, as folhas superiores e as plantas vizinhas sombreiam as folhas inferiores, resultando em um ambiente de pouca luminosidade (Zheng et al., 2022). Essas plantas inferiores apresentam mudanças morfológicas e fisiológicas, incluindo folhas mais finas, menor conteúdo de clorofila nas folhas, menor conteúdo de nitrogênio, menor atividade do sistema fotossintético e atividade enzimática (Fu et al., 2014; Yao et al., 2017; Zivcak; Brestic; Kalaji, 2014).

Também ocorre uma alteração morfológica do crescimento radicular em ambientes de plantio mais densos (Zhang et al., 2021), intensificando a competição entre as plantas. De modo geral, o consórcio acompanhado da disputa pelos fatores essenciais para desenvolvimento de plantas altera o desempenho fotossintético da folha (Ren et al., 2017), e com a diminuição da taxa fotossintética, há uma redução na produção de fotoassimilados, comprometendo o crescimento e produção das plantas (Mwamlima; Cheruiyot; Ouma, 2020).

A densidade de semeadura influencia diretamente o equilíbrio competitivo entre as forrageiras. Doses superiores a 10 kg ha⁻¹ de sementes de milho podem inibir o desenvolvimento da braquiária, enquanto quantidades excessivas de braquiária reduzem a produtividade do milho (EMBRAPA, 2022). Pesquisas recomendam proporções equilibradas, como 6 a 8 kg ha⁻¹ para milho e 4 a 6 kg ha⁻¹ para braquiária, ajustando conforme as cultivares utilizadas e os objetivos do sistema (Jank et al., 2007).

O manejo da adubação é outro ponto-chave. A aplicação de nitrogênio após a emergência das culturas favorece o crescimento do milho e da braquiária. Quando se objetiva a formação de palhada para plantio direto ou pastejo de entressafra, o uso estratégico do nitrogênio, dividido em cobertura e manutenção, é essencial para prolongar a liberação de nutrientes e manter a qualidade da forragem (Almeida et al., 2023).

Além da produção de biomassa, o sistema consorciado promove maior cobertura do solo, com efeito direto na supressão de plantas daninhas e na conservação da umidade. A presença da braquiária durante e após o ciclo do milho contribui para a proteção do solo contra erosão, aumento da matéria orgânica e estímulo à atividade biológica, favorecendo a sustentabilidade dos sistemas ILP (Santos et al., 2022).

A compatibilidade fenológica entre milho e braquiária permite sinergia na ciclagem de nutrientes. Enquanto o milho extrai e acumula nutrientes rapidamente no início do ciclo, a braquiária atua no aproveitamento residual, reduzindo perdas por lixiviação e promovendo a reciclagem eficiente. Isso beneficia diretamente o cultivo subsequente, seja ele agrícola ou pecuário, e diminui a dependência de insumos externos (Oliveira et al., 2020).

O manejo do pastejo é um fator estratégico. Após o encerramento do ciclo do milho, a entrada do gado deve ser manejada considerando o estágio da braquiária. A antecipação do pastejo pode comprometer o rebrote da forrageira e reduzir a oferta de palhada para o plantio subsequente. Assim, práticas como o diferimento da pastagem ou o escalonamento de semeadura favorecem a utilização

mais eficiente do sistema (Costa et al., 2020).

A ação conjunta das raízes promove maior porosidade, maior acúmulo de carbono no perfil superficial e estímulo à microbiota benéfica. Tais efeitos contribuem para a resiliência do sistema ILP frente a estresses climáticos e favorecem o aumento da produtividade agrícola e pecuária ao longo do tempo (Machado et al., 2017).

Os sistemas integrados de lavoura e pecuária podem se beneficiar de várias estratégias de manejo para minimizar a competição entre forragem e culturas produtoras de grãos: Sistemas de cultivo intercalado e misto podem aumentar o crescimento e a produtividade das culturas, ao mesmo tempo em que reduzem a necessidade de fertilizantes sintéticos (Kchaou et al., 2022).

Intercalar culturas de cobertura no cultivo de milho e utilizá-las após a colheita dos grãos pode gerar receitas adicionais e aumentar a ciclagem de nutrientes, ao mesmo tempo em que oferece serviços ecossistêmicos (Soder et al., 2024). No entanto, em anos secos, as culturas de cobertura intercaladas podem competir com a cultura principal, reduzindo potencialmente os rendimentos de grãos (Soder et al., 2024).

A otimização do manejo de nitrogênio pode ajudar a equilibrar as necessidades das culturas de forragem e grãos. A aplicação de silício como um corretivo do solo, combinada com níveis ajustados de nitrogênio, pode aumentar a eficiência agrônômica e a absorção de nitrogênio em culturas de cereais, levando a melhores rendimentos de grãos, mantendo a produção de forragem (Galindo et al., 2021).

As técnicas de cultivo em faixas podem ser empregadas para gerenciar a competição em culturas de grãos perenes. Aplicado no momento certo, o cultivo em faixas pode aumentar o rendimento de grãos sem reduzir a biomassa total da cultura, resultando em um maior índice de colheita (Law et al., 2020). Este método pode ajudar a manter a produtividade de grãos ao longo do tempo em sistemas perenes que tendem a sofrer declínios de produtividade conforme os povoamentos envelhecem.

De acordo com Brito et al. (2023), o sistema de consórcio triplo de milho + braquiária + crotalária promoveu melhorias imediatas nos atributos biológicos e químicos do solo em comparação com o milho de monocultura. O consórcio de milho com braquiária, com ou sem crotalária, aumentou a produtividade subsequente da soja em 21% e a produtividade do milheto em 44% em comparação com o sistema de monocultura de milho. Portanto, integrar estratégias de cultivo intercalar, cultivo de cobertura, manejo otimizado de nutrientes e técnicas de preparo direcionado podem ajudar a minimizar a competição entre forragem e culturas produtoras de grãos em sistemas integrados, mantendo ou melhorando a produtividade e a sustentabilidade geral do sistema.

REFERÊNCIAS

- ABEBE, B. The Dietary Use of Pigeon Pea for Human and Animal Diets. **The Scientific World Journal**, v. 2022, p. 1-12, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1155/2022/4873008>
- ALGERI, A.; VILAR, C. C.; USHIWATA, S. Y.; REIS, R. G. E. PRODUÇÃO DE BIOMASSA E COBERTURA DO SOLO POR MILHETO, BRAQUIÁRIA E CROTALARIA CULTIVADOS EM CULTURA PURA E CONSORCIADOS. **Global Science & Technology**, v. 11, n. 2, 2018.
- AMER, S.; MUSTAFA, A. F. Effects of feeding pearl millet silage on milk production of lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 93, n. 12, p. 5921-5925, 2010. DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2010-3279>.
- ANDRADE, C. M. S.; GARCIA, R.; COUTO, L.; PEREIRA, O. G.; SOUZA, A. L. Desempenho de seis gramíneas solteiras ou consorciadas com o *Stylosanthes guianensis* cv. Mineirão e eucalipto em sistema silvipastoril. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 32, n. 6, p. 1845–1850, 2003. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1516-35982003000800006>.
- APOLINÁRIO, V. X. O.; DUBEUX, J. C. B.; LIRA, M. A.; FERREIRA, R. L. C.; MELLO, A. C. L.; SANTOS, M. V. F.; SAMPAIO, E. V. S. B; MUIR, J. P. Tree Legumes Provide Marketable Wood and Add Nitrogen in Warm-Climature Silvopasture Systems. **Agronomy Journal**, v. 107, p. 1915-1921, 2015. DOI: <https://doi.org/10.2134/agronj14.0624>.
- ANTÔNIO, R. P.; RIBEIRO JÚNIOR, P. M.; LIRA, I. C. de S. A.; NERY, C. L. P.; SILVA, J. C. L.; BARBOSA, B. D. R.; COSTA, B. dos S. Reação de acessos de *Cenchrus a Pyricularia grisea* no semiárido brasileiro. *Journal of Environmental Analysis and Progress*, v. 6, n. 4, p. 396–402, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.24221/jeap.6.4.2021.4689.396-402>.
- ARROYAVE, C.; TORA, R.; THUY, T.; BARCELO, J.; POSCHENRIEDER, C. Differential aluminum resistance in *Brachiaria* species. **Environmental and Experimental Botany**, v. 89, p.11-18, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2013.01.001>.
- BALBINO, L. C.; KICHEL, A. N.; BUNGENSTAB, D. J.; ALMEIDA, R. G. In: BUNGENSTAB, D. J. (Ed.). **Sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta: a produção sustentável**. 2. ed. Brasília, DF: Embrapa, 2012.
- BIELUCZYK, W.; PICCOLO, M. C.; PEREIRA, M. G.; MORAES, M. T.; SOLTANGHEISI, A.; BERNARDI, A. C.; PEZZOPANE, J. R. M.; OLIVEIRA, O. P. A.; MOREIRA, M. Z.; CAMARGO, P. B.; DIAS, C. T. S.; BATISTA, I.; CHERUBIN, M. R. Integrated farming systems influence soil organic matter dynamics in southeastern Brazil. **Geoderma**, v. 371, p. 114368, 2020. DOI:

<https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2020.114368>.

BORGHI, E.; CRUSCIOL, C. A. C.; NASCENTE, A. S.; SOUSA, V. V.; MARTINS, P. O.; MATEUS, G. P.; COSTA, C. Sorghum grain yield, forage biomass production and revenue as affected by intercropping time. **European Journal of Agronomy**, v. 51, p. 130–139, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.eja.2013.08.006>.

BRITO, L. D. C. R. D.; CARVALHO, S. P.; FERREIRA, A. C. D. M.; SOUZA, H. A. D.; CAVIGELLI, M. A.; SAGRILLO, E.; AZEVEDO, D. M. P. D.; VOGADO, R. F.; ARAÚJO NETO, R. B. D. Improved soil fertility, plant nutrition and grain yield of soybean and millet following maize intercropped with forage grasses and crotalaria in the Brazilian savanna. **Crop & Pasture Science**, v. 74, e. 5, p. 438–448, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1071/cp22251>.

CABRAL, C. E. A.; BARROS, L. V. DE; ABREU, J. G. DE; SILVA, F. G. DA; CABRAL, C. H. A.; BEHLING NETO, A.; ANDRADE, F. C. F.; SALES, K. C.; HERRERA, D. M.; DELLARMEILINDA, T. M. Marandu palisade grass intercropped with densely spaced teak in silvopastoral system. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 38, n. 4, p. 2075-2082, 2017. DOI: <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2017v38n4p2075>.

CABRAL, W. B.; SOUZA, A. L. D.; ALEXANDRINO, E.; TORAL, F. L. B.; BONELLI, E. A.; LIMA, L. R. D. Morphogenetic traits and biomass accumulation of *Brachiaria brizantha* cv. Xaraés subjected to nitrogen doses. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 41, p. 1809-1815, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1516-35982012000800002>.

CAHYO, A. N., OKTAVIA, F., PRASETYO, N. E., ASYWADI, H., AGUSTINA, D. S., HAIRMANSIS, A., JUNAIDI, J., ALAM, T.; PURWESTRI, Y. A.; DONG, Y.; SAHURI, S.; AKBAR, A.; PENOT, E.; MONTORO, P.; SUBANDIYAH, S.; NUGRAHA, Y.; ARDIKA, R.; TARYONO, T. Rubber-Based Agroforestry Systems Associated with Food Crops: A Solution for Sustainable Rubber and Food Production? **Agriculture**, v. 14, p. 1038, 2024. DOI: <https://doi.org/10.3390/agriculture14071038>.

CARVALHO, M.; LINO-NETO, T.; ROSA, E.; CARNIDE, V. Cowpea: a legume crop for a challenging environment. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 97, n. 13, p. 4273-4284, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1002/jsfa.8250>.

CORRÊA, D. P.; GERMANO, M. H. S.; SILVA, P. K. M.; SANTOS, W. M.; SILVA, D. G.; FIORELLI, E. C.; FERREIRA, E. Corn-forrage association in Rolim De Moura, Rondônia. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 5, p. 25136-25155, 2020. DOI: <https://doi.org/10.34117/bjdv6n5-097>.

COSTA, R. R. G. F.; COSTA, K. A. P.; SANTOS, C. B.; SEVERIANO, E. C.; EPIFÂNIO, P. S.; SILVA, J. T. D. A.; TEIXEIRA, D. A. A.; SILVA, V. R. Production and nutritional characteristics of pearl millet and

Paiaguas palisadegrass under different forage systems and sowing periods in the offseason. **Revista Africana de Agricultura**, v. 11, n.19, p. 1712-1723, 2016. DOI: <https://doi.org/10.5897/AJAR2016.10902>.

COUTINHO, M. J. F.; CARNEIRO, M. D. S. D. S.; EDVAN, R. L.; SANTIAGO, S.; ALBUQUERQUE, D. R. Características morfogênicas, estruturais e produtivas de capim-buffel sob diferentes turnos de rega. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 45, n. 2, p. 216-224, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1590/1983-40632015v4531361>.

CRUSCIOL, C; A; C.; MATEUS, G. P.; MOMESSO, L.; PARIZ, C. M.; CASTILHOS, A. M.; CALONEGO, J. C.; BORGHI, E.; COSTA, C.; FRANZLUEBBERS, A. J.; CANTARELLA, H. Nitrogen-fertilized systems of maize intercropped with tropical grasses for enhanced yields and estimated land use and meat production. **Frontiers in Sustainable Food Systems**, v. 4, p. 544853, 2020. DOI: <https://doi.org/10.3389/fsufs.2020.544853>.

DANTAS, C. C. O.; NEGRÃO, F. M. Características agronômicas do Milheto (*Pennisetum glaucum*). **Pubvet**, v. 4, n. 37, 2010.

DANTAS, S. M.; RODRIGUES, V. P.; NEVES, R. S.; BARBOSA, R. R.; MATSUNAGA, W. K. Análise bromatológica do feijão guandu cultivado em sequeiro no semiárido para produção de forragens. **Revista Brasileira de Engenharia de Biosistemas**, v. 15, n. 3, p. 381-390, 2021. DOI: <https://doi.org/10.18011/bioeng2021v15n3p381-390>.

DIAS, M. B. D. C.; SEVERIANO, E. D. C.; ALMEIDA, D. P.; COSTA, K. A. D. P.; VILELA, L.; BILEGO, U. O.; NETO, A. E. F.; BRAND, S. C. Brachiaria and *Panicum maximum* in an integrated crop–livestock system and a second-crop maize system in succession with soybean. **The Journal of Agricultural Science**, v. 158, e. 3, p. 206–217, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1017/s0021859620000532>.

DOMINGUES, M. S.; ANDRIGHETTO, C.; LUPATINI, G. C.; MATEUS, G. P.; ARANHA, A. S.; ONO, R. K.; SHIGUEMATSU, M. M. S.; GIACOMINI, P. V.; SEKIYA, B. M. S. Growth and yield of corn forage intercropped with marandu grass in an agrosilvopastoral system with eucalyptus. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 38, n. 6, p. 3669-3680, 2017. DOI: <https://10.5433/1679-0359.2017v38n6p3669>.

DUCHENE, O.; DAVID, C.; FRESCHET, G. T.; DIMITROVA MÅRTENSSON, L. M.; BARREIRO, A.; CELETTE, F. Introducing Perennial Grain in Grain Crops Rotation: The Role of Rooting Pattern in Soil Quality Management. **Agronomy**, v. 10, e. 9, p. 1254, 2020. DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy10091254>.

DZVENE, A. R.; WALKER, S.; CERONIO, G.; TESFUHUNEY, W. A. Management of Cover Crop Intercropping for Live Mulch on Plant Productivity and Growth Resources: A Review. **Air, Soil and**

Water Research, v. 16, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1177/11786221231180079>.

EMBRAPA. Cultivo do milho. **Sistemas de Produção**, 9. 7. ed. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2022.

FERREIRA, R. C. U.; MORAES, A. C. L.; CHIARI, L.; SIMEÃO, R. M.; VIGNA, B. B. Z.; SOUZA, A. P. An Overview of the Genetics and Genomics of the *Urochloa* Species Most Commonly Used in Pastures. **Frontiers in Plant Science**, v. 12, 2021. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.770461>.

FRANZLUEBBERS, A. J.; MARTIN, G. Farming with forages can reconnect crop and livestock operations to enhance circularity and foster ecosystem services. **Grass and Forage Science**, v. 77, e. 4, p. 270–281, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1111/gfs.12592>.

FREITAS, I. C. D.; FERREIRA, E. A.; PENA, A. N. L.; ALVES, M. A.; FRAZÃO, L. A. Changing the land use from degraded pasture into integrated farming systems enhance soil carbon stocks in the Cerrado biome. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 46, e. 1; p. e-63601, 2023. DOI: <https://doi.org/10.4025/actasciagron.v46i1.63601>.

FROELICH, G. C.; VENDRUSCOLO, M. C.; ALVES, D. S.; MEXIA, A. A. PRODUTIVIDADE DE *Brachiaria brizantha* cv. PAIAGUÁS EM DIFERENTES DOSES DE NITROGÊNIO. **Revista Campo Digital**, v. 14, n. 1, 2019.

FU, J. J.; SUN, Y. F.; CHU, X. T.; YANG, L. Y.; XU, Y. F.; HU, T. M. Exogenous nitric oxide alleviates shade-induced oxidative stress in tall fescue (*Festuca arundinacea* Schreb.). **The Journal of Horticultural Science and Biotechnology**, v. 89, n. 2, p. 193-200, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1080/14620316.2014.11513068>.

GALINDO, F. S.; PAGLIARI, P. H.; BOLETA, E. H. M.; BUZETTI, S.; RODRIGUES, W. L.; JALAL, A.; FERNANDES, G. C.; TEIXEIRA FILHO, M. C. M.; SANTINI, J. M. K.; LAVRES, J. Silicon Amendment Enhances Agronomic Efficiency of Nitrogen Fertilization in Maize and Wheat Crops under Tropical Conditions. **Plants**, v. 10, e. 7, p. 1329, 2021. DOI: <https://doi.org/10.3390/plants10071329>.

