

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL
CAMPUS DE CHAPADÃO DO SUL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

SARAH VISQUETTI PEDRÃO

**CULTIVOS ISOLADOS E CONSORCIADOS DE
SEGUNDA SAFRA COMO ESTRATÉGIA DE REFORMA
DE PASTAGEM**

**CHAPADÃO DO SUL – MS
DEZEMBRO 2024**

SARAH VISQUETTI PEDRÃO

**CULTIVOS ISOLADOS E CONSORCIADOS DE SEGUNDA SAFRA COMO
ESTRATÉGIA DE REFORMA DE PASTAGEM**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Agronomia, área de concentração: Produção Vegetal.

Orientador: Prof. Dr. Job Teixeira de Oliveira

Co-Orientador: Prof. Dr. Flávio Hiroshi Kaneko

**CHAPADÃO DO SUL – MS
DEZEMBRO 2024**



Serviço Público Federal
Ministério da Educação
Fundação Universidade Federal de Mato Grosso do Sul



PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

DISCENTE: Sarah Visquetti Pedrão

ORIENTADOR: Dr. Job Teixeira de Oliveira

TÍTULO: Cultivos isolados e consorciados de segunda safra como estratégia de reforma de pastagem.

AVALIADORES:

Prof. Dr. Job Teixeira de Oliveira

Prof. Dr. Sebastião Ferreira de Lima

Prof. Dra. Dthenifer Cordeiro Santana

Prof. Dr. Fernando Franca da Cunha

Chapadão do Sul, 20 de dezembro de 2024.

NOTA
MÁXIMA
NO MEC

UFMS
É 10!!!



Documento assinado eletronicamente por **Job Teixeira de Oliveira, Professor do Magisterio Superior**, em 20/12/2024, às 09:54, conforme horário oficial de Mato Grosso do Sul, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).

NOTA
MÁXIMA
NO MEC

UFMS
É 10!!!



Documento assinado eletronicamente por **Fernando França da Cunha, Usuário Externo**, em 20/12/2024, às 10:24, conforme horário oficial de Mato Grosso do Sul, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).

NOTA
MÁXIMA
NO MEC

UFMS
É 10!!!



Documento assinado eletronicamente por **Sebastiao Ferreira de Lima, Professor do Magisterio Superior**, em 20/12/2024, às 10:32, conforme horário oficial de Mato Grosso do Sul, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Dthenifer Cordeiro Santana, Usuário Externo**, em 20/12/2024, às 12:38, conforme horário oficial de Mato Grosso do Sul, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.ufms.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **5338754** e o código CRC **10160966**.

COLEGIADO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

Rod MS 306, Km 105, Caixa Postal 112

Fone: (67)3562-6351

CEP 79560-000 - Chapadão do Sul - MS

Referência: Processo nº 23455.000688/2024-61

SEI nº 5338754

DEDICATÓRIA

Sempre à Deus e minha família! Mas quando digo família, muitos pensam em algo genérico, no entanto quero enfatizar a minha, que muitas das vezes, inúmeras, tiraram forças de onde não tinham para que eu pudesse seguir minha jornada da melhor maneira possível. Essa dedicação é irrisória perto do contemplado que tenho vivido e realizado graças aos meus pais, irmã e madrinha, que, em suma, são absolutamente tudo pra mim.
Dedico.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, à Deus pelo dom da vida e por me proporcionar momentos e coragem que eu achei que não teria durante toda a minha caminhada.

Aos meus pais, irmã e madrinha, meus fiéis apoiadores e financiadores de uma vida regada de amor e companheirismo. Vocês são especiais demais.

Ao meu coorientador de mestrado e orientador da graduação, Dr. Flávio Hiroshi Kaneko. Um profissional totalmente ímpar que sempre me apoiou e compartilhou conhecimento comigo.

Ao meu orientador Dr. Job Teixeira Oliveira pela confiança e pela orientação literal durante essa fase tão desafiadora da pós-graduação.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) pelo apoio financeiro junto ao Edital Universal 001/2021 projeto APQ-02363-21 coordenado por Flávio Hiroshi Kaneko.

Agradeço também a todos aqueles que, de alguma maneira, contribuíram para que eu chegasse até com essa conquista em mãos!

RESUMO

A degradação das pastagens representa um grande desafio para a sustentabilidade da produção agropecuária, exigindo práticas de manejo que promovam a recuperação do solo e o aumento da produtividade agrícola. Neste contexto, o presente estudo avaliou o desempenho agrônômico de diferentes sistemas de sucessão de culturas de segunda safra, incluindo feijão-caupi, milheto, sorgo e capim massai, e seus efeitos sobre a produtividade do milho e matéria seca do capim massai cultivados posteriormente. O experimento foi conduzido na Fazenda Escola "Alípio Soares Barbosa", em Iturama-MG, na safra 2022/23, em uma área de pastagem degradada. O delineamento experimental foi em blocos casualizados com oito tratamentos e quatro repetições. Foram realizadas análises do solo antes da implantação das culturas, seguidas de correção da acidez e adubação. O desempenho agrônômico foi avaliado por meio de medições da população de plantas, temperatura do solo, índice de clorofila, produção de biomassa seca e verde, acúmulo de macronutrientes e produtividade de grãos. Os resultados indicaram que o consórcio milheto + massai apresentou os maiores valores de biomassa acumulada (19,83 t ha⁻¹), promovendo uma melhor ciclagem de nutrientes e aumento na produtividade do milho subsequente (8.055 kg ha⁻¹). O feijão-caupi, por sua vez, demonstrou capacidade de fixação biológica de nitrogênio, elevando os níveis de clorofila na cultura sucessora. O sorgo solteiro destacou-se na produção de biomassa seca (12,05 t ha⁻¹) e produtividade de grãos (3.494 kg ha⁻¹), evidenciando seu potencial para sistemas de cultivo em áreas degradadas. O tratamento sorgo + massai mostrou-se eficiente na manutenção da pastagem após a colheita, garantindo a continuidade do sistema produtivo. Além disso, os sistemas consorciados favoreceram a maior absorção de macronutrientes essenciais (N, P, K, Ca, Mg e S), melhorando a fertilidade do solo e a eficiência produtiva. A inclusão do capim massai no sistema proporcionou um maior acúmulo de biomassa e melhor retenção de umidade, resultando em impactos positivos na produtividade das culturas sucessoras. Conclui-se que o uso de sistemas consorciados, especialmente envolvendo milheto e capim massai, é uma estratégia promissora para a recuperação de áreas degradadas, promovendo melhorias na fertilidade do solo e na produtividade agrícola. A diversificação de cultivos demonstrou ser uma ferramenta eficiente para a construção de sistemas produtivos mais sustentáveis, permitindo maior resiliência diante das variações climáticas e contribuindo para a segurança alimentar e econômica dos produtores.