GASTAL, F.; LEMAIRE, G. Defoliation, shoot plasticity, sward structure and herbage utilization in pasture: Review of the underlying ecophysiological processes. **Agriculture**, v. 5, n. 4, p. 1146-1171, 2015. DOI: <https://doi.org/10.3390/agriculture5041146>.

GODOY, R.; SANTOS, P. M. *Cajanus cajan*. In: FONSECA, D. M.; MARTUSCELLO, J. A. (Ed.). **Plantas forrageiras**. Viçosa, MG: Editora UFV. p. 294-309, 2011.

GOMES, F. J.; PEDREIRA, C. G.; BOSI, C.; CAVALLI, J.; HOLSCHUCH, S. G.; MOURÃO, G. B.;

PEREIRA, D. H.; PEDREIRA, B. C. Shading effects on marandu palisadegrass in a silvopastoral system: plant morphological and physiological responses. **Agronomy Journal**, v. 111, n. 5, p. 2332-2340, 2019. DOI: <https://doi.org/10.2134/agronj2019.01.0052>.

GONG, X.; DANG, K.; LV, S.; ZHAO, G.; WANG, H.; FENG, B. Interspecific competition and nitrogen application alter soil coenzymatic stoichiometry; microbial nutrient status; and improve grain yield in broomcorn millet/mung bean intercropping systems. **Field Crops Research**, v. 270, p. 108227, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2021.108227>.

GUERCHI, A.; MNAFGUI, W.; JABRI, C.; MERGHNI, M.; SIFAUI, K.; MAHJOUR, A.; LUDIDI, N.; BADRI, M. Improving productivity and soil fertility in *Medicago sativa* and *Hordeum marinum* through intercropping under saline conditions. **BMC Plant Biology**, v. 24, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1186/s12870-024-04820-3>.

GUIMARÃES FILHO, C.; SOARES, J.G.G.; RICHÉ, G.R. Sistema caatinga-buffel-leucena para produção de bovinos no semi-árido. Petrolina: EMBRAPA-CPATSA, 39p. 1995.

HITZ, T.; HARTUNG, J.; GRAEFF-HÖNNINGER, S.; MUNZ, S. Morphological response of soybean (*Glycine max* (L.) Merr.) cultivars to light intensity and red to far-red ratio. **Agronomy**, v. 9, n. 8, p. 1-15, 2019. DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy9080428>.

JACOVETTI, R.; FRANÇA, A. F. S.; CARNEVALLI, R. A.; MIYAGI, E. S.; BRUNES, L. C. E CORRÊA, D. S. Milheto como silagem comparado a gramíneas tradicionais: aspectos quantitativos, qualitativos e econômicos. **Ciência Animal Brasileira**, v. 19, p. 1-16, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1590/1809-6891v19e-26539>.

JANK, L.; MACEDO, G. G.; CUNHA, D. de N. F. V.; RESENDE, R. M. S. Rendimento forrageiro de milheto consorciado com capins do gênero *Brachiaria*. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento**. Campo Grande: Embrapa Gado de Corte, 2007.

JUMRANI, K.; BHATIA, V. S. Influence of different light intensities on specific leaf weight, stomatal density photosynthesis and seed yield in soybean. **Plant Physiology Reports**, v. 25, n. 2, p. 277-283, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1007/s40502-020-00508-6>.

KCHAOU, R.; BENYOUSSEF, S.; JEBARI, S.; HARBAOUI, K.; BERNDTSSON, R. Forage Potential of Cereal–Legume Mixtures as an Adaptive Climate Change Strategy under Low Input Systems. **Sustainability**, v. 15, e. 1, p. 338, 2022. DOI: <https://doi.org/10.3390/su15010338>.

KHANAL, U.; RIFFKIN, P. A.; THAYALAKUMARAN, T.; MCCASKILL, M.; STOTT, K. J.; NUTTALL, J. G.; O'LEARY, G. J.; ARMSTRONG, R.; WALLACE, A. J.; MITCHELL, M.; HENRY, F.; CHRISTY, B. P.

Intercropping—Evaluating the Advantages to Broadacre Systems. **Agriculture**, v. 11, e. 5, p. 453, 2021. DOI: <https://doi.org/10.3390/agriculture11050453>.

KUMARI, A.; GAMBLE, A.; PRICE, A. J.; KORRES, N. E.; LI, S. Influence of a cereal rye cover crop on the critical period for weed control in soybean. **Weed Technology**, v. 37, e. 1, p. 25–33, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1017/wet.2022.100>.

LANDAU, Elena Charlotte; GUIMARÃES, Daniel. Fertilidade dos solos. In: PEREIRA FILHO, I. A. (Org.). **Cultivo do milho**. 5. ed. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2016. p. 51-60.

LAW, E. P.; PELZER, C. J.; WAYMAN, S.; RYAN, M. R.; DITOMMASO, A. Strip tillage renovation of intermediate wheatgrass (*Thinopyrum intermedium*) for maintaining grain yield in mature stands. **Renewable Agriculture and Food Systems**, v. 36, e. 4, p. 321–327, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1017/s1742170520000368>.

LEMAIRE, G. Ecophysiology of grasslands: dynamic aspects of forage plant populations in grazed swards. 2001.

LEMAIRE, G.; FRANZLUEBBERS, A.; CARVALHO, P. C. F.; DEDIEU, B. Integrated crop–livestock systems: Strategies to achieve synergy between agricultural production and environmental quality. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 190, p. 4-8, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agee.2013.08.009>.

LEMOS, M.; FERREIRA NETO, M.; FERNANDES, C. D. S.; LIMA, Y. B.; DIAS, N. S.; MEDEIROS, J. F. D.; BRITO, R. F.; SÁ, F. V. D. S. The effect of domestic sewage effluent and planting density on growth and yield of prickly pear cactus in the semiarid region of Brazil. **Journal of Arid Environments**, v. 185, p. 104372, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2020.104372>.

LEONI, F.; CARLESÌ, S.; RUGGERI, M.; MOONEN, A. C.; MERIGGI, P.; LAZZARO, M. Relay intercropping can efficiently support weed management in cereal-based cropping systems when appropriate legume species are chosen. **Agronomy for Sustainable Development**, v. 42, n. 4, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13593-022-00787-3>.

MACHADO, L. A. Z.; CECATO, U.; COMUNELLO, E.; CONCENÇO, G.; CECCON, G. Establishment of perennial forages intercropped with soybean for integrated crop-livestock systems. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.52, n.7, p.521-529, jul. 2017. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2017000700006>.

MARACAÍPE, I. S. M.; RODRIGUES, M. M.; PAIVA, L. F. C.; ALVES, C. R. C. R.; CASTRO, E. C.; FERREIRA, E. M.; COSTA, L. C. *SISTEMA DE INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA-FLORESTA*

(ILPF): SUSTENTABILIDADE, PRODUTIVIDADE E DESAFIOS. In: **AGROPECUÁRIA E MEIO AMBIENTE: UMA VISÃO INTEGRADA**. Editora Científica Digital, 2025. p. 296-309. DOI: <https://doi.org/10.37885/250319061>.

MÅRTENSSON, L.M. D.; BARREIRO, A.; LI, S.; JENSEN, E. S. Agronomic performance, nitrogen acquisition and water-use efficiency of the perennial grain crop *Thinopyrum intermedium* in a monoculture and intercropped with alfalfa in Scandinavia. **Agronomy for Sustainable Development**, v. 42, n. 2, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13593-022-00752-0>.

MWAMLIMA, L. H.; CHERUIYOT, E. K.; OUMA, J. P. Reduced stomatal conductance and irradiance account for soybean [*Glycine max* (L.) Merrill] yield decline in maize-soybean intercrop. *Journal of Bioscience and Agriculture Research*, v. 24, n. 01, p. 1977-1989, 2020. DOI: <https://doi.org/10.18801/jbar.240120.242>.

MELO, A. F.; TEIXEIRA, M. B.; SANTOS, E. A.; JESUS, T. F.; FILHO, F. R. C.; CUNHA, F. N.; VIDAL, V. M.; SOARES, F. A. L.; ARAUJO, L. C.; LAURENTIZ, A. C.; FERNANDES, P. B.; SILVA, E. C. Productive performance of *Brachiaria* (syn. *Urochloa*) *brizantha* cultivars under organic fertilization. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 7, e10710716212, 2021. DOI: 10.33448/rsd-v10i7.16212.

NERES, M. A.; CASTAGNARA, D. D.; SILVA, F. B.; OLIVEIRA, P. S. R. D.; MESQUITA, E. E.; BERNARDI, T. C.; GUARIANTI, A. J.; VOGT, A. S. L. Características produtivas, estruturais e bromatológicas dos capins Tifton 85 e Piatã e do feijão-guandu cv. Super N, em cultivo singular ou em associação. **Ciência Rural**, v. 42, p. 862-869, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0103-84782012000500017>.

OLIVEIRA, M.C. O capim-buffel nas regiões secas do Nordeste. Petrolina: Embrapa-CPATSA, 19p. 1993.

OLIVEIRA, M.C. Capim-buffel: produção e manejo nas regiões secas do Nordeste. Embrapa CPATSA. Petrolina. (Circular Técnica, 27). 18p., 1993.

OLIVEIRA, P. P. A.; BERNDT, A.; PEDROSO, A. F.; ALVES, T. C.; PEZZOPANE, J. R. M.; SAKAMOTO, L. S.; HENRIQUE, F. L.; RODRIGUES, P. H. M. Greenhouse gas balance and carbon footprint of pasture-based beef cattle production systems in the tropical region (Atlantic Forest biome). **Animal**, v. 1, p. 1-11, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1017/S1751731120001822>.

OLIVEIRA, S.; COSTA, J. V.; DIAS, M.; SEVERIANO, E.; SILVA, A.; COSTA, K. A.; OLIVEIRA, G. Performance of Grain Sorghum and Forage of the Genus *Brachiaria* in Integrated Agricultural Production Systems. **Agronomy**, v. 10, p. 1714, 2020. DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy10111714>.

PACIULLO, D. S. C.; GOMIDE, C. A. M.; CASTRO, C. R. T.; MAURÍCIO, R. M.; FERNANDES, P. B.; MORENZ, M. J. F. Morphogenesis, biomass and nutritive value of *Panicum maximum* under different shade levels and fertilizer nitrogen rates. **Grass and Forage Science**, v.72, p.5903600, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1111/gfs.12264>.

PEREIRA, D. P.; TORRES, J. L. R. **Sistemas integrados de produção**. [s.l.] Amplla Editora, 2023. DOI: <https://doi.org/10.51859/amplla.sip096.1123-0>.

PETERSON, C. A.; CARVALHO, P. C. D. F.; GAUDIN, A. C. M.; BELL, L. W. Resilience of an Integrated Crop–Livestock System to Climate Change: A Simulation Analysis of Cover Crop Grazing in Southern Brazil. **Frontiers in Sustainable Food Systems**, v. 4, 2020. DOI <https://doi.org/10.3389/fsufs.2020.604099>.

PROVAZI, M.; CAMARGO, L. H. G.; SANTOS, P. M.; GODOY, R. Descrição botânica de linhagens puras selecionadas de guandu. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.2, p.328-334, 2007. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1516-35982007000200008>.

QIU, Y.; LI, X.; TANG, Y.; XIONG, S.; HAN, Y.; WANG, Z.; FENG, L.; WANG, G.; YANG, B.; LEI, Y.; DU, W.; ZHI, X.; XIN, M.; JIAO, Y.; ZHANG, S.; LI, Y.; LI, X. F. Directly linking plant N, P and K nutrition to biomass production in cotton-based intercropping systems. **European Journal of Agronomy**, v. 151, p. 126960, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.eja.2023.126960>.

REN, B.; LIU, W.; ZHANG, J.; DONG, S.; LIU, P.; ZHAO, B. Effects of plant density on the photosynthetic and chloroplast characteristics of maize under high-yielding conditions. **The Science of Nature**, v. 104, n. 3, p. 12, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00114-017-1445-9>.

RINCÓN CASTILLO, A.; VILLALOBOS, M.; PEREIRA, M.; ALMEIDA, R. G.; MACEDO, M. C.; CORVALÃ-DOS SANTOS, V. A.; GAMARRA, E. L.; CASTRO-MONTOYA, J.; LEMPP, B.; MORAIS, M. G. Animal production in three *Urochloa decumbens* - legume pastures in the Eastern Plains of Colombia. **Tropical Grasslands-Forrajões Tropicais**, v. 9, n. 2, p. 192-205, 2021. DOI: [https://doi.org/10.17138/tgft\(9\)192-205](https://doi.org/10.17138/tgft(9)192-205).

SANTOS, G. R. D. A. U.; GUIM, A. U.; SANTOS, M. V. F. D.; FERREIRA, M. D. A.; LIRA, M. D. A.; DUBEUX JÚNIOR, J. C. B.; SILVA, M. J. D. U. caracterização do pasto de capim-buffel diferido e da dieta de bovinos, durante o período seco no sertão de Pernambuco. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 34, n. 2, p. 454-463, 2005. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1516-35982005000200012>.

SANTOS, L. O.; PINHEIRO, S. L.; GOMES, E. M.; SANTOS, C. S. Desafios e potencialidades dos sistemas orgânicos e consorciados na produção de hortaliças: uma perspectiva socioeconômica e

ambiental. **Revista Multidisciplinar do Nordeste Mineiro**, v. 7, n. 1, p. 1-14, 2025. DOI: <https://doi.org/10.61164/rmnm.v7i1.3789>.

SANTOS, M. E. R.; FERREIRA, I. C.; CARVALHO, B. H. R.; ROCHA, G. O.; BORGES, G. S.; OLIVEIRA, D. M. *Morphogenesis of stockpiled Marandu, Piatã, Xaraés and Paiaguás brachiariagrass cultivars*. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 73, n. 6, p. 1413–1421, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1590/1678-4162-12332>.

SANTOS, V. C.; CHAVES, C. S.; RIBEIRO, K. G.; PEREIRA, O. G.; CECCON, P. R.; GOMIDE, C. A. M. Morphogenic, structural, and chemical characteristics of Brachiaria grass (*Urochloa decumbens* Stapf.) pastures in monoculture and intercropped with forage peanut under two grazing intensities. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 44, n. 1, p. 375-392, jan./fev. 2023. DOI: <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2023v44n1p375>.

SHARMA, P.; SINGH, I.; KHOSLA, G.; SINGH, G.; SINGH, S.; DHALIWAL, S. K.; SINGH, S. Variability and Association Studies for Yield and Yield Related Traits in Pigeonpea [*Cajanus cajan* (L.) Millsp.]. **Legume Research-An International Journal**, p. 1-6, 2023. DOI: <https://doi.org/10.18805/LR-4374>.

SILVA, G. C.; BAGAVATHIANNAN, M. Mechanisms of weed suppression by cereal rye cover crop: A review. **Agronomy Journal**, v. 115, e. 4, p. 1571–1585, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1002/agj2.21347>.

SILVA, J. G. D.; LUZ, J. M. R.; MACHADO, S. S.; SILVA, J. E. C. Fertirrigação no cultivo de capim e a diversidade microbiana do solo do Cerrado antes e após a produção de biomassa vegetal. **Singular. Engenharia, Tecnologia e Gestão**, v. 1, n. 2, p. 21-26, 2019. DOI: <https://doi.org/10.33911/singular-etg.v1i2.61>.

SILVA, J. T.; COSTA, K. A. P.; SILVA, V. C.; SOUZA, W. F.; TEIXEIRA, D. A. A.; SEVERIANO, E. C. Morphogenesis, structure, and dynamics of paiaguas palisadegrass tillering after intercropping with sorghum for the recovery of pasture in different forage systems. **Bioscience Journal**, v. 36, p. 1663–1675, 2020. DOI: <https://doi.org/10.14393/BJ-v36n5a2020-47747>.

SILVA, S. P.; MELO, J. C. R.; GUEDES, F. L.; DUTRA, M. S.; SOUSA, Y. H. L.; BOMFIM, M. A. D. Encontro de iniciação científica da EMBRAPA caprinos e ovinos. **Sobral: Embrapa Caprinos e Ovinos**, p. 31-32. 2017.

SODER, K. J.; DELL, C. J.; ADLER, P. R.; LABOSKI, C. A. M.; WILLIAMSON, B. C. The LTAR Common Experiment at Upper Chesapeake Bay: Integrated. **Journal of Environmental Quality**, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1002/jeq2.20591>.

SOUMARE, A.; DIEDHIOU, A. G.; THUITA, M.; HAFIDI, M.; OUHDOUCH, Y.; GOPALAKRISHNAN, S.;

KOUISNI, L. Exploiting biological nitrogen fixation: a route towards a sustainable agriculture. **Plants**, v. 9, n. 8, p. 1011, 2020. DOI: <https://doi.org/10.3390/plants9081011>.

SOUSA, F. B.; ARAÚJO FILHO, J. A. 2007. Capim buffel (*Cenchrus ciliaris* L.): uma opção para ovinos e caprinos. Sobral-CE: Embrapa-CNPC, Comunicado Técnico, n75, 7p.

SULC, R. M.; FRANZLUEBBERS, A. J. Exploring integrated crop–livestock systems in different ecoregions of the United States. **European journal of agronomy**, v. 57, p. 21-30, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.eja.2013.10.007>.

TOSTI, G.; GUIDUCCI, M.; FALCINELLI, B. Lentil–cereal intercropping in a Mediterranean area: Yield, pests and weeds. **Agronomy Journal**, v. 115, e. 5, p. 2570–2578, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1002/agj2.21413>.