Palavras-chave: Capim massai; Feijão-caupi; Milheto; Plantas de cobertura; Sorgo; Sucessão de culturas.

ABSTRACT

Pasture degradation represents a major challenge to the sustainability of agricultural production, requiring management practices that promote soil recovery and increased crop productivity. In this context, the present study evaluated the agronomic performance of different second-season crop succession systems, including cowpea, millet, sorghum, and massai grass, and their effects on the productivity of subsequently cultivated maize and dry matter of massai grass cultivated later. The experiment was conducted at the "*Alípio Soares Barbosa*" School Farm in Iturama-MG during the 2022/23 growing season in a degraded pasture area. The experimental design was a randomized block design with eight treatments and four replications. Soil analyses were performed before crop implantation, followed by acidity correction and fertilization. Agronomic performance was assessed through measurements of plant population, soil temperature, chlorophyll index, dry and green aerial biomass accumulation, macronutrient cycling, and grain yield. The results indicated that the millet + massai consortium presented the highest accumulated biomass values (19.83 t ha⁻¹), promoting better nutrient cycling and increasing subsequent maize productivity (8,055 kg ha⁻¹). Cowpea, in turn, demonstrated biological nitrogen fixation capacity, increasing chlorophyll levels in the succeeding crop. Sorghum in monoculture stood out in terms of dry biomass (12.05 t ha⁻¹) and grain yield (3,494 kg ha⁻¹), confirming its efficiency in degraded areas. Meanwhile, the sorghum + massai treatment proved efficient in maintaining pasture after harvest, ensuring the continuity of the production system. Additionally, the analyses showed that intercropping systems favored greater macronutrient absorption (N, P, K, Ca, Mg, and S), significantly influencing maize yield. The presence of massai grass in the system contributed to greater biomass accumulation and improved moisture retention, positively impacting the following crop. It is concluded that the use of intercropping systems, especially those involving millet and massai grass, is a promising strategy for the recovery of degraded areas, promoting improvements in soil fertility and agricultural productivity. Crop diversification has proven to be an efficient tool for building more sustainable production systems, allowing for greater resilience to climatic variations and contributing to food security and economic stability for farmers.

Keywords: Massai grass; Cowpea; Millet; Cover crops; Sorghum; Crop succession.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Valores mensais de precipitação pluvial e temperaturas mínimas e máximas do ar em Iturama-MG, 2022-2023.....	12
---	----

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Resultado da análise química do solo da área antes da implantação das culturas em Iturama MG, 2023.....	13
Tabela 2 – Tratamentos do experimento.	14
Tabela 3 – Massa verde de parte aérea (MVPA), massa seca de parte aérea (MSPA) e produtividade de grãos de culturas de “2a safra” cultivadas em Iturama MG, 2023.	16
Tabela 4 – Macronutrientes de parte aérea dos tratamentos de culturas de 2ª safra, 2023.	18
Tabela 5 – Produtividade de grãos de milho cultivado em sucessão às culturas de 2ª safra em Iturama MG, safra 2023/24.....	20
Tabela 6 – Número de fileiras por espiga, número de grãos por fileira, massa de 100 grãos e produtividade de grãos de milho cultivado em sucessão à culturas de 2ª safra em Iturama MG, safra 2023/24.	21
Tabela 7 – Massa seca de parte aérea do milho, massai e total no ponto de silagem do milho cultivado em sucessão a culturas de 2ª safra em Iturama MG, safra 2023/24.	22

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	10
2	MATERIAL E MÉTODOS	12
2.1	Caracterização da área experimental	12
2.2	Análise química do solo	13
2.3	Correção do solo e manejo inicial	13
2.4	Implantação do experimento	13
2.5	Manejo das culturas	14
2.6	Sistema de sucessão e avaliações realizadas	15
3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	16
4	CONCLUSÃO.....	25
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	26

1 INTRODUÇÃO

A degradação de pastagens tem se tornado um dos principais desafios para a sustentabilidade dos sistemas agropecuários, impactando negativamente a produtividade e a rentabilidade do setor. Apesar da significativa contribuição da agropecuária para o Produto Interno Bruto (PIB) nacional, ainda existe um grande potencial de crescimento que pode ser explorado por meio da recuperação de pastagens degradadas e da adoção de práticas de manejo sustentáveis (Oliveira *et al.*, 2022).

Dentre as alternativas para mitigar os impactos da degradação, destaca-se o uso de culturas de "segunda safra" (safrinha), compostas por espécies vegetais adaptadas às adversidades climáticas e ao déficit hídrico característico desse período. Segundo a CONAB (2024), a safra 2023/24 foi estimada em 298,6 milhões de toneladas de grãos, representando uma redução de 6,6% em relação à safra anterior. Esses dados reforçam a necessidade de estratégias que otimizem a produção agrícola, minimizem perdas e promovam a sustentabilidade dos sistemas produtivos.

A adoção de sistemas mais avançados de produção, como rotação, consorciação e integração lavoura-pecuária, apresenta-se como uma solução viável para melhorar a qualidade do solo e reduzir impactos ambientais. O uso de espécies vegetais com sistemas radiculares profundos favorece a infiltração da água no solo e reduz o escoamento superficial, mitigando processos erosivos e aumentando a eficiência no uso dos recursos hídricos. Dentre as espécies promissoras para esses sistemas estão o feijão-caupi (*Vigna unguiculata*), o milheto (*Pennisetum glaucum*), o sorgo (*Sorghum bicolor*) e o capim massai (*Megathyrsus maximus*), que podem ser implantados em sucessão na ocasião da reforma de pastagens, durante a segunda safra (outono/inverno) (Silva *et al.*, 2021).

O feijão-caupi [*Vigna unguiculata* (L.) Walp.] é uma cultura de grande relevância para regiões tropicais e subtropicais devido à sua resistência ao déficit hídrico e ao seu alto valor nutricional. Estudos indicam que essa espécie consegue preservar seu potencial hídrico foliar mesmo em condições de seca prolongada, priorizando a conservação da água em detrimento da atividade fotossintética (Souza *et al.*, 2020). Em relação ao potencial econômico, Cabreira *et al.* (2024), demonstraram que a irrigação por pivô central em solos arenosos pode proporcionar alta produtividade e excelente rentabilidade ao cultivo do feijão-caupi, tornando-o uma opção atrativa para os produtores.

O milheto (*Pennisetum glaucum*) é uma cultura C4 amplamente reconhecida por sua eficiência na fixação de carbono, sua elevada tolerância ao estresse hídrico e sua capacidade de

produção de biomassa de alta qualidade. Apesar de seu grande potencial, os estudos envolvendo a consorciação do milho com outras culturas de cobertura ainda são escassos, o que reforça a necessidade de novas pesquisas para explorar seus benefícios no contexto da reforma de pastagens (Nelson *et al.*, 2018).

O sorgo granífero [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] também se destaca como uma opção viável para sistemas de produção sustentáveis, especialmente em áreas sujeitas a déficit hídrico. Além de apresentar elevada tolerância à estiagem moderada, o sorgo contribui significativamente para a ciclagem de nutrientes e a formação de matéria orgânica no solo (Jardim *et al.*, 2020). Essa cultura é versátil e pode ser cultivada tanto de forma isolada quanto em sistemas consorciados, sendo uma alternativa estratégica para regiões de baixa disponibilidade hídrica (Vanamala *et al.*, 2018; Pandian *et al.*, 2022; Pereira *et al.*, 2023; Xu *et al.*, 2021).

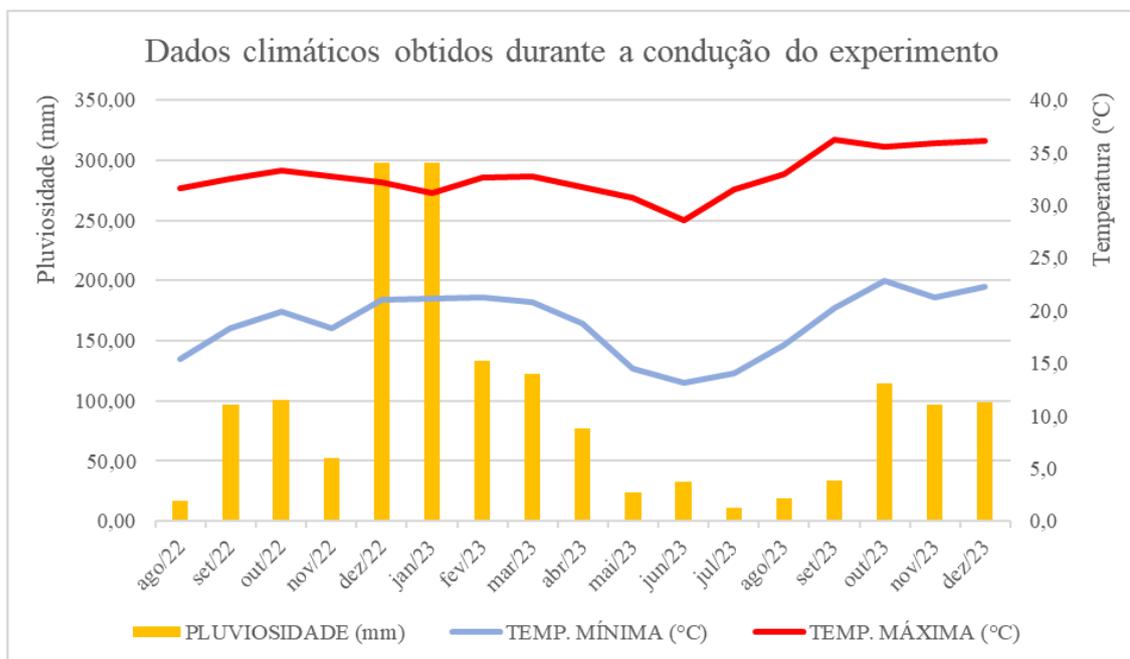
A adoção de culturas de cobertura é amplamente reconhecida como uma estratégia eficaz para aumentar a sustentabilidade da produção agrícola, particularmente em regiões como o Cerrado brasileiro (Araújo *et al.*, 2024). A consorciação de espécies vegetais proporciona diversos benefícios agrônômicos, incluindo a otimização do uso do solo, a redução da dependência de insumos químicos, o aumento da biodiversidade e a melhoria na segurança ambiental. Um dos principais aspectos positivos desse sistema é o acúmulo de macronutrientes na parte aérea das plantas, promovendo a posterior liberação de nutrientes ao solo e favorecendo o desenvolvimento das culturas subsequentes. A permanência dos resíduos vegetais e a dinâmica de liberação de nutrientes são fatores determinantes para a eficiência do Sistema Plantio Direto (Maitra *et al.*, 2021).