VARSHNEY, R. K.; PENMETSA, R. V.; DUTTA, S.; KULWAL, P. L.; SAXENA, R. K.; DATTA, S.; SHARMA, T. R.; ROSEN, B.; CARRASQUILLA-GARCIA, N.; FARMER, A. D.; DUBEY, A.; SAXENA, K. B.; GAO, J.; FAKRUDIN, B.; SINGH, M. N.; SINGH, B. P.; WANJARI, K. B.; YUAN, M.; SRIVASTAVA, R. K.; KILIAN, A.; UPADHYAYA, H. D.; MALLIKARJUNA, N.; TOWN, C. D.; BRUENING, G. E.; HE, G.; MAY, G. D.; MCCOMBIE, R.; JACKSON, S. A.; SINGH, N. K.; COOK, D. R. Pigeonpea genomics initiative (PGI): an international effort to improve crop productivity of pigeonpea (*Cajanus cajan* L.). **Molecular Breeding**, v. 26, n. 3, p. 393-408. 2010. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11032-009-9327-2>.

VENKATA, S. K. C.; RAMA, G. R. N. V. P.; SAXENA, R. K.; SAXENA, K.; UPADHYAYA, H. D.; SIAMBI, M.; SILIM, S. N.; REDDY, K. N.; HINGANE, A. J.; SHARMA, M.; SHARMA, S.; LYIMO, S. D.; UBWE, R.; MAKENGE, M.; GAD, K.; KIMURTO, P. K.; AMANE, M.; KANENGA, K.; OBONG, Y.; MONYO, E.; OJIEWO, C.; VENKATA, N. K. M.; RAO, J. P.; LAKKIREDDY, P.; CHOURAT, S.; SINGH, I.; SAJJA, S.; BELIAPPA, S. H.; VARSHNEY, R. K. Pigeonpea improvement: An amalgam of breeding and genomic research. **Plant Breeding**, v. 138, n. 4, p. 445-454, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1111/pbr.12656>.

WALKUP, J.; FREEDMAN, Z.; KOTCON, J.; MORRISSEY, E. M. Pasture in crop rotations influences microbial biodiversity and function reducing the potential for nitrogen loss from compost. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 304, p. 107122, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agee.2020.107122>.

WORTHINGTON, M.; DI PALMA, F.; DYER, S.; ARANGO, J.; SKOT, L.; FERNANDEZ-FUENTES, N.; TOHME, J.; DE VEGA, J. J.; CARDOSO ARANGO, J. A.; PEREZ, J. G.; ARMSTEAD, I.; JONES, C.; SILVA-CORDOBA, A.; MUSSUROVA, S.; CASTIBLANCO, V. A new genome allows the identification of genes associated with natural variation in aluminium tolerance in *Brachiaria* grasses. **Journal of Experimental Botany**, v. 72, p. 302–319, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1093/jxb/eraa469>.

XIAO, X.; LV, J.; XIE, J.; CHENG, Z.; MA, N.; YU, J. A green garlic (*Allium sativum* L.) based intercropping system reduces the strain of continuous monocropping in cucumber (*Cucumis sativus* L.) by adjusting the micro-ecological environment of soil. **Peer J**, v. 7, n. 5, e7267, 2019. DOI: <https://doi.org/10.7717/peerj.7267>.

YAO, X.; LI, C.; LI, S.; ZHU, Q.; ZHANG, H.; WANG, H.; YU, C.; MARTIN, S. K. S.; XIE, F. Effect of shade on leaf photosynthetic capacity, light-intercepting, electron transfer and energy distribution of soybeans. **Plant Growth Regulation**, v. 83, n. 3, p. 409-416, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10725-017-0307-y>.

ZHANG, X.; DU, S.; XU, Y.; CAO, C.; CHEN, H. Reducing N application by increasing plant density based on evaluation of root, photosynthesis, N accumulation and yield of wheat. **Agronomy**, v. 11, n. 6, p. 1080, 2021. DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy11061080>.

ZHAO, J.; CHEN, J.; BEILLOUIN, D.; LAMBERS, H.; YANG, Y.; SMITH, P.; ZENG, Z.; OLSEN, J. E.; ZANG, H. Global systematic review with meta-analysis reveals yield advantage of legume-based rotations and its drivers. **Nature Communications**, v. 13, n. 1, p. 4926, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41467-022-32464-0>.

ZHENG, B.; ZHAO, W.; REN, T.; ZHANG, X.; NING, T.; LIU, P.; LI, G. Low light increases the abundance of light reaction proteins: Proteomics analysis of maize (*Zea mays* L.) grown at high planting density. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 23, n. 6, p. 3015, 2022. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijms23063015>.

ZIVCAK, M.; BRESTIC, M.; KALAJI, H. M.; Govindjee. Photosynthetic responses of sun-and shade-grown barley leaves to high light: is the lower PSII connectivity in shade leaves associated with protection against excess of light?. **Photosynthesis research**, v. 119, n. 3, p. 339-354, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11120-014-9969-8>.

4 ARTIGOS

4.1 Artigo 1- Desempenho de forrageiras do gênero *Urochloa* em sistema lavoura-pecuária

RESUMO

A adoção de sistemas integrados de produção permite a intensificação de uso da área utilizando múltiplos arranjos. Compreender como as espécies forrageiras se comportam nesses sistemas é necessário para executar uma atividade produtiva, rentável e sustentável. O objetivo foi avaliar o desempenho de forrageiras do gênero *Urochloa* cultivadas em consórcio com milho na formação da pastagem. No experimento foram testados o cultivo de milho (*Cenchrus americanus* cv. ADR-500) em monocultivo e o consórcios de milho + capim-marandu (*Urochloa brizantha* cv. Marandu), milho + capim-xaraés (*U. brizantha* cv. Xaraés), milho + capim-paiaguás (*U. brizantha* cv. BRS Paiaguás), milho + capim-braquiariinha (*U. decumbens* cv. Basilisk), milho + capim-ruziziensis (*U. ruziziensis* cv. Kennedy). O capim-ruziziensis e o capim-braquiariinha destacaram-se, com maiores valores de biomassa total, com 3,76 e 3,72 t ha⁻¹ de matéria seca, número de perfilhos, com 114,9 e 102 uni/m². Não houve diferença estatística na qualidade da forragem entre os tratamentos durante o consórcio. Após o consórcio, o capim-ruzizienses apresentou as maiores massa verde e massa seca, com 13,94 e 7,45 t ha⁻¹, respectivamente, e o capim-paiaguás apresentou maiores médias de matéria seca, FDN e FDA com 52,79%, 71,46% e 37,48%, respectivamente. Na estratificação dos componentes morfológicos, a biomassa do capim-ruzizienses e capim-braquiariinha apresentaram mais de 40% da massa total até 75 cm de altura e 50 cm de altura, respectivamente. O consórcio de milho com forrageiras do gênero *Urochloa* teve maior produtividade de matéria seca em comparação ao monocultivo, evidenciando seu potencial para sistemas integrados. O capim-braquiariinha e o capim-ruzizienses apresentaram maior número de perfilhos e acúmulo de biomassa, destacando-se como opções mais indicadas. O milho não se diferenciou nos diferentes arranjos em número de perfilhos, altura de dossel, matéria seca e qualidade bromatológica, confirmando sua eficiência como cultura consorciada.

Palavras-chave: *Brachiaria*, *Cenchrus americanus*, lavoura-pecuária, milho.

INTRODUÇÃO

A pecuária em regiões tropicais enfrenta o desafio de manter a produtividade e, ao mesmo tempo, garantir a sustentabilidade dos recursos naturais. Nesse cenário, a degradação de pastagens e a baixa eficiência no uso da radiação solar são entraves recorrentes, demandando alternativas de manejo que conciliem recuperação de áreas, melhoria da qualidade do solo e incremento na produção forrageira (Nascimento et al., 2025). Os sistemas de Integração Lavoura-Pecuária (ILP) têm se consolidado como estratégia viável para intensificação sustentável (Bieluczyk et al., 2022), favorecendo tanto o aumento da produtividade agrícola (Soares et al., 2024; Lima et al., 2023) quanto a diversificação e estabilidade da produção (Vinholis et al., 2021; Cordeiro et al., 2017).

O milheto (*Cenchrus americanus*) é uma cultura anual que pode ser utilizada em sistemas consorciados por sua elevada taxa de crescimento, produção de biomassa e capacidade de reciclar nutrientes (Dantas; Mattos Negrão, 2015). Além disso, sua rusticidade confere adaptação a diferentes condições edafoclimáticas, proporcionando rápida cobertura do solo e reduzindo riscos de erosão (Almeida et al., 2023). Associadas a ele, espécies forrageiras do gênero *Urochloa* destacam-se pela boa adaptação a ambientes tropicais, pela tolerância ao estresse hídrico e pelo potencial de fornecimento de forragem de qualidade ao longo do ano (Reis et al., 2021).

A combinação dessas espécies em consórcio não apenas favorece a produção de biomassa total, mas também modifica a estrutura vertical do dossel, influenciando a interceptação luminosa e a competição entre plantas (Kirchner et al., 2020). A forma como a biomassa é distribuída entre os diferentes estratos do dossel constitui fator determinante para a eficiência do uso da luz, refletindo na persistência e no desempenho das forrageiras após o ciclo da cultura anual (Costa et al., 2016; Santos et al., 2020). Apesar disso, ainda são escassos os estudos que detalham a estratificação da biomassa em consórcios envolvendo milheto e espécies de *Urochloa*.

Nesse contexto, investigar a distribuição vertical da biomassa e sua relação com a interceptação da radiação solar em sistemas consorciados é essencial para compreender a dinâmica de competição e complementaridade entre as espécies. Diante do exposto, formulou-se a hipótese de que as distintas forrageiras do gênero *Urochloa* apresentam respostas diferenciadas quando consorciadas com milheto, sendo necessário caracterizar tanto a produção de forragem quanto sua distribuição nos diferentes estratos do dossel, de modo a fornecer subsídios para a avaliação do cultivo conjunto dessas espécies.

Nesse contexto, o objetivo deste estudo foi investigar o efeito do consórcio entre milheto e diferentes forrageiras de *Urochloa* na integração lavoura-pecuária sobre a produção de biomassa destinada à colheita, além de analisar a estratificação das plantas dentro do dossel consorciado.

MATERIAL E MÉTODOS

Local de estudo e caracterização do solo

O experimento foi conduzido entre novembro de 2023 e julho de 2024 na cidade de Montes Claros (16°40'40.6"S 43°50'26.2"W), estado de Minas Gerais, Brasil (Figura 1). O clima é do tipo Aw,

tropical de savana, com inverno seco e verão chuvoso (Alvares et al., 2014). A temperatura média e precipitação total durante o experimento foram de 24,5 °C e 958,8 mm, respectivamente (Figura 2). Realizou-se uma análise preliminar do solo da área experimental e revelou os seguintes resultados na camada de 0-20 cm de profundidade: pH em água = 6,3; P Mehlich (mg dm^{-3}) = 7,2; K (mg dm^{-3}) = 339,0; Ca^{+2} ($\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$) = 5,64; Mg^{+2} ($\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$) = 1,69; Al^{+3} ($\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$) = 0; H + Al ($\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$) = 2,62; V (%) = 75,78; Matéria Orgânica (dag kg^{-1}): 2,63. De acordo com Sampaio e Fernandes (2021), o solo foi classificado como cambissolo háplico de textura argila-siltosa.

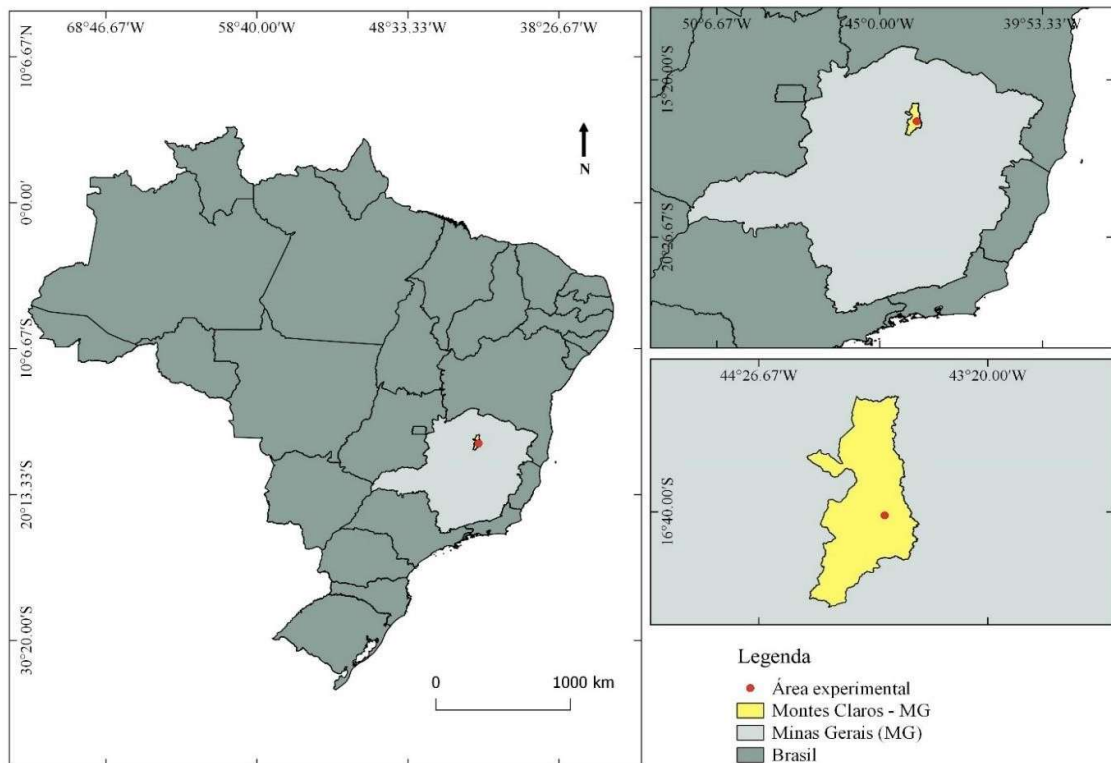


Figura 1. Localização da área de estudo no município de Montes Claros - MG.

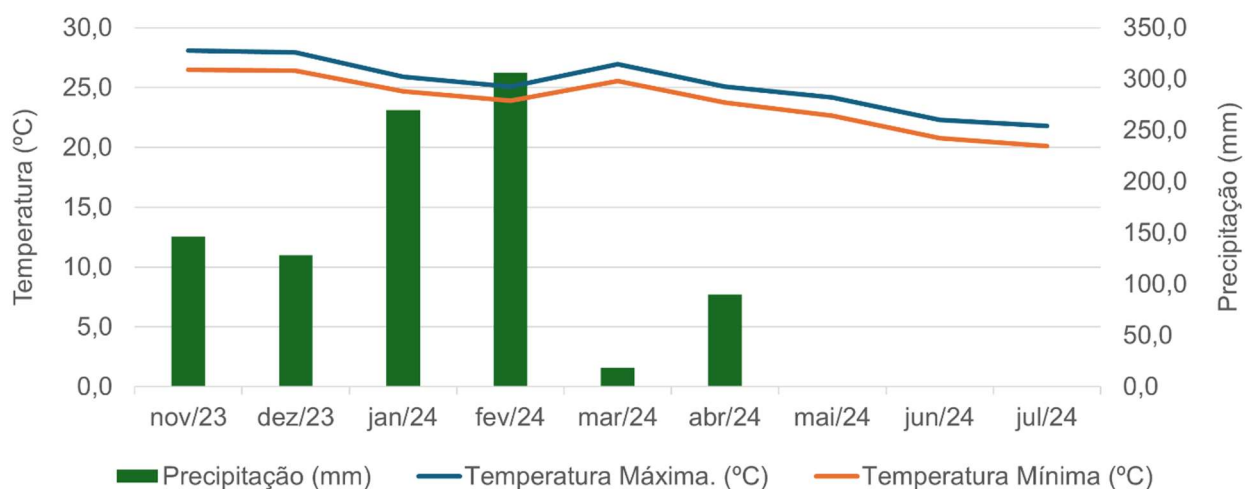


Figura 2. Temperatura e precipitação mensal no município de Montes Claros- MG entre novembro de 2023 e julho de 2024 (Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia).

Delimitação experimental, tratamentos e implantação do experimento

O delineamento experimental foi em blocos casualizados com quatro repetições e seis tratamentos. Os tratamentos foram: milho (*Cenchrus americanus* cv. ADR-500) cultivado em monocultivo, milho + capim-marandu (*Urochloa brizantha* cv. Marandu), milho + capim-xaraés (*Urochloa brizantha* cv. Xaraés), milho + capim-paiaguás (*Urochloa brizantha* cv. BRS Paiaguás), milho + capim-braquiária (*Urochloa decumbens* cv. Basilisk), milho + capim-ruziziensis (*Urochloa ruziziensis* cv. Kennedy).

Cada parcela experimental foi estabelecida no campo em área de 5 m x 5 m. O solo foi preparado de forma convencional, com aração seguida de gradagem. O plantio do milho e dos capins foi realizado no dia 10 de novembro de 2023, com espaçamento de 100 cm entre as plantas de milho e 50 cm entre as plantas de capim, e semeadura de milho + capim na linha e capim na entrelinha (Figura 3). As quantidades de sementes utilizadas na semeadura foram de 4,27 kg ha⁻¹ de milho, e 4,41 kg ha⁻¹, 4,26 kg ha⁻¹, 4,13 kg ha⁻¹, 4,16 kg ha⁻¹ e 4,02 kg ha⁻¹ dos capins Marandu, Xaraés, BRS Paiaguás, *U. decumbens* e *U. ruziziensis*, respectivamente.

A adubação foi realizada para atender a necessidade da cultura do milho (Alvarez et al., 1999), com 115 kg ha⁻¹ de P₂O₅ na forma de fosfato monoamônico (MAP) e 100 kg ha⁻¹ de K₂O na forma de cloreto de potássio (KCl) na semeadura. A adubação de cobertura foi de 100 kg ha⁻¹ de N na forma de ureia e 50 kg ha⁻¹ de P na forma de superfosfato simples, aplicado aos 21 dias após a semeadura.

Avaliações de dossel e perfilhos

A altura das plantas de capim e de milho foi medida em seis pontos distribuídos dentro da área útil (3 linhas e 3 entrelinhas centrais), utilizando-se a trena graduada em centímetros. O procedimento foi realizado nas linhas de cultivo de milho + capim, e na entrelinha de cultivo dos capins (Figura 3), determinando-se a altura do dossel. Em todos os casos, registrou-se a altura da estrutura mais alta de cada planta (folha ou inflorescência).