Diante desse contexto, avaliar o desempenho das culturas de "segunda safra" durante a reforma de pastagens degradadas, especialmente em solos arenosos, é essencial para o desenvolvimento de sistemas de produção mais sustentáveis. Assim, este estudo tem como objetivo avaliar a produtividade de grãos, incluindo feijão-caupi, milho e sorgo, bem como o acúmulo de biomassa e macronutrientes no solo, por meio da implantação dessas culturas em sistemas de segunda safra.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na safra 2022/23 na Fazenda Escola “Alípio Soares Barbosa”, localizada no município de Iturama-MG, em uma área de pastagem degradada. A região está situada a uma altitude de 453 metros, com coordenadas geográficas de 19°43’41,2” de latitude Sul e 50°13’59,9” de longitude Oeste. O clima predominante, segundo a classificação de Köppen, é tropical quente e úmido (Aw). As temperaturas mínimas e máximas do ar, bem como a média de precipitação pluvial mensal durante o período experimental, estão apresentadas na Figura 1.

Figura 1 – Valores mensais de precipitação pluvial e temperaturas mínimas e máximas do ar em Iturama-MG, 2022-2023.



Fonte: Da autora, 2024.

2.1 Caracterização da área experimental

A pastagem degradada foi caracterizada por baixa cobertura vegetal, compactação do solo e baixo teor de matéria orgânica. Antes da implantação do experimento, foram realizadas coletas de solo para avaliação das propriedades químicas em três profundidades (0-20 cm, 20-40 cm e 40-60 cm), utilizando uma sonda manual. A classificação do solo na região é de textura arenosa.

2.2 Análise química do solo

Os resultados da análise química do solo antes da implantação das culturas estão apresentados na Tabela 1. Os níveis de pH, fósforo (P), cálcio (Ca), magnésio (Mg), potássio (K), alumínio (H+Al) e matéria orgânica (MO) foram analisados para avaliar a fertilidade inicial do solo e subsidiar as práticas de correção.

Tabela 1 – Resultado da análise química do solo da área antes da implantação das culturas em Iturama MG, 2023.

Profundidade (cm)	pH	P	Ca	Mg	K	H + Al	MO
	CaCl ₂	mg dm ⁻³		mmolc dm ⁻³			g dm ⁻³
0 – 20	4,9	12,0	10,0	7,0	1,6	22,0	16,0
20 – 40	4,7	21,0	9,0	5,0	1,4	25,0	15,0
40 – 60	4,8	6,0	6,0	3,0	1,1	18,0	12,0

¹MO: matéria orgânica; Métodos de extração: P – Resina; S: acetato de amônio; OM: dicromato de sódio; pH: CaCl₂; Ca e Mg: KCl 1 N; K: Melich 1; H+Al: solução SMP; Argila, areia e silte: 19, 76 e 5%, respectivamente.

Os teores de Ca, Mg e K estavam abaixo dos níveis adequados para o cultivo das espécies selecionadas, tornando necessária a correção da acidez do solo.

2.3 Correção do solo e manejo inicial

Em outubro de 2022, aplicou-se 2,5 t ha⁻¹ de calcário dolomítico para elevar a saturação por bases a níveis adequados. O calcário permaneceu superficialmente até fevereiro de 2023, quando foi realizada a aplicação de 1080,0 g i.a. de glifosato para controle de plantas daninhas, seguida pelo preparo do solo com gradagem intermediária (28,0 polegadas) e escarificação (35,0 cm de profundidade). Posteriormente, foi realizada uma segunda aplicação de herbicida, seguida por duas gradagens de nivelamento para garantir uma boa incorporação do corretivo.

2.4 Implantação do experimento

O experimento foi instalado no dia 28 de fevereiro de 2023, com os seguintes tratamentos, apresentados na Tabela 2, dispostos em blocos casualizados, com quatro repetições em unidades experimentais de 32 m² (4 x 8 m).

Tabela 2 – Tratamentos do experimento.

Tratamento	Descrição
1	Pousio
2	Capim Massai
3	Milheto
4	Feijão-caupi
5	Consórcio Capim Massai e Milheto
6	Consórcio Capim Massai e Feijão-caupi
7	Sorgo
8	Consórcio Capim Massai e Sorgo

Fonte: Da autora, 2024.

A semeadura foi realizada mecanicamente, com abertura dos sulcos seguida pela adubação com Superfosfato Simples (00-18-00 + 20% de S) na dose de 300 kg ha⁻¹. A semeadura manual dos tratamentos foi realizada conforme as especificações técnicas das respectivas culturas.

2.5 Manejo das culturas

O capim Massai foi semeado a lanço na dose de 6 kg ha⁻¹ (valor cultural de 50%), conforme recomendações de Ceccon (2016). O milheto foi implantado com a cultivar BRS 1501, seguindo as diretrizes técnicas de Atto (2022), com espaçamento de 0,55 m entre linhas e densidade de semeadura de 8 kg ha⁻¹. O feijão-caupi (cultivar Nova Era) foi semeado no espaçamento de 0,55 m, com densidade inicial de 22 sementes por metro, realizando-se desbaste para manter 10 plantas por metro (180.000 plantas ha⁻¹). O sorgo foi semeado com a cultivar AL Precioso, com densidade de 7 sementes por metro, totalizando cerca de 128.000 plantas ha⁻¹.

A adubação de cobertura foi realizada aos 25 dias após a semeadura, utilizando 250,0 kg ha⁻¹ de 20-00-20 em todos os tratamentos, exceto no pousio. O controle de pragas (lagartas e besouros desfolhadores) foi realizado com duas aplicações de 25,0 g i.a. ha⁻¹ de cipermetrina + 14,1 g i.a. ha⁻¹ de tiametoxan.

2.6 Sistema de sucessão e avaliações realizadas

Em 04 de dezembro de 2023, mantendo as posições dos tratamentos, implantou-se milho + Massai em sistema plantio direto. O milho (híbrido Brevant 2782 PWU) foi semeado em 6 linhas espaçadas a 0,55 m, com adubação de 300 kg ha⁻¹ de 04-30-10 no sulco e cobertura com 240 kg ha⁻¹ de ureia na fase V4.

As avaliações incluíram massa verde e seca da parte aérea, produtividade de grãos, acúmulo de nutrientes das culturas de segunda safra, produtividade do milho em sucessão e matéria seca do capim massai e milho em sucessão. A análise estatística foi realizada por ANOVA ($p \leq 0,05$) seguida do Teste de Tukey ($p \leq 0,05$), com verificação de normalidade prévia.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores obtidos para a massa verde da parte aérea (MVPA), massa seca da parte aérea (MSPA) e produtividade de grãos das culturas de 2ª safra cultivadas em Iturama-MG (Tabela 3) demonstram diferenças significativas entre os tratamentos. Os consórcios contendo milho e sorgo apresentaram os maiores valores de MVPA e MSPA, indicando um alto potencial de produção de biomassa. O tratamento milho + massai obteve o maior acúmulo de MSPA (10,85 t ha⁻¹), seguido pelo sorgo solteiro (12,05 t ha⁻¹), o que reforça a adaptabilidade dessas espécies em ambientes com solos degradados e condições adversas (Mogale *et al.*, 2023).

Tabela 3 – Massa verde de parte aérea (MVPA), massa seca de parte aérea (MSPA) e produtividade de grãos de culturas de “2a safra” cultivadas em Iturama MG, 2023.

Culturas de “2ª safra”	MVPA (t ha ⁻¹)	MSPA (t ha ⁻¹)	Produtividade de grãos (kg ha ⁻¹)
Pousio	14,50 b	3,43 f	-
Massai	27,37 a	6,76 de	-
Milheto	24,17 ab	8,27 cd	330,00 c
Milheto+Massai	35,30 a	10,85 ab	407,00 c
Caupi	29,23 a	6,13 e	-
Caupi+Massai	26,17 a	5,36 ef	-
Sorgo	34,83 a	12,05 a	3494,00 a
Sorgo+Massai	32,03 a	9,05 bc	2477,00 b
Teste F	9,03	53,09	393,25
EPM	2,24	0,39	79,45
DMS	11,19	1,97	363,51
CV (%)	13,89	8,85	12,97

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo Teste de Tukey.

Fonte: Da autora, 2024.

A produtividade de grãos das culturas de 2ª safra destacou o sorgo solteiro como o tratamento mais produtivo, atingindo 3.494 kg ha⁻¹, seguido do consórcio sorgo + massai com 2.477 kg ha⁻¹. Esse resultado pode ser atribuído ao maior acúmulo de biomassa, aliado à alta eficiência do sorgo na conversão de energia solar em grãos, conforme descrito por Pandian *et al.* (2022). Já o milho, tanto em cultivo solteiro quanto consorciado com massai, apresentou

produtividade significativamente inferior (330 e 407 kg ha⁻¹, respectivamente), o que pode ser explicado por seu ciclo mais curto e menor eficiência na alocação de fotoassimilados para os grãos (Vanamala *et al.*, 2018).

Além disso, a elevada produção de biomassa do consórcio milheto + massai contribuiu para a supressão de plantas invasoras, um fator essencial para a redução da competição por recursos no sistema agrícola (Jardim *et al.*, 2020). Esse efeito positivo pode justificar a maior ciclagem de nutrientes observada nesse tratamento, impactando diretamente a produtividade da cultura sucessora (Oliveira *et al.*, 2020).

A rotação de culturas com espécies que promovem maior produção de biomassa, como o milheto e o sorgo, também favorece a redução da compactação do solo, permitindo um melhor desenvolvimento radicular das culturas sucessoras. Estudos indicam que a presença de raízes de diferentes arquiteturas no solo auxilia na melhoria da infiltração da água e na agregação do solo, fatores fundamentais para a manutenção da produtividade em sistemas agrícolas sustentáveis (Assad *et al.*, 2019).

O desempenho produtivo do sorgo solteiro reforça sua viabilidade como cultura de segunda safra em regiões de solos arenosos, sendo uma alternativa para diversificação produtiva. No entanto, a incorporação do capim massai no consórcio com sorgo mostrou-se uma estratégia vantajosa para melhorar a retenção de umidade e potencializar a produtividade do milho subsequente. Esse efeito pode estar relacionado à maior proteção do solo e ao prolongamento da disponibilidade de nutrientes devido à decomposição gradativa dos resíduos vegetais.

A determinação da massa verde também é relevante na perspectiva da produção de silagem. Como Oliveira *et al.* (2021) destacam, a biomassa gerada durante a segunda safra pode servir como alternativa para a alimentação animal, reduzindo a necessidade de aquisição de forragem externa. Isso se torna ainda mais estratégico em regiões onde a escassez hídrica impacta negativamente a disponibilidade de pastagens ao longo do ano.

A avaliação dos macronutrientes acumulados na parte aérea das culturas de 2^a safra (Tabela 4) revelou que o consórcio milheto + massai apresentou os maiores teores de N, P, K, Ca, Mg e S, reforçando sua contribuição para a ciclagem de nutrientes no sistema produtivo. Esse resultado pode ser explicado pela capacidade do milheto de mobilizar nutrientes do solo e pelo sistema radicular do capim massai, que melhora a absorção e retenção de nutrientes no perfil do solo (Freitas *et al.*, 2021). O maior acúmulo de nitrogênio (125,38 kg ha⁻¹) no consórcio milheto + massai também sugere um efeito benéfico na nutrição da cultura sucessora.

Tabela 4 – Macronutrientes de parte aérea dos tratamentos de culturas de 2ª safra, 2023.

Culturas de "2a safra"						
safr"	N (kg ha ⁻¹)	P ₂ O ₅ (kg/ha)	K ₂ O (kg/ha)	Ca (kg/ha)	Mg (kg/ha)	S (kg/ha)
Pousio	62,68 c	23,83 d	46,99 c	27,70 d	8,80 e	8,45 c
Massai	96,53 b	41,48 bcd	67,14 c	55,08 bc	23,46 bcd	15,28c
Milheto	96,60 b	71,33 ab	79,82bc	57,49 bc	20,54 bcd	31,66 b
Milheto+Massai	125,38 a	102,05 a	189,07 a	106,60 a	31,49 a	41,85 a
Caupi	114,26 ab	30,87 cd	49,16 c	40,01 cd	10,96 de	13,39 c
Caupi+Massai	106,21 ab	33,65 cd	52,10 c	36,48 cd	8,72 e	14,17 c
Sorgo	111,92 ab	74,56 ab	84,21 bc	72,92 b	28,95 ab	26,06 b
Sorgo+Massai	97,43 b	63,40 bc	116,89 b	50,58 bcd	18,71 cd	15,16 c
Teste F	8.72	13.01	27.26	17.31	15.88	25.58
DMS	27.94	33.18	40.51	26.41	9.85	9.93
EPM	6.31	7.51	9.15	5.97	2.23	2.25
CV (%)	10.79	23.56	18.51	18.52	20.36	18.74

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo Teste de Tukey.