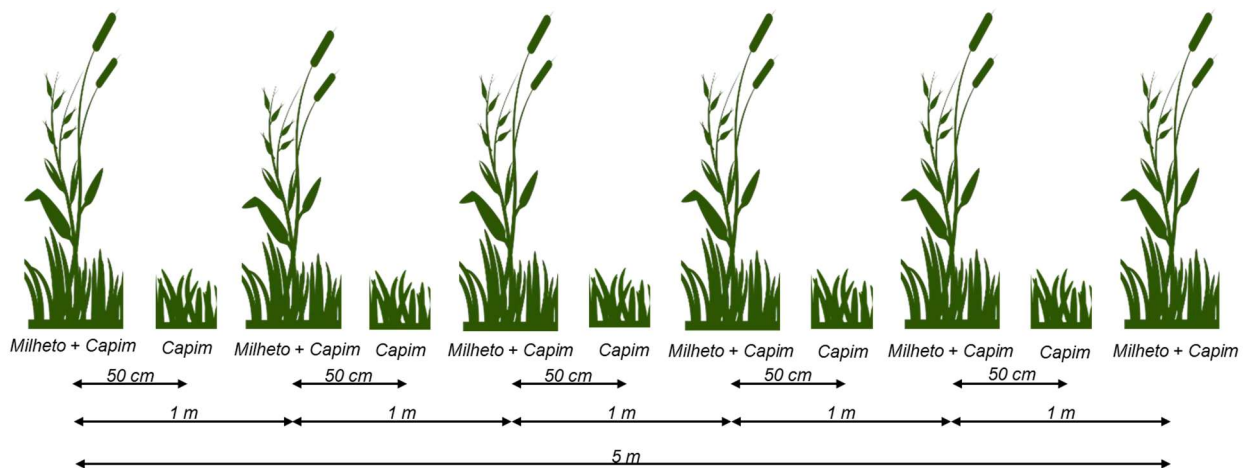


Figura 3. Disposição das linhas de milho+capim e capim dentro de cada unidade experimental.

A contagem do número de plantas de milho e do número de perfilhos de capim foi realizado em dois pontos de 1 m² dentro da área útil. Ao fim, obteve-se o valor em hectares de número médio de plantas de milho, número médio de perfilhos na linha com milho e o número médio de perfilhos de capim na linha somente com capim (entrelinha do milho).

Estratificação da biomassa

Aos 108 dias após a semeadura, com o final do ciclo da cultura do milho, foi realizado o corte rente ao solo de duas amostras de 1 m², na linha de milho consorciado com capim. O mesmo procedimento foi realizado nas linhas somente com capim e nas parcelas de milho solteiro. As plantas cortadas foram alinhadas ao chão e com uma régua graduada, foram cortados os estratos a cada 25 cm e pesados separadamente até atingir as partes mais altas do dossel. As massas de cada estrato foram separadas nos seguintes componentes morfológicos: folha (%F), colmo (%COL), material morto (%MM) e inflorescência (%INFL), diferenciando o que pertence ao capim e ao milho.

Para analisar o teor de matéria pré-seca (MS) das plantas, foram coletados, na linha e na entre linha, quatro amostras de plantas de 0,25 m² linear, cortadas rente ao solo. Tanto as amostras de MS quanto as amostras dos componentes morfológicos foram pesados e levados a estufa de circulação de ar forçado a 55°C por 72 horas, e pesados novamente para determinação dos percentuais dos componentes morfológicos e da matéria pré-seca.

Avaliação da pastagem formada após a consorciação

Após a amostragem das plantas, toda a área foi cortada com ensiladeira acoplada ao trator na altura de 10 cm do solo para produção de silagem da forragem produzida. Decorridos 90 dias após a colheita da silagem realizou-se o corte de uniformização em todas as parcelas na altura de 15 cm. Dois meses após o corte de uniformização, realizou-se a colheita da forragem produzida com o auxílio de um quadrado de área de 1 m², lançado de forma aleatória dentro da área útil da parcela. Toda a forragem colhida acima da altura de resíduo de 15 cm foi pesada e dividida em duas subamostras, sendo uma utilizada para determinação do teor de matéria seca (MS) e a outra para avaliação da composição morfológica da forragem nos seguintes componentes: folha (%F), colmo (%COL), material morto (%MM) e inflorescência (%INFL).

A radiação fotossinteticamente ativa (PAR) foi avaliada com o ceptômetro AccuPAR modelo LP-80 em quatro pontos, dentro da área útil da parcela, das plantas forrageiras formada em consórcio na integração lavoura-pecuária, aos 150 dias após a colheita da silagem de milho. As avaliações foram realizadas a partir das 10:00 horas. A PAR foi medida acima do dossel do capim, referindo-se a luz disponível para o capim, e rente ao solo, que representa a radiação remanescente após interceptação pelo próprio capim. Com os dados coletados, foi definida a porcentagem de interceptação luminosa (%IL) em cada local avaliado pela seguinte equação:

$$\%IL = \frac{PAR\ acima - PAR\ rente}{PAR\ acima} \times 100$$

Análise bromatológica

Realizou-se a bromatologia das plantas colhidas ao final do ciclo do milho e das forrageiras 150 dias após o fim do consórcio. Nestas análises as amostras secas foram moídas em moinho tipo Willey a 1 mm e avaliadas de acordo com a AOAC (2005) para MS (método 934.01), cinzas (MM, método 942.05) e proteína bruta (PB, método 954.01). As análises de fibra insolúvel em detergente neutro (FDN) e fibra insolúvel em detergente ácido (FDA) foram realizadas de acordo com Van Soest et al. (1991), usando uma unidade analisadora de fibra ANKOM200 (ANKOM Technology Corporation, Fairport, Nova York, EUA).

Análise estatística

Os dados de estratificação da biomassa foram analisados de forma descritiva por meio da elaboração de gráficos, onde a quantidade de massa de cada componente e de cada espécie foi medida e estratificada a cada 25 cm.

Os demais dados obtidos foram submetidos à análise de variância a 5% de significância. As médias de cada variável foram comparadas pelo teste Tukey ($P \leq 0,05$). As análises estatísticas foram realizadas utilizando o pacote Easyanova (Arnhold, 2013). Os procedimentos estatísticos foram realizados no software estatístico R®, versão 4.2.3 (R Development Core Team, 2023).

RESULTADOS

Os consórcios na integração lavoura-pecuária não influenciaram na altura das forrageiras do gênero *Urochloa*, tanto na linha quanto na entrelinha do cultivo do milho (Tabela 1).

Tabela 1. Crescimento das plantas de forrageiras do gênero *Urochloa* em consórcio simultâneo na linha e na entrelinha da cultura de milho, aos 106 dias de consórcio na integração lavoura-pecuária. AL = altura na linha; AE = altura na entrelinha; PL = perfilhos na linha; PE = perfilhos na entrelinha; PT = perfilhos totais

Tratamento	Forrageiras <i>Urochloa</i>					Milho	
	AL (cm)	AE (cm)	PL (m ²)	PE (m ²)	PT (m ²)	altura (cm)	perfilho (m ²)
milho + capim-xaraés	121,1 a	117,3 a	13,7 b	39,6 a	75,5 ab	251,5 a	22,3 a
milho + capim-marandu	130,6 a	123,2 a	16,3 b	37,3 a	74,8 b	251,6 a	21,3 a
milho + capim-paiaguás	110,8 a	108,7 a	18,9 b	48,0 a	82,6 ab	221,2 a	15,8 a
milho + capim-braquiariinha	101,5 a	111,2 a	34,5 ab	49,0 a	102,0 ab	234,5 a	18,5 a
milho + capim-ruziziensis	147,5 a	147,8 a	50,0 a	47,5 a	114,9 a	235,5 a	17,4 a
milho monocultivo	-	-	-	-	-	247,0 a	24,0 a
CV (%)	23,61	16,94	36,48	38,03	21,95	9,72	25,97
DMS	47,5	31,74	14,99	25,94	26,12	35,18	7,77

Médias seguidas pelas mesmas letras, na coluna, não diferem entre si pelo teste Tukey ($p \leq 0,05$).

A densidade de perfilhos revelou diferenças mais expressivas entre os tratamentos. O capim-ruziziensis se destacou com 50,0 perfilhos/m², resultando em maior número total (Tabela 1). Os menores números de perfilhos totais foram capim-marandu com 74,8 perfilhos/m², e superior a eles o capim-ruziziensis com 114,9 perfilhos/m² (Tabela 1).

As plantas de milho não apresentaram variação em relação a sua altura e perfilhamento nos diferentes consórcios com forrageiras do gênero *Urochloa*. As plantas de milho apresentaram média geral de 240,22 cm de altura e 19,9 perfilhos/m².

Esses resultados indicam que, embora a presença das forrageiras não tenha afetado a estatura do milho, houve competição suficiente para reduzir seu perfilhamento, sugerindo ajustes na densidade de semeadura ou escolha da espécie forrageira como estratégias de manejo.

O consórcio com forrageiras do gênero *Urochloa* na ILP não influenciou a produção massa seca do milho, que atingiu médias 8,38 e 10,61 t ha⁻¹, semelhantes ao monocultivo (9,37 t ha⁻¹). O capim-ruziziensis e o capim-braquiariinha destacaram-se, com maiores valores de massa seca total, enquanto o capim-xaraés e o capim-paiaguás apresentaram as menores produtividades (Tabela 2). Na linha de semeadura do milho o capim-ruziziensis teve a maior média de produtividade, diferindo do capim-xaraés. Já na entrelinha, tanto o capim-ruziziensis quanto o capim-braquiariinha apresentaram maior produtividade em comparação às demais (Tabela 2). O consórcio de milho com as forrageiras do gênero *Urochloa* na ILP obtiveram maior produtividade total do sistema (milho + forrageira) em comparação ao monocultivo de milho (Tabela 2).

Tabela 2. Produtividade das plantas forrageiras do gênero *Urochloa*, em consórcio simultâneo na linha e na entrelinha do cultivo de milho, aos 106 dias de consórcio na integração lavoura-pecuária

Tratamento	Massa Seca (t ha ⁻¹)				
	Milho	Forrageira Linha	Forrageira entrelinha	Total forrageira	total do sistema
milho + capim-xaraés	8,38 a	0,29 b	1,87 b	2,16 b	10,55 a
milho + capim-marandu	10,61 a	0,42 ab	2,32 ab	2,77 ab	13,39 a
milho + capim-paiaguás	10,49 a	0,43 ab	1,83 b	2,27 b	12,77 a
milho + capim-braquiariinha	8,60 a	0,48 ab	3,28 a	3,76 a	12,37 a
milho + capim-ruziziensis	9,42 a	0,55 a	3,17 a	3,72 a	13,14 a
milho monocultivo	9,37 a	-	-	-	9,37 b
CV (%)	26,42	20,88	22,48	19,24	20,44
DMS	3,78	0,14	0,86	0,87	3,68

Médias seguidas pelas mesmas letras, na coluna, não diferem entre si pelo teste Tukey ($p \leq 0,05$).

A composição química das forrageiras do gênero *Urochloa* consorciadas com milho não apresentou variação significativa, tanto na linha quanto na entrelinha de semeadura do milho, em função dos diferentes sistemas de cultivo (Tabela 3).

Tabela 3. Composição química de forrageiras do gênero *Urochloa* em cultivo consorciado com milho na integração lavoura-pecuária, aos 106 dias de consórcio na integração lavoura-pecuária

Tratamento	MS (%)	MM (%)	FDN (%)	FDA (%)	PB (%)
milheto + capim-xaraés	17,18 a	6,91 a	69,7 a	40,50 a	10,04 a
milheto + capim-marandu	19,11 a	7,13 a	70,66 a	41,91 a	10,04 a
milheto + capim-paiaguás	19,88 a	6,68 a	71,06 a	39,03 a	10,12 a
milheto + capim-braquiariinha	20,26 a	7,29 a	71,19 a	38,92 a	10,64 a
milheto + capim-ruziziensis	20,48 a	7,67 a	69,54 a	41,77 a	8,38 a
milheto monocultivo	20,34 a	7,97 a	71,6 a	40,87 a	9,36 a
CV (%)	15,26	9,29	4,43	5,76	17,23
DMS	4,49	1,02	4,72	3,51	2,54
milheto + capim-xaraés	18,09 a	9,91 a	71,21 a	42,67 a	7,10 a
milheto + capim-marandu	17,29 a	11,90 a	72,31 a	42,59 a	8,31 a
milheto + capim-braquiariinha	15,62 a	9,06 a	70,33 a	42,86 a	7,62 a
milheto + capim-paiaguás	16,70 a	13,96 a	71,72 a	44,03 a	7,61 a
milheto + capim-ruziziensis	14,98 a	10,17 a	71,60 a	41,14 a	8,72 a
CV (%)	20,09	28,82	4,96	6,82	20,62
DMS	5,12	4,89	5,46	4,49	2,57

Médias seguidas pelas mesmas letras, na coluna, não diferem entre si pelo teste Tukey ($p \leq 0,05$). Matéria seca (MS), matéria mineral (MM), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA) e proteína bruta (PB).

Após 150 dias da colheita da silagem de milho o número de perfilhos/m² destacou-se no capim-braquiariinha, sendo significativamente superior às demais forrageiras avaliadas (Tabela 4). A porcentagem de interceptação luminosa do relvado aos 60 dias de crescimento e o índice de área foliar não diferiram significativamente entre os tratamentos, com médias variando de 66,86 a 81,55% e de 1,15 a 1,55, respectivamente (Tabela 4).

A produção de massa verde e massa seca apresentou variação entre os tratamentos, sendo o capim-ruziziensis o mais produtivo, seguido pelo capim-braquiariinha. A produção de massa verde do capim-ruzizienses foi superior apenas do capim-xaraés (Tabela 4).

Tabela 4. Características produtivas das plantas forrageiras do gênero *Urochloa* em pastagem formada em consórcio na integração lavoura-pecuária, aos 150 dias após a colheita da silagem de milho.

Tratamento	Perfilho (uni m ²)	%IL	LAI	Massa verde (t ha ⁻¹)	Massa Seca (t ha ⁻¹)
capim-xaraés	54,5 b	66,86 a	1,16 a	5,79 b	2,57 b
capim-marandu	84,5 b	72,36 a	1,38 a	6,26 ab	2,75 b
capim-braquiariinha	148,0 a	81,55 a	1,55 a	11,60 ab	5,17 ab
capim-paiaguás	81,3 b	67,94 a	1,15 a	6,38 ab	2,66 b
capim-ruziziensis	73,5 b	80,24 a	1,51 a	13,94 a	7,45 a
CV (%)	27,4	18,27	32,61	39,03	45,61
DMS	37,3	20,77	0,68	5,3	2,9

Médias seguidas pelas mesmas letras, na coluna, não diferem entre si pelo teste Tukey ($p \leq 0,05$). Intercepção luminosa (%IL), índice de área foliar (LAI).

A composição química das forrageiras avaliadas na pastagem formada após a colheita da silagem de milho apresentaram diferenças em alguns componentes (Tabela 5). As porcentagens de matéria seca variaram de 42,76 a 52,79%, com o capim-paiaguás apresentando o maior valor, significativamente superior às demais espécies (Tabela 5). O material mineral e a proteína bruta não apresentaram variação entre as forrageiras avaliadas. A fibra em detergente neutro (FDN) foi mais elevada no capim-paiaguás, enquanto capim-ruziziensis apresentou o menor valor. A fibra em detergente ácido (FDA) seguiu padrão semelhante, com maior teor no paiaguás e menores valores observados no capim-xaraés e capim-ruziziensis (Tabela 5).

Tabela 5. Composição química de forrageiras do gênero *Urochloa* em pastagem formada em consórcio na integração lavoura-pecuária, aos 150 dias após a colheita da silagem de milho

Tratamento	MS (%)	MM (%)	FDN (%)	FDA (%)	PB (%)
capim-xaraés	43,56 b	6,57 a	68,82 ab	33,13 b	6,33 a
capim-marandu	43,57 b	7,33 a	67,74 ab	32,75 ab	4,98 a
capim-braquiariinha	42,76 b	6,49 a	68,33 ab	32,27 ab	4,75 a
capim-paiaguás	52,79 a	6,39 a	71,46 a	37,48 a	4,04 a
capim-ruziziensis	44,68 b	6,73 a	66,35 b	32,43 b	5,76 a
CV (%)	7,83	10,82	3,17	6,57	24,45
DMS	5,49	1,12	3,34	3,40	1,95

Médias seguidas pelas mesmas letras, na coluna, não diferem entre si pelo teste Tukey ($p \leq 0,05$).

O percentual de folhas, material morto e inflorescências não apresentou variação entre as diferentes forrageiras do gênero *Urochloa*. O percentual de colmos (COL) foi maior no capim-marandu, enquanto o capim-ruziziensis apresentou o menor valor (Tabela 6). A inflorescência (INF) apresentou baixa representação em todos os tratamentos (<1,2%), sem diferenças estatisticamente significativas, sugerindo que, até 150 dias após a colheita do milho, a maior parte da biomassa permanece vegetativa.

Tabela 6. Percentual dos componentes morfológicos folha (FOL), colmo (COL), material morto (MM) e inflorescência (INF) de forrageiras do gênero *Urochloa* em pastagem formada em consórcio na integração lavoura-pecuária, aos 150 dias após a colheita da silagem de milho

Tratamento	FOL (%)	COL (%)	MM (%)	INF (%)
milheto + capim-xaraés	43,36 a	11,88 ab	43,58 a	1,17 a
milheto + capim-marandu	33,72 a	27,06 a	38,13 a	1,08 a
milheto + capim-paiaguás	29,57 a	14,40 ab	55,28 a	0,74 a
milheto + capim-braquiarinha	37,64 a	17,86 ab	43,78 a	0,70 a
milheto + capim-ruziziensis	23,65 a	10,00 b	65,97 a	0,35 a
CV (%)	51,12	46,14	33,27	131,95
DMS	26,46	11,55	25,3	1,65

Médias seguidas pelas mesmas letras, na coluna, não diferem entre si pelo teste Tukey ($p \leq 0,05$).

Através do gráfico é possível observar a tendência inversa da taxa de colmos com a altura das plantas. Outra informação interessante diz respeito a elevada proporção de capim-braquiarinha e capim-ruzizienses na entrelinha (Figura 4D e Figura 4E), ambas representando mais que 40% da massa total até 75 cm de altura e 50 cm de altura, respectivamente. Assim, pode-se visualizar que a participação do milho na constituição da biomassa no tratamento com capim-braquiarinha foi menor mostrando-se predominante mais competitivo que os outros (Figura 4).

Os demais tratamentos (Figura 4A, Figura 4B e Figura 4C) demonstraram ser menos competitivos, já que a massa total na entrelinha não passou de 40% em relação ao milho consorciado com as forrageiras.

O milho em monocultivo (Figura 4F) demonstra uma relação inversa entre colmo e altura de dossel, sendo assim, à medida que a planta se desenvolvia em altura, a massa de colmo diminui. A inflorescência compôs a maior parte da biomassa nos estratos superiores.

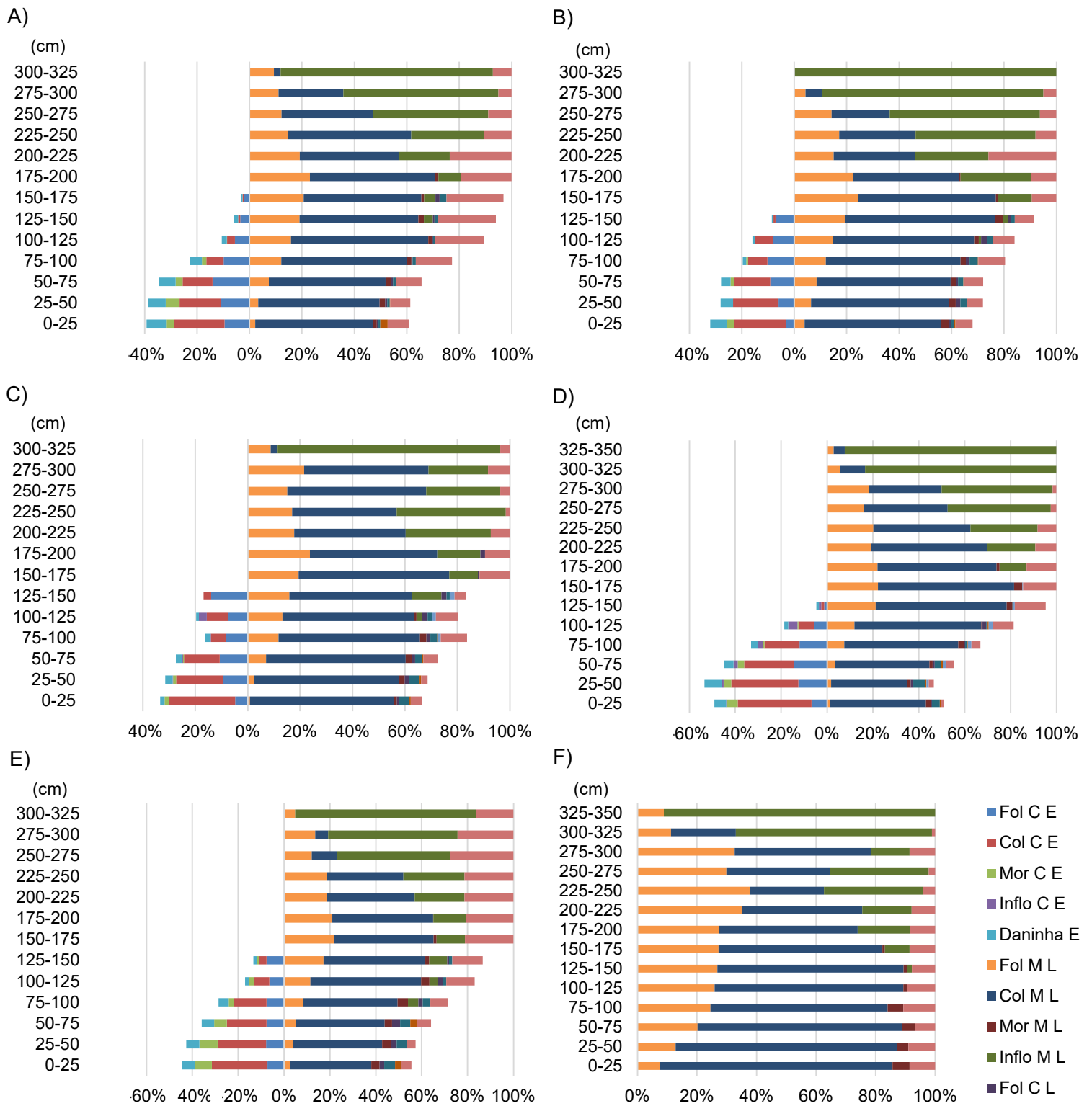


Figura 4. Estratificação da biomassa dos componentes morfológicos do consórcio entre milheto e forrageiras do gênero *Urochloa* sp. (A) milheto + capim-xaraés, (B) milheto + capim-marandu, (C) milheto + capim-paiaguás, (D) milheto + capim-braquiariinha, (E) milheto + capim-ruzizienses, (F) milheto. Nos gráficos informar a unidade do eixo Y. Legenda: Folha (Fol); Colmo (Col); Material senescente (Mor); Inflorescência (Inflo); Plantas daninhas (Daninha); Linha (L) e entrelinha (E) de plantio.

DISCUSSÃO

Os resultados deste estudo demonstram que há interações competitivas e há plasticidade morfológica entre o milheto (*Cenchrus americanus*) e diferentes espécies do gênero *Urochloa* quando cultivados consórcio simultâneo. A altura das forrageiras não diferiu entre os consórcios, tanto na linha quanto na entrelinha, com médias variando de 101,5 a 147,8 cm (Tabela 1). Essa proximidade sugere que o desenvolvimento em altura não foi fator limitante para a competição com o milheto, independentemente da espécie forrageira. Ainda assim, destaca-se que o capim-ruziziensis atingiu as maiores médias (147,5 e 147,8 cm).

Embora a altura do milheto tenha permanecido estável, a presença das forrageiras afetou significativamente a dinâmica de perfilhamento, revelando diferenças na capacidade competitiva e na plasticidade fenotípica das gramíneas testadas. Essa constatação é importante porque, mesmo quando não há efeito direto sobre o porte das plantas, ajustes sutis na arquitetura do dossel podem alterar o equilíbrio competitivo do consórcio.

De fato, não houve diferença significativa na altura do milheto nem no número de perfilhos quando consorciado, em comparação ao monocultivo, evidenciando sua capacidade de estabelecer o dossel e manter o potencial produtivo sem ser suprimido pelas forrageiras. Esse comportamento está alinhado com os achados de Baptistella et al. (2020), que observaram que cereais de ciclo curto, como o milheto, apresentam rápido estabelecimento inicial e alta eficiência no uso da radiação, permitindo-lhes dominar o dossel superior em sistemas consorciados. Assim, a manutenção da altura e do perfilhamento do milheto se torna essencial para a finalidade do consórcio, garantindo produção de massa para silagem.

Em complemento, dados de literatura reforçam que altura e perfilhamento não são independentes. De acordo com Comasseto et al. (2021), o manejo de altura do milheto é determinado e diretamente interligado com o número de perfilhos, enquanto Ongaratto et al. (2021) determinaram que manejo de altura para o capim-marandu com altura maior que 25 cm diminui a densidade e número de perfilhos, enquanto em altura menor a esta aumenta a taxa de perfilhamento. Rodrigues et al. (2023) também notaram que densidade e altura de resíduo influenciam a relação folha:colmo e a interceptação luminosa, sem alterar drasticamente a altura. Assim, espécies com maior perfilhamento conseguem ocupar espaço no consórcio sem necessariamente crescer em altura, sugerindo que ajustes de densidade e espaçamento são ferramentas práticas de manejo para equilibrar a competição.

Além da altura do milheto não ter sido afetada, o número de perfilhos em consórcio quando comparado ao monocultivo também não apresentaram diferenças entre os tratamentos. A competição inicial por luz, nutrientes ou espaço não foram limitantes para do desenvolvimento de altura de dossel e perfilhamento. No entanto, estudos como o de Souza et al. (2022) indicam que essas mudanças nem sempre comprometem a produtividade de grãos, uma vez que a plasticidade morfofisiológica permite compensações.

Essa interpretação encontra suporte nos resultados de Souza et al. (2025), que verificaram manutenção do rendimento de grãos de milho mesmo em consórcios com capim-marandu e capim-paiaguás. Portanto, ainda que ocorra competição por perfilhamento, a produtividade final do cereal não

é necessariamente prejudicada. No presente estudo, o fato de a produtividade de massa seca do milho e o número de perfilhos não ter caído sugere que a competição não foi agressiva a ponto de limitar o desempenho, caracterizando um sistema relativamente equilibrado. Do ponto de vista do manejo, isso indica que ajustes simples, como optar por forrageiras menos competitivas ou adequar o espaçamento entre linhas, podem preservar o perfilhamento do milho sem comprometer a produção total. Além disso, consorciações com capim-ruziziensis e capim-braquiária se mostraram particularmente promissoras, uma vez que apresentaram maiores valores absolutos de massa seca de forragem (milho + capim), mesmo não diferindo significativamente dos demais tratamentos (Tabela 2). Em condições de adubação nitrogenada elevada, por exemplo, o capim-ruziziensis pode ultrapassar 20 t/ha de matéria seca (Lima et al., 2016), evidenciando grande potencial de contribuição. Essa produtividade elevada, associada à capacidade de acumular biomassa foliar sob diferentes manejos, reforça o papel estratégico da espécie no consórcio.

Os benefícios, contudo, não se restringem ao aumento imediato de biomassa. Estudos como o de Brito et al. (2023) mostram que a presença de braquiárias em consórcio com culturas anuais promove melhorias nos atributos do solo, intensifica a ciclagem de nutrientes e favorece a produtividade de culturas subsequentes. Dessa forma, o sistema não apenas otimiza a produção forrageira, mas também agrega sustentabilidade ao uso agrícola da área.

No que se refere à qualidade da forragem, a literatura também aponta vantagens. Delevatti et al. (2019) trabalhando com capim-marandu não encontraram diferença entre consórcio e monocultivo para fibra em detergente neutro e proteína bruta. Isso sugere que o consórcio com milho contribui com qualidade de biomassa, ampliando os benefícios para a pecuária.

Por fim, aspectos morfológicos das espécies consorciadas devem ser considerados no manejo. Faria et al. (2018) e Santos et al. (2014) demonstraram que o capim-ruziziensis responde fortemente à adubação nitrogenada e apresenta plasticidade morfológica, mas tende a acumular material morto e colmos com o avanço do ciclo, ao passo que espécies como capim-xaraés mantêm maior proporção de folhas. Mauri et al. (2018) também observaram que a idade de rebrota altera a proporção de tecidos foliares e estruturais, influenciando a qualidade da forragem. Assim, o manejo adequado de cortes ou pastejo em janelas estratégicas é fundamental para preservar o potencial nutritivo das forrageiras, evitar excesso de senescência e selecionar genótipos que combinem produtividade e qualidade.

Nesse sentido, torna-se evidente que, a prática de intercalar culturas de grãos com forrageiras aumenta a produção de biomassa pós-colheita e promove cobertura de solo uniforme e favorecendo a formação de pastagem (Souza et al., 2024; Crusciol et al., 2023).

CONCLUSÃO

O cultivo do milho consorciado com forrageiras do gênero *Urochloa* apresenta produtividade de matéria seca total (milho + forrageira) superior que o monocultivo de milho, viabilizando a implantação de sistemas integrados de produção.

O capim-braquiária e capim-ruziziensis destacaram-se entre as forrageiras consorciadas

com milho pelas maiores taxas de perfilhamento e produção de matéria seca, tornando-os mais indicados para esse tipo de consórcio.

O milho se manifestou como bom competidor dentro do consórcio, por não diferenciar suas características de perfilhos, altura e qualidade nutricional nos diferentes arranjos.

A massa das forrageiras na entrelinha de cultivo representa no máximo, cerca de 40% da massa total em comparação na linha em mesma altura de dossel.

Os trabalhos com milho ainda são escassos e desatualizados, comparado as outras culturas semelhantes como milho e sorgo, o que evidencia a necessidade de pesquisas mais detalhadas sobre seu manejo, potencial produtivo e integração em sistemas de produção diversificados.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, M. C. R.; LEITE, M. L. M. V.; SOUZA, E. S.; TABOSA, J. N.; OLIVEIRA, D. M.; ANJOS, F. L. Q.; CARDOZO, C. H. E. D.; FARIAS, I. M.; LIMA, L. F.; COSTA, Á. C. L. Production of millet and legumes in consortium systems for semiarid regions. **Research, Society and Development**, v. 12, n. 3, e5712340407, 2023. DOI: <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v12i3.40407>.
- ALVAREZ, V. V. H.; NOVAIS, R. D.; BARROS, N. D.; CANTARUTTI, R. B.; LOPES, A. S. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais-5a aproximação. Viçosa, MG: Comissão de fertilidade do solo do estado de Minas Gerais**, p. 25-32, 1999.
- ANDRADE, C. A. O. D.; BORGHI, E.; BORTOLON, L.; BORTOLON, E. S. O.; CAMARGO, F. P. D.; AVANZI, J. C.; GUARDA, V. D. A.; CUNHA, M. K.; SILVA, R. R.; FIDELIS, R. R. Forage Production and Bromatological Composition of Forage Species Intercropped With Soybean. **Journal of Agricultural Science**, v. 11, n. 12, p. 1-12, 2019. DOI: <https://doi.org/10.5539/jas.v12n1p84>.
- ARNHOLD, E. *Easyanova: Analysis of variance and other important complementary analyses*. R package version 4.6, 2013.
- BAPTISTELLA, J. L. C.; ANDRADE, S. A. L.; FAVARIN, J. L.; MAZZAFERA, P. **Frontiers in Sustainable Food Systems**, v. 4, p. 119, 2020. DOI: <https://doi.org/10.3389/fsufs.2020.00119>.
- BIELUCZYK, W.; BONETTI, J. A.; DENARDIN, L. G. O.; PIRES, G. C.; BERNARDI, A. C. C.; PEZZOPANE, J. R. M.; CARVALHO, P. C. F.; SOUZA, E. D. Manejo do solo para a sustentabilidade de sistemas integrados de produção agropecuária. In: MARTINS, A. G.; BATISTA, A. H.; WENDLING, B.; PEREIRA, M. G.; SANTOS, W. O. (Org.). *Manejo do solo em sistemas integrados de produção*. Ponta Grossa, PR: Atena, 2022. p. 80-128.
- BRITO, L. D. C. R.; SOUZA, H. A.; ARAÚJO NETO, R. B.; AZEVEDO, D. M. P.; SAGRILO, E.; VOGADO, R. F.; CARVALHO, S. P.; FERREIRA, A. C. M.; CAVIGELLI, M. A. Improved soil fertility, plant nutrition and grain yield of soybean and millet following maize intercropped with forage grasses and crotalaria in the Brazilian savanna. **Crop and Pasture Science**, v. 74, n. 5, p. 438-448, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1071/CP22251>.
- CORDEIRO, L. A. M.; VILELA, L.; MARCHÃO, R. L.; KLUTHCOUSKI, J.; MARTHA JÚNIOR, G. B. INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA E INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA-FLORESTA: ESTRATÉGIAS PARA INTENSIFICAÇÃO SUSTENTÁVEL DO USO DO SOLO. **Cadernos De Ciência & Tecnologia**, v. 32, n. 1/2, p. 15-53, 2017. DOI: <https://doi.org/10.35977/0104-1096.cct2015.v32.23294>.

COMASSETO, D. S.; SANTOS, M. E. R.; FERREIRA, D. J.; SANTOS, A. L.; AMORIM, P. L.; MOREIRA, L. M.; FERREIRA, E. M. Effects of cutting height managements on yield and morphogenesis of pearl millet, sudangrass and sorghum. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 22, e171221, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1519-99402121282020>.

COSTA, N. L.; DESCHAMPS, C.; MORAES, A. Estrutura da pastagem, fotossíntese e produtividade de gramíneas forrageiras. **Pubvet**, v. 6, p. Art. 1387-1392, 2016. DOI: <https://doi.org/10.22256/pubvet.v6n21.1387>.

CRUSCIOL, C. A. C.; SANTOS FERREIRA, J. H.; MOMESSO, L.; PORTUGAL, J. R.; CAMPOS, M.; VOLF, M. R.; BORGHI, E.; SORATTO, R. P.; CALONEGO, J. Lasting effect of *Urochloa brizantha* on a common bean-wheat-maize rotation in a medium-term no-till system. **Frontiers in Sustainable Food Systems**, v. 7, p. 940996, 2023. DOI: <https://doi.org/10.3389/fsufs.2023.940996>.

DANTAS, C. C. O.; MATTOS NEGRÃO, F. Características agrônômicas do Milheto (*Pennisetum glaucum*). **Pubvet**, v. 4, n. 37, 2010.

FARIA, B. M.; MORENZ, M. J. F.; PACIULLO, D. S. C.; LOPES, F. C. F.; GOMIDE, C. A. D. M. Growth and bromatological characteristics of *Brachiaria decumbens* and *Brachiaria ruziziensis* under shading and nitrogen. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 49, n. 3, p. 529-536, 2018. DOI: <https://doi.org/10.5935/1806-6690.20180060>.

KIRCHNER, J. H.; ROBAINA, A. D.; PEITER, M. X.; TORRES, R. R.; MEZZOMO, W.; ROSSO, R. B. Altura de plantas e diâmetro de colmos de sorgo forrageiro irrigado em função de cortes. **Irriga**, v. 25, n. 2, p. 223-233, 2020. DOI: <https://doi.org/10.15809/irriga.2020v25n2p223-233>.