Fonte: Da autora, 2024.

O feijão-caupi também demonstrou eficiência na fixação biológica de nitrogênio, apresentando valores elevados desse nutriente na biomassa. Isso reduz a necessidade de fertilização nitrogenada nas culturas subsequentes, tornando o sistema mais sustentável e economicamente viável. Além disso, a introdução de leguminosas como o feijão-caupi favorece a biodiversidade microbiana do solo, promovendo a mineralização de matéria orgânica e melhorando a disponibilidade de nutrientes essenciais para o crescimento das plantas (Costa *et al.*, 2023).

O fósforo foi outro macronutriente que se destacou nos consórcios, especialmente no tratamento milho + massai, que apresentou o maior acúmulo (102,05 kg ha⁻¹). Gramíneas possuem sistemas radiculares eficientes na exploração desse nutriente, principalmente em solos tropicais onde sua disponibilidade é frequentemente limitada (Carvalho *et al.*, 2021). A associação entre espécies pode potencializar esse efeito, favorecendo uma absorção mais eficiente e melhor distribuição do fósforo no solo, otimizando sua utilização pelas culturas sucessoras (Freitas *et al.*, 2021).

O potássio apresentou o maior acúmulo no consórcio milheto + massai (189,07 kg ha⁻¹), o que reforça a importância desse sistema para a reciclagem de nutrientes e a reposição de potássio no solo. Esse nutriente é essencial para a regulação osmótica das plantas e sua deficiência pode comprometer a resistência ao estresse hídrico (Ferreira *et al.*, 2023). A maior eficiência na absorção de potássio observada nesse consórcio sugere que ele pode ser uma alternativa viável para otimizar a fertilidade do solo em sistemas agrícolas de longo prazo.

A disponibilidade de cálcio e magnésio seguiu um padrão semelhante ao dos outros nutrientes, sendo significativamente maior nos sistemas consorciados, especialmente no tratamento milheto + massai. O cálcio (106,60 kg ha⁻¹) e o magnésio (31,49 kg ha⁻¹) são fundamentais para a estruturação celular das plantas e para o desenvolvimento radicular, favorecendo a absorção de outros nutrientes e melhorando a resistência a estresses ambientais (Silva *et al.*, 2023). A adoção de práticas que aumentem a disponibilidade desses elementos no solo pode impactar positivamente a produtividade agrícola e a qualidade dos produtos colhidos.

Por fim, os teores de enxofre também foram mais elevados no consórcio milheto + massai (41,85 kg ha⁻¹), um resultado que pode estar relacionado à maior produção de biomassa e à atividade microbiana no solo. O enxofre desempenha um papel essencial na síntese de proteínas e na eficiência da fotossíntese, influenciando diretamente o crescimento das plantas e a produção de grãos (Lima *et al.*, 2022). Esse achado reforça a importância de sistemas produtivos que promovam o acúmulo equilibrado de nutrientes, garantindo maior estabilidade e produtividade ao longo das safras sucessivas.

Os resultados da produtividade do milho cultivado após os diferentes tratamentos de 2ª safra (Tabela 5) indicam que o consórcio milheto + massai proporcionou o maior rendimento de grãos (8.055 kg ha⁻¹), evidenciando a influência positiva desse sistema na sucessão de culturas. Esse aumento pode ser atribuído ao acúmulo expressivo de biomassa e à liberação gradual de nutrientes essenciais, como fósforo e potássio, para a cultura sucessora (Braun *et al.*, 2024).

Tabela 5 – Produtividade de grãos de milho cultivado em sucessão às culturas de 2ª safra em Iturama MG, safra 2023/24.

Culturas de "2ª safra"	Produtividade de grãos (kg ha ⁻¹)
Pousio	6.430 ab
Massai	7.471 ab
Milheto	6.059 ab
Milheto+Massai	8.055 a
Caupi	7.436 ab
Caupi+Massai	6.304 ab
Sorgo	5.400 b
Sorgo+Massai	6.095 ab
Teste F	2,84
DMS	2.370,47
EPM	557,16
CV (%)	16,74

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo Teste de Tukey. Massa verde padronizada com 30% de massa seca.

Fonte: Da autora, 2024.

Outro fator relevante para a maior produtividade do milho nesse sistema é a melhoria da estrutura do solo devido à deposição de resíduos vegetais com diferentes taxas de decomposição. Trabalhos indicam que a diversificação de culturas permite um aumento na biodiversidade do solo e na eficiência do uso da água, favorecendo a estabilidade produtiva das culturas sucessoras (Rezende *et al.*, 2020).

A Tabela 6 apresenta o número de fileiras por espiga, número de grãos por fileira, massa de 100 grãos e produtividade final de milho. Embora o número de fileiras por espiga não tenha sido influenciado pelos tratamentos, observa-se que os tratamentos com milheto + massai e feijão-caupi + massai proporcionaram maior número de grãos por fileira e maior massa de 100 grãos. Esses resultados indicam que a disponibilidade de nutrientes provenientes das culturas antecessoras pode ter favorecido o enchimento de grãos e aumentado a eficiência produtiva do milho.

Tabela 6 – Número de fileiras por espiga, número de grãos por fileira, massa de 100 grãos e produtividade de grãos de milho cultivado em sucessão à culturas de 2ª safra em Iturama MG, safra 2023/24.