KEARL, L.C. Nutrient requirements of ruminants in developing countries. Logan: International Feedstuffs Institute, 1982. 381p. DOI: <https://doi.org/10.26076/6328-a024>.

LIMA, J. D. P.; TORINO, A. B.; SILVA, L. M.; NASCIMENTO JÚNIOR, L. F.; BRITO, M. F.; COSTA, K. A. P.; SILVA, B. M.; SEVERIANO, E. C. Crop-livestock integration improves physical soil, agronomic and environmental aspects in soybean cultivation. **Plants**, v. 12, n. 21, p. 3746, 2023. DOI: <https://doi.org/10.3390/plants12213746>.

LIMA, J. E.; NASCENTE, A. S.; LEANDRO, W. M.; SILVEIRA, P. M. D. *Urochloa ruziziensis* responses to sources and doses of urea. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 20, n. 5, p. 401-407, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v20n5p401-407>.

MAURI, J.; SILVA, G. A.; PEREIRA, D. L.; TECHIO, V. H.; DAVIDE, L. C.; SOBRINHO, F. S.; PEREIRA, F. J. Regrowth age modifies the leaf anatomy of *Brachiaria* genotypes. **Acta Scientiarum: Biological**

Sciences, v. 40, e39369, 2018. DOI: <https://doi.org/10.4025/actascibiolsci.v40i1.39369>.

NASCIMENTO, F. J. L.; COSTA, G. M.; SOUSA, M. P.; PEREIRA, Y. N.; Neto, O. C. DEGRADAÇÃO DE PASTAGENS: CAUSAS, CONSEQUÊNCIAS E CAMINHO PARA A RECUPERAÇÃO. **Revista Multidisciplinar do Nordeste Mineiro**, v. 8, n. 1, p. 1-12, 2025. DOI: <https://doi.org/10.61164/rmnm.v8i1.3836>.

ONGARATTO, F.; FERNANDES, M. H. M. R.; DALLANTONIA, E. E.; LIMA, L. O.; VAL, G. A.; CARDOSO, A. S.; RIGOBELLO, I. L.; CAMPOS, J. A. A.; REIS, R. A.; RUGGIERI, A. C. Intensive production and management of Marandu palisadegrass (*Urochloa brizantha* 'Marandu') accelerates leaf turnover but does not change herbage mass. **Agronomy**, v. 11, n. 9, p. 1846, 2021. DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy11091846>.

R CORE TEAM, 2023. A language and Environment for Statistical Computing. Viena: R Foundation for Statistical Computing, c2024.

REIS, R. V.; ROCHA, R. A. S.; SANTOS, D. D. A. T.; BÚFALO, V. C. F. Desempenho agrônômico de forrageiras tropicais. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 14, p. e37101421735-e37101421735, 2021. DOI: <https://doi.org/10.33448/rsd-v10i14.21735>.

RODRIGUES, P. R.; PACIULLO, D. S. C.; SOARES, N. A.; GOMIDE, C. D. M.; MORENZ, M. J. F.; LOPES, F. C. F.; SOBRINHO, F. S.; LANA, Â. M. Q. Productive traits and nutritional value of *Urochloa ruziziensis* submitted to different planting densities and defoliation intensities. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 75, p. 1005-1015, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1590/1678-4162-12976>.

SANTOS, A. R. M. D.; GOMES, F. J.; XIMENES, E. S. O. C.; ARAGÃO, W. F. D. X.; SILVA, A. C. D. Efeito do ambiente luminoso em forrageiras de clima tropical em sistemas silvipastoris. **Nativa**, v. 8, n. 5, p. 633-642, 2020. DOI: <https://doi.org/10.31413/nativa.v8i5.10883>.

SANTOS, F. C.; TECHIO, V. H.; FREITAS, A. S.; CASTRO, E. M.; DAVIDE, L. C.; SOBRINHO, F. S. Adaptive leaf anatomical characteristics of *Brachiaria ruziziensis* genotypes (*Poaceae*) in different environments. **Acta Scientiarum: Biological Sciences**, p. 579-584, 2013. DOI: <https://doi.org/10.4025/actascibiolsci.v35i4.18265>.

SOARES, D. A.; LUPATINI, G. C.; SEKIYA, B. M. S.; MATEUS, G. P.; ANDRIGHETTO, C.; MODESTO, V. C.; DA SILVA, J. R.; LUZ, J. H. S.; GALINDO, F. S.; CRUSCIOL, C. A. C.; PAVINATO, P. S.; ANDREOTTI, M. Integrated Crop–Livestock Systems as a Strategy for the Sustainable Production of Corn and Soybean Grain in Tropical Sandy Soils. **Agronomy**, v. 14, n. 9, p. 2071, 2024. DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy14092071>.

SOUZA, L. F. N.; CIAMPITTI, I. A.; FERNANDEZ, J. A.; FAVARIN, J. L.; OLIVEIRA, S. M. Maize-Brachiaria grass intercropping: a meta-analysis of major productivity drivers in Brazil. **Field Crops Research**, v. 306, p. 109205, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2023.109205>.

SOUZA, S. S. D.; COUTO JÚNIOR, P. A.; FLÔRES, J. D. A.; COELHO, A. P.; LEMOS, L. B. Do the intercropping with *Crotalaria spectabilis* and *Urochloa ruziziensis* reduce the maize agronomic performance?. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 52, p. e70513, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1590/1983-40632022v5270513>.

SOUZA, V. S., FERREIRA, J. B. G., DE CASTRO SANTOS, D., GRESCHUK, L. T., SCHIEBELBEIN, B. E., DE SOUZA BORTOLO, L., GONÇALO, T. P.; FIALHO, A. R.; SOUZA, S. O.; PAIM, T. P.; ALMEIDA, R. E. M.; VILELA, L. CHERUBIN, M. R. Maize-Urochloa grass intercropping: an option for improving sustainable agriculture in the Brazilian Savannah. **Experimental Agriculture**, v. 61, p. e17, 2025. DOI: <https://doi.org/10.1017/S0014479725100070>.

VAN SOEST, P. J. 1994. Nutritional Ecology of the Ruminant. Comstock Publ. Assoc., Cornell University, Ithaca, 476 PP.

VINHOLIS, M. D. M. B.; CARRER, M. J.; SOUZA FILHO, H. M. D.; BERNARDO, R. Sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta no estado de São Paulo: estudo multicasos com adotantes pioneiros. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 60, n. 1, p. e234057, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1590/1806-9479.2021.234057>.

4.2 Artigo 2 - Plasticidade fisiológica do *Cenchrus ciliaris* cv. *Aridus* em sistema silvipastoril

RESUMO

Os sistemas integrados de produção otimizam o uso da área e requerem conhecimento sobre o desempenho das forrageiras para assegurar eficiência e sustentabilidade. Com isso, o objetivo deste estudo foi avaliar as respostas fisiológicas do capim-buffel cultivado ao longo do sub-bosque existente entre as árvores e o feijão-guandu em um sistema silvipastoril. O trabalho foi desenvolvido em parcelas subdivididas, sendo alocado nas parcelas dois arranjos de sistema silvipastoril: SP1 - capim-buffel (*Cenchrus ciliaris* cv. *Aridus*) consorciado com eucalipto (*Eucalyptus grandis* x *E. urophylla*) e, SP2 - capim-buffel consorciado com feijão-guandu (*Cajanus cajan* cv. Iapar 43/Aratã) e eucalipto. Dentro de cada parcela principal, foram estabelecidas quatro subparcelas, definidas pelas faixas de distância: 0–2, 2–4, 4–6 e 6–8 m a partir do renque de eucalipto. O consumo de CO₂ nas plantas de capim-buffel variou de 5,70 a 35,77 no SP1 e de 2,20 a 38,40 no SP2, com maiores valores a 8 m das árvores de eucalipto. A taxa transpiratória aumentou de 0,58 para 1,67 entre 2 a 8 metros de distância do eucalipto no SP2 e de 0,95 para 1,71 no SP1. Os teores de clorofila a foram de 19,2 a 33,0 no SP2 e de 20,1 a 34,8 no SP1, com maiores valores a 8 m. O CO₂ consumido e relação carbono interno/carbono externo apresentaram diferença entre os sistemas, sendo o SP1 superior. Com excessão do carbono interno e eficiência do uso da água, todos os outros parâmetros fisiológicos avaliados tiveram comportamento crescente a medida que as plantas se distanciavam da linha do eucalipto. O eucalipto, capim-buffel e feijão-guandu em consórcio competem entre si por água, luz e nutrientes, afetando a capacidade produtiva da gramínea

Palavras-chave: *Cajanus cajan*, *Cenchrus ciliaris*, fisiologia, ILPF, silvipastoril.

INTRODUÇÃO

Os sistemas de cultivo consorciados, entre eles os sistemas silvipastoris, têm se consolidado como estratégia eficiente para intensificar a produção agropecuária de forma sustentável. A diversificação de cultivos e o uso múltiplo da terra permitem maior aproveitamento dos recursos disponíveis (Freitas et al., 2021), promovendo incremento simultâneo na produção de fibras, carne e leite (Balbino et al., 2011; Silva et al., 2016; Rodrigues et al., 2014). Além disso, os sistemas silvipastoris contribuem para a redução da sazonalidade forrageira e a otimização do uso do solo, resultando em ganhos produtivos e econômicos superiores aos observados em sistemas convencionais (Ribeiro et al., 2022).

Nesse contexto, as gramíneas forrageiras tropicais desempenham papel essencial, assegurando a base alimentar dos rebanhos, fortalecendo a sustentabilidade produtiva além de ser mais econômica (Feitosa et al., 2022). Entre elas, o capim-buffel (*Cenchrus ciliaris* L.) destaca-se por sua elevada rusticidade e tolerância a estresses hídricos, características que o tornam particularmente estratégico para regiões semiáridas (Carrizo et al., 2021). Sua capacidade de adaptação a solos de baixa fertilidade e a condições climáticas adversas garante oferta forrageira mesmo em ambientes limitantes, conferindo maior resiliência ao sistema de produção (Mansoor et al., 2019; Carrizo et al., 2021).

Apesar do reconhecimento do capim-buffel como espécie rústica e produtiva, os estudos que exploram suas características fisiológicas em sistemas de cultivos com árvores ainda são escassos. Indicadores relacionados ao funcionamento metabólico e ao desempenho fotossintético são fundamentais para compreender a eficiência da planta em condições de sombreamento e competição por recursos (Santos et al., 2017). Além disso, a análise da adaptação fotossintética e da capacidade de uso eficiente da água fornece informações cruciais sobre o potencial de espécies forrageiras em ambientes integrados (Wang et al., 2024). Essa lacuna evidencia a necessidade de investigações que conectem o potencial fisiológico do capim-buffel ao contexto produtivo de sistemas silvipastoris, fornecendo subsídios para práticas de manejo mais sustentáveis.

Diante desse cenário, o presente estudo teve como objetivo avaliar detalhadamente os parâmetros fisiológicos do capim-buffel cultivado em sistemas silvipastoris. Foram analisados indicadores de trocas gasosas, incluindo consumo de CO₂, taxa fotossintética, respiração, condutância estomática e relação entre carbono interno e atmosférico, além da eficiência no uso da água e dos teores de clorofila a, b e total. A caracterização desses aspectos fisiológicos visa elucidar o desempenho da espécie sob condições típicas de sombreamento e competição do ILPF, oferecendo subsídios relevantes para o manejo sustentável de pastagens em regiões semiáridas.

MATERIAL E MÉTODOS

Local de estudo e caracterização do solo

O experimento foi conduzido na cidade de Montes Claros (16°40'03.5"S 43°50'40.8"W), Estado de Minas Gerais, Brasil (Figura 1). O clima é do tipo Aw, tropical de savana, com inverno seco e verão chuvoso (Alvares et al., 2014). A temperatura média e precipitação total durante o experimento foram

de 23,18 °C e 756,4 mm, respectivamente (Figura 2).

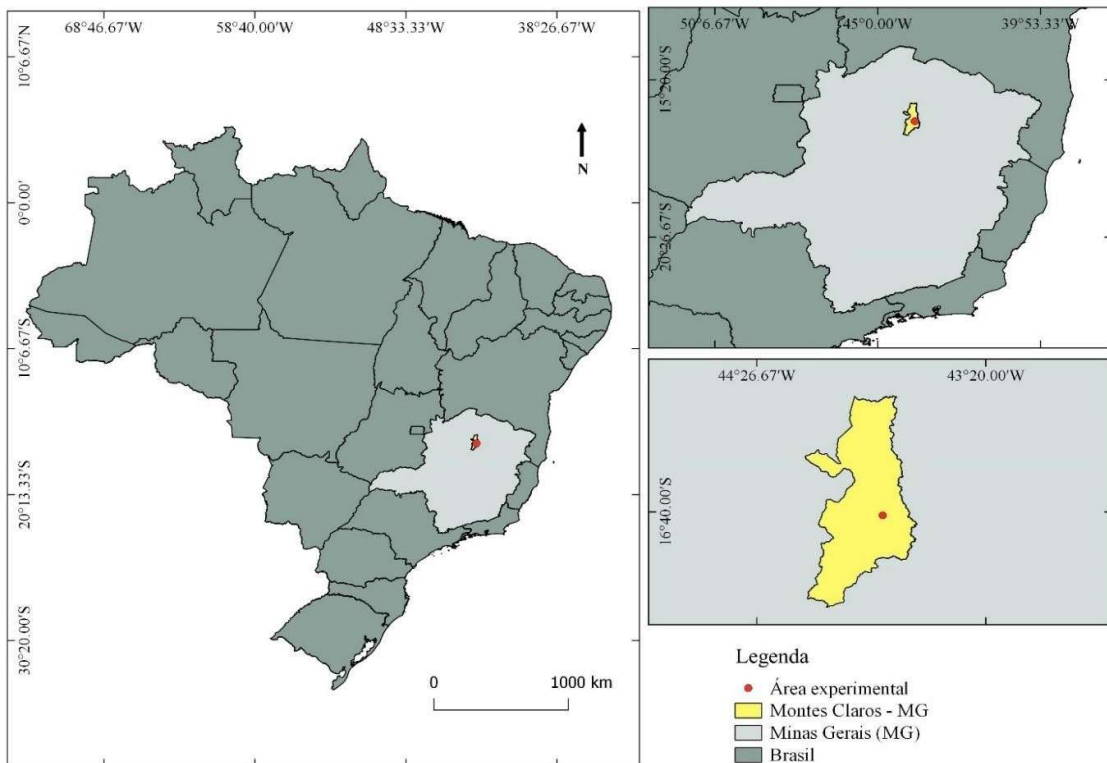


Figura 1. Localização da área de estudo no município de Montes Claros - MG.

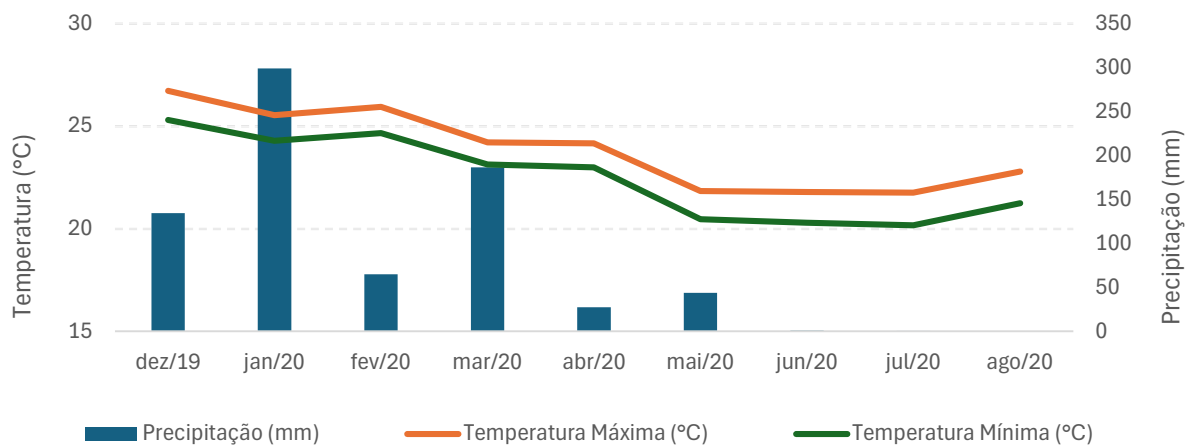


Figura 2. Temperatura, umidade relativa e precipitação mensal no município de Montes Claros - MG entre o período experimental (Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia).

O solo da área experimental foi classificado como Argissolo Vermelho Amarelo (Santos et al., 2014), e a análise preliminar revelou os seguintes resultados na camada de 0-20 cm de profundidade: pH em água = 6,5; P Mehlich (mg dm^{-3}) = 17,52; K (mg dm^{-3}) = 217; Ca^{+2} ($\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$) = 7,6; Mg^{+2} ($\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$) = 3,28; Al^{+3} ($\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$) = 0; H+Al ($\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$) = 2,08; V (%) = 85; Matéria Orgânica (dag kg^{-1}): 3,03.

Delimitação experimental, tratamentos e implantação do experimento

O componente florestal escolhido foi o híbrido de eucalipto “urograndis” (*Eucalyptus urophylla* x *E. grandis*) em espaçamento de plantio de 3 x 20m. No início do experimento foi instalado um sistema de irrigação por aspersão com a finalidade de manter o solo sempre próximo a sua capacidade de campo. As árvores de eucalipto apresentavam altura média total de 22,76 m no início do experimento.

A radiação fotossinteticamente ativa média foi obtida pelo modelo AccuPAR LP-80 a 2, 4, 6 e 8 m de distância das linhas de plantio das árvores, apresentando 324,92, 369,20, 378,08 e 395,98 $\mu\text{mol m}^2 \text{s}^{-1}$, respectivamente, enquanto a área em pleno sol registrou 647 $\mu\text{mol m}^2 \text{s}^{-1}$. A área experimental possuía 6.900 m² e vem sendo manejada desde o ano de 2009, onde foi feito a instalação de um sistema de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF), ou agrossilvipastoril, para a condução de experimentos.

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados com quatro repetições, em parcelas subdivididas, sendo alocado nas parcelas dois arranjos de sistema silvipastoril: SP1 - capim-buffel (*Cenchrus ciliaries* cv. Aridus) consorciado com eucalipto (*Eucalyptus grandis* x *E. urophylla*) e, SP2 - capim-buffel consorciado com feijão-guandu (*Cajanus cajan* cv. Iapar 43/Aratã) e eucalipto. Dentro de cada parcela principal, foram estabelecidas quatro subparcelas, definidas pelas faixas de distância: 0–2, 2–4, 4–6 e 6–8 m a partir do renque de eucalipto. (Figura 3).

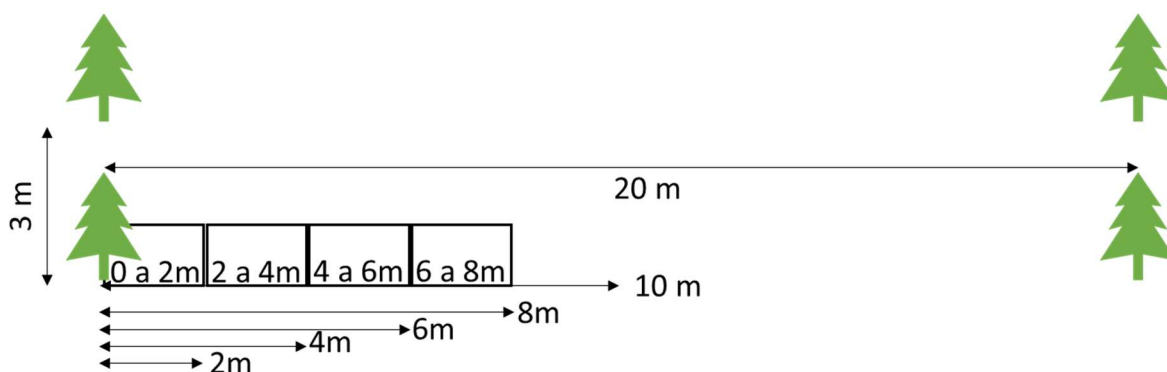


Figura 3. Espaçamento do eucalipto (20 x 3 m), área ocupada por parcela (10 x 3 m) e intervalos de distâncias representados pelas subparcelas (0 a 2, 2 a 4, 4 a 6 e 6 a 8 m) das linhas de plantio de eucalipto.

A semeadura do capim-buffel e do feijão-guandu foi realizada entre as linhas de eucalipto, após o preparo do solo, com gradagem. Para o capim-buffel foi utilizado o espaçamento de 0,5 m entre linhas com taxa de semeadura de 2 kg ha⁻¹ de sementes puras viáveis. Para o feijão-guandu foi utilizado o espaçamento de 1 m entre linhas com taxa de semeadura de 7 kg ha⁻¹ de sementes puras viáveis, visando um estande final de 10 plantas m⁻¹. Não houve a necessidade de calagem antes da implantação das culturas, porém foi identificada a necessidade de aplicar 40 kg ha⁻¹ de P₂O₅ na semeadura, 34,5 kg ha⁻¹ de K₂O e 100 kg ha⁻¹ de N em cobertura conforme recomendação para a formação da cultura do feijão-guandu (Freire Filho et al., 2005).

Avaliação fisiológica da forragem

As avaliações dos aspectos fisiológicos do capim-buffel foram realizadas aos 45 dias após a emergência nas folhas adultas da capim-buffel, correspondente a primeira folha com lígula visível. Foi utilizado o analisador de gases no infravermelho - IRGA (modelo Lcpro-SD, Analytical Development Co. Ltd, Hoddesdon, UK). Foram avaliadas a concentração de CO₂ subestomática (Ci - $\mu\text{mol mol}^{-1}$) e a taxa fotossintética (A - $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$), a condutância estomática de vapores de água (Gs - $\text{mol m}^{-1}\text{s}^{-1}$), a taxa de transpiração (E - $\text{mol H}_2\text{O m}^{-2}\text{s}^{-1}$), a eficiência no uso da água (EUA - $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mmol}^{-1}\text{H}_2\text{O}^{-1}$) obtido pelo quociente entre A e E, e a relação carbono interno/carbono atmosférico (Ci/Ca).

Também aos 45 dias após a emergência do capim-buffel foi avaliado o índice de clorofila *a*, *b* e clorofila total utilizando um clorofilômetro (modelo CFL1030, Falker, Porto Alegre, Brasil).

Produtividade da forragem

A análise de produtividade foi realizada aos 150 dias após a semeadura, onde, jogou-se ao acaso, em cada tratamento, um retângulo feito de cano PVC com dimensão de 0,5 m², e todo material vegetal acima de 15 cm de altura foi colhido e sequencialmente pesado, para se determinar a massa verde. Na sequência, o material vegetal foi separado em uma porção foi retirada para secagem em estufa de circulação forçada de ar a 65° C por 72 horas. Em posse do peso seco, foi estimado a porcentagem (%) de massa seca e convertido em função da massa verde, a produtividade de massa seca em toneladas por hectare (t ha⁻¹).

Análise estatística

Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F a 5% de significância, precedida de seus pressupostos, sendo os dados das variáveis fisiológicas considerados normais pelo teste de Shapiro-Wilk e com homogeneidade das variâncias pelo teste de O'Neill e Mathews. Quando pertinente às médias foram submetidas ao teste de Tukey a 5% de significância. Todas as análises foram realizadas utilizando o software R[®] versão 4.2.3 (*R Development Core Team, 2023*) com o pacote ExpDes.pt (Ferreira; Cavalcanti; Nogueira, 2014).

RESULTADOS

O consumo de CO₂ (ΔC), carbono interno (Ci), taxa transpiratória (E), condutância estomática (Gs), taxa fotossintética (A), relação carbono interno/carbono atmosférico (Ci/Ca) e a eficiência do uso da água (EUA) foram influenciados pela interação entre o sistema de cultivo silvipastoril x distância das árvores de eucalipto (Tabela 1). No SP2, os menores valores de ΔC foram registrados no intervalo de 0 a 2 m das árvores de eucalipto, aumentando progressivamente até o intervalo de 6 a 8 m. O SP1 apresentou menor ΔC nas plantas até 2 m de distância das árvores. Comparando os sistemas, o SP1 apresentou maiores médias ΔC em quase todas as distâncias, exceto de 6 a 8 m, onde não houve diferença significativa entre os arranjos (Tabela 1).

Tabela 1. Variáveis fisiológicas das plantas de capim-buffel (*Cenchrus ciliaris*) em função do consórcio ou não com feijão-guandu (*Cajanus cajan*) e das distâncias das árvores em sistema silvipastoril

Intervalo das distâncias da linha das árvores (m)	Capim-buffel (SP1)	Capim buffel + feijão grandu (SP2)
CO₂ consumido (ΔC - $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$)		
0 a 2	9,67 b A	5,70 c B
2 a 4	33,60 a A	19,00 cb B
4 a 6	34,70 a A	25,11 ab B
6 a 8	38,40 a A	35,77 a A
CV (%)	25,93	
Carbono interno (Ci - $\mu\text{mol mol}^{-1}$)		
0 a 2	237,33 a A	258,30 a A
2 a 4	228,67 a A	213,66 ab A
4 a 6	209,67 b A	136,89 b A
6 a 8	192,34 b A	132,77 b A
CV (%)	24,66	
Taxa transpiratória (E - $\text{molH}_2\text{O m}^{-2}\text{s}^{-1}$)		
0 a 2	0,95 b A	0,58 b A
2 a 4	0,97 b A	0,86 ab A
4 a 6	1,11 b A	1,24 ab A
6 a 8	1,71 a A	1,67 a A
CV (%)	15,65	
Condutância estomática (Gs - $\text{mol m}^{-1}\text{s}^{-1}$)		
0 a 2	0,040 b A	0,050 a A
2 a 4	0,046 ab A	0,053 a A
4 a 6	0,083 ab A	0,060 a A
6 a 8	0,117 a A	0,059 a B
CV (%)	45,11	
Taxa fotossintética (A - $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$)		
0 a 2	2,20 c A	3,40 c A
2 a 4	6,48 b A	5,83 bc A
4 a 6	8,81 ab A	9,60 ab A
6 a 8	14,73 a A	13,50 a A
CV (%)	22,89	
Eficiência no uso da água (EUA - $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mmol}^{-1}\text{H}_2\text{O}^{-1}$)		
0 a 2	5,27 b A	3,56 b A
2 a 4	7,59 a A	6,32 ab A
4 a 6	8,83 a A	9,02 a A
6 a 8	7,84 a A	8,14 a A
CV (%)	19,28	
Relação carbono interno/carbono atmosférico (Ci/Ca)		
0 a 2	0,35 b A	0,27 b A
2 a 4	0,52 ab A	0,39 ab B
4 a 6	0,56 ab A	0,44 ab B
6 a 8	0,77 a A	0,58 a B
CV (%)	22,87	

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna, e maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey e teste F, respectivamente, a 5% de erro.

O Ci, E, A e a EUA das plantas de capim-buffel não apresentaram diferenças entre os dois sistemas de cultivo silvipastoril nas diferentes distâncias do componente arbóreo (Tabela 1). No SP2, o maior valor de Ci foi observado até 2 m, seguido por redução progressiva até 8 m. No SP1, o padrão foi

semelhante, com valores elevados até 4 m e declínio de 4 a 8 m (Tabela 1).

A taxa transpiratória e a taxa fotossintética apresentaram maiores valores quando mais distantes das árvores, nos dois sistemas de cultivo silvipastoris. O menor valor foi observado até 2 m de distância das árvores e o maior valor a 8 m, sem diferenças significativas entre os sistemas de cultivo (Tabela 1). Observou-se incremento da taxa transpiratória, nas distâncias até 2 e no intervalo de 6 a 8 metros nos dois sistemas, com aumento dentre 2 m a 8 m de 187,93% no consórcio e 180% no SP1.

A condutância estomática (G_s) variou em função da distância das árvores e do sistema de cultivo (Tabela 1). No SP2, os valores se mantiveram relativamente estáveis, sem diferenças significativas entre distâncias. No SP1, observou-se aumento da condutância com a distância, especialmente de 6 a 8 m, indicando maior abertura estomática em locais mais afastados das árvores.

A taxa fotossintética (A) foi influenciada pela distância em relação às árvores de eucalipto, com valores crescentes à medida que a distância aumentava (Tabela 1). No SP2, os menores valores foram observados a 2 m, aumentando progressivamente até 8 m. No SP1, o padrão foi similar, com diferença de $12,53 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ entre 2 a 8 m. Em ambas as situações, os maiores valores foram registrados de 6 a 8 m, indicando maior eficiência fotossintética em locais com menor sombreamento (Tabela 1).

A eficiência no uso da água (EUA) variou em função da distância da linha de plantio e dos sistemas avaliados. No SP2, houve variação de $5,46 \mu\text{mol CO}_2 \text{mmol}^{-1}\text{H}_2\text{O}^{-1}$ do primeiro intervalo até 4 a 6 m, apresentando o maior desempenho nesta distância. Já no SP1, o valor máximo alcançado foi de 4 a 6 m, sendo 67,55% superior ao valor encontrado a 2 m. No SP2, houve incremento significativo da EUA até 6 m, enquanto no SP1 os maiores valores ocorreram a partir de 2 a 4 m da linha (Tabela 1).

A relação entre o carbono interno e o carbono atmosférico (C_i/C_a) variou em função da distância da linha de plantio e do sistema de cultivo. No SP2, os menores valores foram observados até 2 m da linha, aumentando gradativamente até 8 m. Já no SP1 os valores também aumentaram com a distância, com diferença de 0,42 entre o menor valor, até 2 m, e o maior valor, até 8 m. Em ambas as condições, os maiores valores de C_i/C_a foram encontrados nas distâncias mais afastadas da linha, de 4 a 8 m (Tabela 1).

Os índices de clorofila apresentaram diferenças significativas apenas no intervalo de 6 a 8 m da linha do eucalipto, com valores de 33,0 no SP2 e 34,8 no SP1, sem diferenças significativas entre os sistemas silvipastoris avaliados (Tabela 2). Os valores de clorofila b variaram, entre a menor e maior distância, 0,9 no SP2 e de 0,57 no SP1. Não foram observadas diferenças significativas entre distâncias ou entre os sistemas de cultivo. Os índices de clorofila total apresentaram valores mais elevados de 6 a 8 m da linha, não havendo diferença estatística entre os sistemas silvipastoris (Tabela 2).

Tabela 2. Índice de clorofila das plantas de capim-buffel (*Cenchrus ciliaries*) em função do consórcio ou não com feijão-guandu e das distâncias das árvores em sistema silvipastoril

Intervalo das distâncias da linha das árvores (m)	Capim-buffel (SP1)	Capim buffel + feijão guandu (SP2)
Clorofila a. (ClhA)		
0 a 2	19,2 b A	21,7 b A
2 a 4	23,6 b A	21,9 b A
4 a 6	23,1 b A	23,1 b A
6 a 8	34,8 a A	33,0 a A
CV (%)	15,65	
Clorofila b. (ClhB)		
0 a 2	2,40 a A	2,60 a A
2 a 4	2,63 a A	2,90 a A
4 a 6	2,73 a A	2,96 a A
6 a 8	2,97 a A	3,50 a A
CV (%)	24,66	
Clorofila total. (ClhT)		
0 a 2	27,7 ab A	26,06 b A
2 a 4	26,33 b A	24,56 b A
4 a 6	21,66 b A	24,63 b A
6 a 8	35,76 a A	36,53 a A
CV (%)	12,35	

Médias seguiu pela mesma letra minúscula na coluna, e maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey e teste F, respectivamente, a 5% de erro.

A produtividade em massa seca do capim-buffel foi variável em função das distâncias avaliadas apenas no sistema SP1 na distância de 6 a 8 m, com produção de 2,94 t.ha⁻¹ superior a distância até 2 m (Tabela 3). Não houve diferença entre as distâncias para SP2.

Tabela 3. Produtividade de capim-buffel (*Cenchrus ciliaries*) com 150 dias após semeadura, em função do consórcio ou não com feijão-guandu e das distâncias das árvores de eucalipto em sistema silvipastoril

Intervalo das distâncias da linha das árvores (m)	Capim-buffel (SP1)	Capim buffel + feijão guandu (SP2)
Matéria Seca (MS – t ha ⁻¹)		
0 a 2	0,35 b A	0,16 a A
2 a 4	0,45 b A	0,15 a A
4 a 6	1,14 b A	0,19 a B
6 a 8	3,29 a A	0,38 a B

Médias seguiu pela mesma letra minúscula na coluna, e maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey e teste F, respectivamente, a 5% de erro.

DISCUSSÃO

A interação entre o sistema de cultivo silvipastoril e a distância das árvores de eucalipto demonstrou influência marcante sobre os parâmetros fisiológicos analisados, revelando a complexidade das respostas do capim-buffel às modificações microclimáticas impostas pela arborização. A proximidade com as árvores de eucalipto esteve associada à redução no consumo de CO₂ (ΔC) e na taxa fotossintética (A) do capim-buffel, enquanto as maiores distâncias do componente arbóreo favoreceram incrementos consistentes nessas variáveis. Gomes et al. (2019) observaram

reduções semelhantes sobre a taxa fotossintética em distâncias mais próximas do eucalipto em gramíneas tropicais sob sistema silvipastoril, com 12,5 e 17,3 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ em 3 e 15 m, respectivamente. A limitação luminosa próxima ao dossel arbóreo restringe a radiação fotossinteticamente ativa, comprometendo o processo de fixação de carbono e resultando em menores taxas de crescimento e acúmulo de biomassa (Torres et al., 2017).

A baixa incidência luminosa também pode ter contribuído para os menores valores de ΔC verificados no capim-buffel crescido próximo às árvores. Em gramíneas C_4 , observa-se redução na produtividade em função do aumento da porcentagem de sombreamento (Guenni et al., 2008; Andrade et al., 2004; Paciullo et al., 2007; Paciullo et al., 2010), e diminuição nas taxas fotossintéticas (Ajmi et al., 2018).

Nesse contexto, a diminuição observada em ΔC até 2 m da linha de eucalipto pode refletir não apenas na restrição de luz, mas também na competição por água, como foi observado por Silva et al. (2021). Em sistema silvipastoril de *Urochloa decumbens* com *Mimosa caesalpiniiifolia* Benth foi identificado intensa competição por água, modificando o crescimento e qualidade da forrageira em virtude da presença das árvores (Silva et al., 2021). Por outro lado, a tendência de elevação de ΔC e taxa fotossintética no capim-buffel cultivado em maiores distâncias das árvores (de 4 a 6 m e 6 a 8 m) sugere que, à medida que o efeito do sombreamento e da competição é atenuado, as gramíneas conseguem expressar maior potencial fotossintético (Lopes et al., 2024; Santiago-Hernández et al., 2016).

A variação observada no carbono interno (C_i) e na relação C_i/C_a indica ajustes fisiológicos relacionados ao balanço entre difusão de CO_2 e assimilação fotossintética. Próximo às árvores, os maiores C_i nas plantas de capim-buffel sugerem que a entrada de CO_2 não foi plenamente aproveitada pelo ciclo fotossintético, reforçando a hipótese de limitação pela baixa disponibilidade de luz. Em contraste, os menores C_i e relação C_i/C_a com aumento da distância do eucalipto refletem maior eficiência na fixação de carbono, associada à maior radiação incidente. O aumento da taxa fotossintética acarreta em aumento no processamento de CO_2 , que resulta na redução do C_i (Cotrim et al., 2020)

A condutância estomática (G_s) apresentou respostas distintas entre os sistemas de cultivo. No SP1, o G_s aumentou progressivamente com a distância das árvores, sugerindo que a maior disponibilidade de luz e água favoreceu maior abertura estomática. No SP2, entretanto, os valores permaneceram relativamente estáveis, o que pode estar associado à presença do feijão-guandu, que altera o microclima e a disponibilidade de nitrogênio no solo, modificando o comportamento estomático do capim-buffel. Jumrani; Bhatia (2020) também observaram que a condutância estomática reduzia em razão ao aumento dos níveis de sombreamento (35%, 50% e 75%). No trabalho de Oliveira et al. (2021) a condutância estomática variou entre 0,03 $\text{mols m}^{-1} \text{s}^{-1}$ em plantas de *Urochloa brizantha* cv. Marandu, próximo a linha do eucalipto (1 m), a 0,16 $\text{mols m}^{-1} \text{s}^{-1}$ aos 7 m de distância das árvores de eucalipto.