Culturas de "2ª safra"	Número de fileiras espiga ⁻¹	Número de grãos fileira ⁻¹	Massa de 100 grãos (g)	Produtividade de grãos (kg ha ⁻¹)
Pousio	14,63	33,13 ab	29,98 ab	6.430 ab
Massai	15,38	31,69 b	28,40 b	7.471 ab
Milheto	15,25	32,00 ab	27,17 b	6.059 ab
Milheto+Massai	15,13	35,06 ab	32,95 a	8.055 a
Caupi	15,25	33,00 ab	30,51 ab	7.436 ab
Caupi+Massai	14,63	35,88 a	30,04 ab	6.304 ab
Sorgo	15,00	35,50 ab	30,63 ab	5.400 b
Sorgo+Massai	15,38	34,82 ab	29,05 ab	6.095 ab
Teste F	0,41 ^{ns}	2,88 (p≤0,03)	3,27(p≤0,02)	2,84 (p≤0,03)
DMS	2,01	4,07	4,04	2.370,47
EPM	0,47	0,96	0,95	557,16
CV (%)	6,28	5,66	6,37	16,74

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo Teste de Tukey.

Fonte: Da autora, 2024.

Os tratamentos que proporcionaram maior produtividade de milho foram o milheto + massai (8.055 kg ha⁻¹) e feijão-caupi (7.436 kg ha⁻¹). Esses resultados estão alinhados com os relatados por Oliveira *et al.* (2020), que destacaram o efeito positivo do feijão-caupi na melhoria da fertilidade do solo devido à fixação biológica de nitrogênio.

A Tabela 7 apresenta os valores de massa seca da parte aérea (MSPA) do milho e do capim massai, além da produtividade de grãos do milho cultivado em sucessão às culturas de 2ª safra. Os dados reforçam a importância da escolha das culturas anteriores no sistema produtivo, destacando os efeitos positivos dos consórcios agrícolas na ciclagem de nutrientes e na melhoria da produtividade. Os tratamentos contendo capim massai, especialmente no consórcio com milheto, apresentaram os maiores valores de biomassa total e produtividade de grãos, enquanto os tratamentos com sorgo resultaram nos menores valores. Esses achados indicam que a interação entre gramíneas pode favorecer o aproveitamento dos recursos do solo e a sustentabilidade da produção agrícola, contribuindo para um manejo mais eficiente em áreas de pastagem degradada.

Tabela 7 – Massa seca de parte aérea do milho, massai e total no ponto de silagem do milho cultivado em sucessão a culturas de 2ª safra em Iturama MG, safra 2023/24.

Culturas de "2a safra"	MSPA Milho (t ha ⁻¹)	MSPA Massai (t ha ⁻¹)	MSPA Total (t ha ⁻¹)	Produtividade de grãos (kg ha ⁻¹)
Pousio	14,53 ab	3,24 cd	17,77 ab	6.430 ab
Massai	14,53 ab	3,74 abc	18,26 a	7.471 ab
Milheto	13,73 abc	3,57 abcd	17,30 abc	6.059 ab
Milheto+Massai	15,70 a	4,13 ab	19,83 a	8.055 a
Caupi	12,98 abc	3,37 bcd	16,36 abc	7.436 ab
Caupi+Massai	12,43 abc	4,26 a	16,68 abc	6.304 ab
Sorgo	11,85 bc	2,82 d	14,67 bc	5.400 b
Sorgo+Massai	10,82 c	2,96 cd	13,78 c	6.095 ab
Teste F	3,41 (p≤0.02)	6,61 (p≤0.01)	5,49 (p≤0.01)	2,84 (p≤0,03)
DMS	3,70	0,85	3,52	2.370,47
EPM	0,87	0,20	0,83	557,16
CV (%)	13,08	11,47	9,84	16,74

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo Teste de Tukey.

Fonte: Da autora, 2024.

A avaliação da massa seca da parte aérea (MSPA) do milho e do capim massai revelou que os maiores valores totais de biomassa foram observados nos tratamentos milheto + massai (19,83 t ha⁻¹) e massai solteiro (18,26 t ha⁻¹). Esses resultados indicam que a introdução do capim massai no sistema produtivo contribuiu significativamente para a acumulação de matéria seca, proporcionando melhor cobertura do solo e aumentando a ciclagem de nutrientes essenciais para a cultura subsequente (Freitas *et al.*, 2021).

O milho cultivado após o tratamento milheto + massai apresentou a maior produtividade de grãos (8.055 kg ha⁻¹), demonstrando o impacto positivo desse consórcio na produção agrícola. Esse efeito pode ser atribuído à alta eficiência do milheto na extração e reciclagem de nutrientes, bem como à capacidade do capim massai de melhorar a estrutura do solo e reter umidade, favorecendo o desenvolvimento do milho (Carvalho *et al.*, 2021). Esse achado reforça os benefícios da diversificação de cultivos na construção de sistemas agrícolas mais produtivos e sustentáveis (Patino *et al.*, 2024).

O pousio, que funcionou como um controle sem cultivo de cobertura, apresentou valores intermediários de MSPA total (17,77 t ha⁻¹) e produtividade de milho (6.430 kg ha⁻¹). Esses resultados sugerem que a ausência de uma cultura de cobertura reduziu a ciclagem de nutrientes, resultando em menor produtividade na cultura sucessora. Esse efeito é consistente com estudos

que indicam que áreas sem cobertura vegetal tendem a apresentar menor retenção de umidade e menor disponibilidade de matéria orgânica no solo (Oliveira *et al.*, 2020).

O sorgo solteiro e o consórcio sorgo + massai apresentaram as menores MSPA totais (14,67 t ha⁻¹ e 13,78 t ha⁻¹, respectivamente), refletindo sua menor eficiência na produção de biomassa em comparação às outras culturas avaliadas. A produtividade do milho cultivado após o sorgo foi a mais baixa entre os tratamentos (5.400 kg ha⁻¹), possivelmente devido à alta relação C/N do sorgo, que pode dificultar a decomposição da palhada e retardar a liberação de nutrientes para a cultura subsequente (Braun *et al.*, 2024).