A eficiência no uso da água (EUA) nas plantas de capim-buffel foi maior em distâncias intermediárias das árvores de eucalipto, especialmente de 4 a 6 m, o que reforça a hipótese de que o sombreamento moderado pode favorecer a relação entre assimilação de carbono e transpiração. Esse

resultado sugere que, em condições de estresse hídrico potencial, como nas regiões semiáridas, a presença das árvores pode oferecer vantagens, ao reduzir a evapotranspiração do sistema e criar microclima mais favorável no sub-bosque (Baliscei et al., 2012; Karvatte et al., 2016). Assim, a presença das árvores, quando associada a arranjo espacial adequado, pode otimizar o desempenho hídrico das pastagens (Silva et al., 2021).

Os resultados obtidos para pigmentos fotossintéticos também reforçam o papel da distância como fator determinante para absorção de radiação fotossinteticamente ativa. Os índices de clorofila total foram maiores em plantas de capim-buffel localizadas de 6 a 8 m da linha de eucalipto, indicando maior capacidade de aproveitamento da radiação em condições de maior disponibilidade luminosa. No entanto, os índices relativamente estáveis de clorofila b sugerem que as espécies mantêm certa plasticidade na composição de pigmentos, mesmo sob variações de luz. Essa plasticidade fotossintética é considerada estratégia adaptativa em ambientes sombreados, permitindo às plantas manterem níveis mínimos de assimilação de carbono e sobrevivência em condições de baixa irradiância (Lopes et al., 2024; Malaviya et al., 2020; Cruz et al., 2021; Sousa et al., 2023).

De acordo com o trabalho de Porto et al. (2017), foi obtida, em monocultivo de capim-buffel, na mesma estação do ano do presente trabalho, uma produtividade de MS média de 3,9 t.ha⁻¹, sendo 0,61 t.ha⁻¹ superior ao valor encontrado no SP1 de 6 a 8 m, indicando uma boa resposta do capim-buffel a distâncias maiores do renque, e em silvipastoril com a ausência de outra cultura forrageira. De acordo com Nascimento et al. (2019), o sombreamento em excesso nas plantas forrageiras, em alguns casos, prejudica o seu desenvolvimento, pois dificulta a chegada de luz na área foliar, diminuindo a capacidade de realizar fotossíntese e, conseqüentemente, a produtividade.

CONCLUSÃO

O desempenho fisiológico do capim-buffel é limitado pela distância das árvores de eucalipto em sistemas integrados. Distâncias a 2 m limitam a fotossíntese e o consumo de CO₂, enquanto distâncias intermediárias (4–6 m) favorecem a eficiência no uso da água, e distâncias maiores (8 m) maximizam o aproveitamento da radiação, resultando em maiores taxas fotossintéticas.

O manejo do arranjo espacial deve considerar não apenas a densidade de árvores, mas também a largura entre os renques, para que haja equilíbrio dos benefícios do sombreamento com a necessidade de radiação para as forrageiras.

O sombreamento e a intensificação do uso do solo com eucalipto, capim-buffel e feijão-guandu diminuiu a capacidade produtiva da gramínea.

REFERÊNCIAS

- AJMI, A.; VÁZQUEZ, S.; MORALES, F.; CHAARI, A.; EL-JENDOUBI, H.; ABADÍA, A.; LARBI, A. Prolonged artificial shade affects morphological, anatomical, biochemical and ecophysiological behavior of young olive trees (cv. Arbosana). **Scientia Horticulturae**, v. 241, p. 275-284, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2018.06.089>.
- ANDRADE, C. M. S. D.; VALENTIM, J. F.; CARNEIRO, J. D. C.; VAZ, F. A. Crescimento de gramíneas e leguminosas forrageiras tropicais sob sombreamento. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 39, p. 263-270, 2004. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2004000300009>.
- BALBINO, L. C.; BARCELLOS, A. O.; STONE, L. F. (Ed.). **Marco Referencial: integração lavourapecuária-floresta**. Brasília, DF: Embrapa, 2011. 130 p.
- CARRIZO, I. M.; LOPEZ COLOMBA, E.; TOMMASINO, E.; CARLONI, E.; BOLLATI, G.; GRUNBERG, K. Contrasting adaptive responses to cope with drought stress and recovery in *Cenchrus ciliaris* L. and their implications for tissue lignification. **Physiologia Plantarum**, v. 172, n. 2, p. 762-779, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1111/ppl.13274>.
- COTRIM, M. F.; GAVA, R.; CAMPOS, C. N. S.; DAVID, C. H. O.; REIS, I. D. A.; TEODORO, L. P. R.; TEODORO, P. E. Physiological performance of soybean genotypes grown under irrigated and rainfed conditions. *Journal of Agronomy and Crop Science*, v. 207, n. 1, p. 34-43, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1111/jac.12448>.
- CRUZ, P. J. R.; BORGES, C. E.; SANTOS, M. V.; MAGALHÃES, M. A.; MARTUSCELLO, J. A.; FONSECA, D. M.; DA SILVA, L. D. Shade effects on the hybrid Mavuno brachiariagrass (*Urochloa spp.*) as potential grass in agroforestry systems. **Agroforestry Systems**, v. 95, n. 6, p. 1105-1108, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10457-021-00636-4>.
- CRUZ, P. J. R.; BORGES, C. E.; SANTOS, M. V.; MAGALHÃES, M. A.; MARTUSCELLO, J. A.; FONSECA, D. M.; SILVA, L. D. Shade effects on the hybrid Mavuno brachiariagrass (*Urochloa spp.*) as potential grass in agroforestry systems. **Agroforestry Systems**, v. 95, n. 6, p. 1105-1108, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10457-021-00636-4>.
- FEITOSA, O. DE S.; LEITE, R. DA C.; ALEXANDRINO, E.; PIRES, T. DE J. S.; OLIVEIRA, L. B. T. DE; PAULA NETO, J. J. DE; SANTOS, A. C. DOS. Forage performance and cattle production as a function of the seasonality of a Brazilian tropical region. **Scientiarum. Animal Sciences**, v. 44, n. 1, p. e53779, 22 dez. 2021. DOI: <https://doi.org/10.4025/actascianimsci.v44i1.53779>.
- FERREIRA, E. B.; CAVALCANTI, P. P.; NOGUEIRA, D. A. ExpDes: an R package for ANOVA and

experimental designs. **Applied Mathematics**, v. 5, n. 19, p. 2952, 2014. DOI: <https://doi.org/10.4236/am.2014.519280>.

FREIRE FILHO, F. R.; LIMA, J. A. A.; RIBEIRO, V. Q. Feijão-caupi: avanços tecnológicos. Embrapa Informação Tecnológica, 2005.

FREITAS, I. C.; FERREIRA, E. A.; ALBUQUERQUE, C. J. B.; ALVES, M. A.; OLIVEIRA, J. D. C.; PENA, A. N. L.; CABRAL, C. M.; FRAZÃO, L. A. Strategies for increasing carbon and economic return in rainfed areas with crop-livestock-forest integration systems in the semiarid region. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 7, p. e48710716769-e48710716769, 2021. DOI: <https://doi.org/10.33448/rsd-v10i7.16769>.

GOMES, F. J.; PEDREIRA, C. G.; BOSI, C.; CAVALLI, J.; HOLSCHUCH, S. G.; MOURÃO, G. B.; PEREIRA, D. H.; PEDREIRA, B. C. Shading effects on marandu palisadegrass in a silvopastoral system: plant morphological and physiological responses. **Agronomy Journal**, v. 111, n. 5, p. 2332-2340, 2019. DOI: <https://doi.org/10.2134/agronj2019.01.0052>.

GUENNI, O. S. S. F. R.; SEITER, S.; FIGUEROA, R. Growth responses of three *Brachiaria* species to light intensity and nitrogen supply. **TG: Tropical Grasslands**, v. 42, n. 2, p. 75, 2008.

JUMRANI, K.; BHATIA, V. S. Influence of different light intensities on specific leaf weight, stomatal density photosynthesis and seed yield in soybean. **Plant Physiology Reports**, v. 25, n. 2, p. 277-283, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1007/s40502-020-00508-6>.

KARVATTE JUNIOR, N.; KLOSOWSKI, E. S.; ALMEIDA, R. G.; MESQUITA, E. E.; OLIVEIRA, C. C.; ALVES, F. V. Shading effect on microclimate and thermal comfort indexes in integrated crop-livestock-forest systems in the Brazilian Midwest. **International journal of biometeorology**, v. 60, n. 12, p. 1933-1941, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00484-016-1180-5>.

LOPES, A. D. R.; LAGE FILHO, N. M.; RÊGO, A. C.; DOMINGUES, F. N.; SILVA, T. C. D.; FATURI, C.; SILVA, N. C.; SILVA, W. L. Effect of nitrogen fertilization and shading on morphogenesis, structure and leaf anatomy of *Megathyrsus maximus* genotypes. **Frontiers in Plant Science**, v. 15, p. 1411952, 2024. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2024.1411952>.

MALAVIYA, D. R.; BAIG, M. J.; KUMAR, B.; KAUSHAL, P. Effects of shade on guinea grass genotypes *Megathyrsus maximus* (Poales: Poaceae). **Revista de Biología Tropical**, v. 68, n. 2, p. 563-572, 2020. DOI: <http://dx.doi.org/10.15517/rbt.v68i2.38362>.

MANSOOR, U.; FATIMA, S.; HAMEED, M.; NASEER, M.; AHMAD, M. S. A.; ASHRAF, M.; AHMAD, F.; WASEEM, M. Structural modifications for drought tolerance in stem and leaves of *Cenchrus ciliaris* L. ecotypes from the Cholistan Desert. **Flora**, v. 261, p. 151485, 2019. DOI:

<https://doi.org/10.1016/j.flora.2019.151485>.

MANSOOR, U.; FATIMA, S.; HAMEED, M.; NASEER, M.; AHMAD, M. S. A.; ASHRAF, M.; AHMAD, F.; WASEEM, M. Structural modifications for drought tolerance in stem and leaves of *Cenchrus ciliaris* L. ecotypes from the Cholistan Desert. **Flora**, v. 261, p. 151485, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.flora.2019.151485>.

NASCIMENTO, H. L. B.; PEDREIRA, B. C.; SOLLENBERGER, L. E.; PEREIRA, D. H.; MAGALHÃES, C. D. S.; CHIZZOTTI, F. H. M. Physiological characteristics and forage accumulation of grazed Marandu palisade grass (*Brachiaria brizantha*) growing in monoculture and in silvopasture with *Eucalyptus urograndis*. **Crop and Pasture Science**, v. 70, n. 4, p. 384-394, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1071/CP18403>.

OLIVEIRA, J. C.; AZEVEDO, A. M.; RIBEIRO, J. M.; FREITAS, I. C.; DIAS, R. F.; DUARTE, A. C. S.; MELO, P. F.; VELOSO, A. L.; FRAZÃO, L. A. Sampling representativeness of soil carbon and physiological parameters of marandu palisadegrass in a tropical silvopastoral system. **Scientia Agricola**, v. 78, n. suppl 1, p. e20200176, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1590/1678-992X-2020-0176>.

PACIULLO, D. S. C.; CARVALHO, C. A. B. D.; AROEIRA, L. J. M.; MORENZ, M. J. F.; LOPES, F. C. F.; ROSSIELLO, R. O. P. Morfofisiologia e valor nutritivo do capim-braquiária sob sombreamento natural e a sol pleno. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, p. 573-579, 2007. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2007000400016>.

PACIULLO, D. S. C.; CASTRO, C. R. T. D.; GOMIDE, C. A. D. M.; FERNANDES, P. B.; ROCHA, W. S. D. D.; MÜLLER, M. D.; ROSSIELLO, R. O. P. Soil bulk density and biomass partitioning of *Brachiaria decumbens* in a silvopastoral system. **Scientia Agricola**, v. 67, p. 598-603, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0103-90162010000500014>.

PORTO, E. M. V.; ALVES, D. D.; VITOR, C. M. T.; SILVA, M. F.; MAGALHÃES, C. G.; SOUZA DAVID, A. M. S.; GOMES, V. M.; BRANT, C. J. Produção de biomassa de cultivares do capim buffel submetidos à adubação nitrogenada. **Revista Unimontes Científica**, v. 19, n. 1, p. 122-129, 2017.

R CORE TEAM, 2023. A language and Environment for Statistical Computing. Viena: R Foundation for Statistical Computing, c2024.

RIBEIRO, F. P.; PULROLNIK, K.; VILELA, L.; GATTO, A. Deposição, decomposição e conteúdo de nutrientes de serapilheira em área de integração lavoura-pecuária-floresta na região do Cerrado. **Pesquisa florestal brasileira**, v. 42, 2022. DOI: <https://doi.org/10.4336/2022.pfb.42e201902072>.

RODRIGUES, C. O. D.; ARAÚJO, S. A. do C.; VIANA, M. C. M.; ROCHA, N. S.; BRAZ, T. G. dos S.;

VILLELA, S. D. J. Light relations and performance of signal grass in silvopastoral system. **Acta scientiarum. Animal sciences**, v. 36, n. 2, p. 129, 2014. DOI: <https://doi.org/10.4025/actascianimsci.v36i2.22398>.

SANTIAGO-HERNÁNDEZ, F.; LÓPEZ-ORTIZ, S.; ÁVILA-RESÉNDIZ, C.; JARILLO-RODRÍGUEZ, J.; PÉREZ-HERNÁNDEZ, P.; DIOS GUERRERO-RODRÍGUEZ, J. Physiological and production responses of four grasses from the genera *Urochloa* and *Megathyrsus* to shade from *Melia azedarach* L. **Agroforestry systems**, v. 90, n. 2, p. 339-349, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10457-015-9858-y>.

SANTOS, M. V.; FERREIRA, E. A.; VALADÃO, D.; OLIVEIRA, F. L. R. D.; MACHADO, V. D.; SILVEIRA, R. R.; SOUZA, M. D. F. Brachiaria physiological parameters in agroforestry systems. **Ciência Rural**, v. 47, n. 5, p. e20160150, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20160150>.

SILVA, A. R.; SALES, A.; CARVALHO, E. J. M.; VELOSO, C. A. C. Atributos físicos e disponibilidade de carbono do solo em sistemas de integração LavouraPecuária-Floresta (iLPF), Homogêneo e Santa Fé, no estado do Pará, Brasil. **Revista Agrotec**, v. 37, n. 1, p. 96-104, 2016.

SILVA, I. A. G.; DUBEUX JR, J. C.; SANTOS, M. V. F.; MELLO, A. C. L.; CUNHA, M. V.; APOLINÁRIO, V. X.; FREITAS, E. V. Tree canopy management affects dynamics of herbaceous vegetation and soil moisture in silvopasture systems using arboreal legumes. **Agronomy**, v. 11, n. 8, p. 1509, 2021. DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy11081509>.

SOUSA, L. F.; MOREIRA, G. R.; LEMOS FILHO, J. P. D.; PACIULLO, D. S. C.; VENDRAMINI, J. M. B.; LUNA, R. E. M.; MAURÍCIO, R. M. Morpho-physiological and anatomical characteristics of *Urochloa brizantha* cv. Marandu in silvopastoral and monoculture systems. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 45, p. e59494, 2023. DOI: <https://doi.org/10.4025/actascianimsci.v45i1.59494>.

TORRES, F. E.; RIBEIRO, L. P.; TEODORO, P. E.; OLIVEIRA, M. V. M.; CASTRO, K. S. Produção de gramíneas forrageiras tropicais sob diferentes níveis de sombreamento. **Agrarian**, v. 10, n. 38, p. 336-342, 2017. DOI: <https://doi.org/10.30612/agrarian.v10i38.4262>.

WANG, G.; MAO, J.; JI, M.; WANG, W.; FU, J. A comprehensive assessment of photosynthetic acclimation to shade in C4 grass (*Cynodon dactylon* (L.) Pers.). **BMC Plant Biology**, v. 24, n. 1, p. 591, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1186/s12870-024-05242-x>.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O consórcio do milho com forrageiras do gênero *Urochloa* na integração lavoura-pecuária é uma alternativa viável em condições semiáridas, pois, o milho é pouco exigente em fertilidade e tem baixa necessidade hídrica. Já em relação às forrageiras do gênero *Urochloa*, devido à vasta apção de espécies e cultivares, é necessário conhecer as aptidões de cada uma e suas respectivas respostas dentro do sistema consorciado, para embasar futuras recomendações.

O cultivo do milho consorciado com forrageiras do gênero *Urochloa* na integração lavoura-pecuária apresenta produtividade de massa seca total (milho + capim) superior que o monocultivo de milho. O capim-braquiariinha e capim-ruzizienses destacaram-se entre as forrageiras consorciadas com milho pelas maiores taxas de perfilhamento e produção de matéria seca, tornando-os mais indicados para esse tipo de consórcio. Adicionalmente a composição química do milho, usado para produção de silagem, não apresenta diferença se o cultivo é em monocultura ou consorciado com as diferentes forrageiras do gênero *Urochloa* testadas.

O capim-buffel, em sistema silvipastoril, tem baixa produtividade próximo as árvores de eucalipto, devido a competição imposta pelo componente arbóreo. O capim-buffel é intolerante ao sombreamento, exigindo cultivos em situações que proporcionem maior radiação solar no sub-bosque.