A presença do capim massai nos tratamentos de sucessão agrícola impactou positivamente a retenção de matéria seca, especialmente no consórcio com feijão-caupi e milho. O tratamento caupi + massai apresentou a maior MSPA do capim massai (4,26 t ha⁻¹), indicando uma maior capacidade de acumulação de biomassa nesse sistema. Esse resultado reforça a eficiência das gramíneas forrageiras na melhoria da estrutura do solo e na proteção contra erosão (Assad *et al.*, 2019).

A MSPA do milho foi maior no consórcio milho + massai (15,70 t ha⁻¹), o que demonstra um efeito positivo da interação entre as espécies na produção de biomassa. Esse efeito pode ser atribuído à complementaridade entre o milho e o capim massai na absorção de nutrientes e no aproveitamento da umidade do solo (Hassum *et al.*, 2023).

A análise da produtividade de grãos do milho em sucessão às culturas de 2ª safra evidenciou que os melhores desempenhos foram observados nos sistemas contendo capim massai. Esse resultado pode estar relacionado ao efeito positivo da palhada na retenção de umidade e na liberação gradual de nutrientes, favorecendo o crescimento da cultura sucessora. Além disso, os resíduos vegetais do capim massai podem ter proporcionado um ambiente favorável para a atividade microbiana do solo, promovendo a mineralização de matéria orgânica e melhorando a disponibilidade de nutrientes (Silva *et al.*, 2023).

A introdução de gramíneas como o milho e o capim massai nos sistemas de cultivo de sucessão se mostrou uma estratégia eficaz para maximizar a produtividade do milho. A associação entre essas espécies favoreceu a ciclagem de nutrientes, aumentou a produção de biomassa e proporcionou uma melhor estruturação do solo, refletindo diretamente na produtividade agrícola. Esses resultados reforçam a importância do planejamento da rotação de culturas e do uso de consórcios agrícolas na construção de sistemas produtivos mais resilientes e sustentáveis (Patino *et al.*, 2024).

Portando, a inclusão de resíduos agroindustriais no manejo agrícola pode ter impactos significativos na fertilidade do solo e na produtividade das culturas. O estudo de Hassum *et al.*

(2023) destaca a utilização de resíduos como manipueira, biochar e organomineral na fertilização do capim massai, evidenciando seu potencial como adubo orgânico. A presença do capim massai nos consórcios avaliados pode ter favorecido uma melhor estruturação do solo e a retenção de umidade, resultando no maior acúmulo de biomassa e na melhor ciclagem de nutrientes observada nos tratamentos envolvendo essa espécie. Além disso, os resíduos agroindustriais promovem a melhoria da fertilidade do solo a longo prazo, favorecendo a produtividade das culturas sucessoras.

A adoção de sistemas consorciados e a diversificação de cultivos são estratégias que vêm sendo amplamente recomendadas para a sustentabilidade agrícola. Patino *et al.* (2024) ressaltam que a competitividade do setor agrícola pode ser impulsionada pelo aumento da diversidade produtiva, melhorando a eficiência dos sistemas agrícolas e promovendo a conservação dos recursos naturais. No presente estudo, o consórcio milho + massai se destacou na ciclagem de nutrientes e na produtividade do milho subsequente, evidenciando os benefícios da diversificação de cultivos na sustentabilidade produtiva. Esse resultado reforça a importância da escolha de sistemas agrícolas resilientes, capazes de aumentar a eficiência do uso de insumos e reduzir impactos ambientais.

A análise da produtividade de milho cultivado em sucessão às culturas de segunda safra demonstrou que a escolha da cultura anterior pode influenciar diretamente o desempenho da cultura sucessora. Os tratamentos contendo capim massai e milho + massai proporcionaram os melhores resultados para o milho, com valores superiores à média nacional. Esse efeito pode ser explicado pela maior disponibilidade de resíduos orgânicos e pelo efeito positivo da palhada na retenção de umidade e na disponibilização de nutrientes. Além disso, a palhada contribui para a redução da compactação do solo, favorecendo o desenvolvimento do sistema radicular da cultura subsequente.

A importância do planejamento da rotação de culturas e da escolha de espécies adaptadas ao ambiente é destacada por diversos estudos. Patino *et al.* (2024) indicam que a adoção de práticas agrícolas baseadas na diversificação e na inovação tecnológica pode ser determinante para a competitividade do setor agrícola. Os resultados do presente estudo reforçam essa visão, demonstrando que sistemas consorciados e a correta escolha de culturas podem impactar positivamente a produtividade e a sustentabilidade do sistema produtivo. Portanto, estratégias como o consórcio de gramíneas e leguminosas devem ser consideradas em programas de recuperação de pastagens degradadas e melhoria da eficiência produtiva.

4 CONCLUSÃO

O estudo demonstrou que diferentes sistemas de sucessão de culturas na segunda safra influenciam significativamente a produtividade agrícola e a ciclagem de nutrientes, com impacto direto na cultura subsequente. O sorgo solteiro destacou-se como a cultura com maior produção de biomassa seca e produtividade de grãos, confirmando sua eficiência agrônômica para sistemas de cultivo em áreas degradadas. No entanto, a análise dos demais tratamentos revelou que a consorciação de espécies pode potencializar a disponibilidade de nutrientes e melhorar a estrutura do solo.

O tratamento sorgo + massai apresentou um bom desempenho na recuperação da pastagem após a colheita, garantindo maior cobertura do solo e viabilizando a manutenção da produção forrageira. Esse resultado reforça a importância dos consórcios para sistemas integrados de produção agropecuária, promovendo sustentabilidade e maior eficiência no uso dos recursos naturais.

A combinação milheto + massai demonstrou os maiores valores de acúmulo de macronutrientes, como fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre, evidenciando uma sinergia entre essas culturas. Além disso, esse consórcio resultou na maior produtividade de milho na safra subsequente (8.055 kg ha^{-1}), destacando-se como uma estratégia promissora para a melhoria da fertilidade do solo e maximização dos rendimentos agrícolas.

A avaliação da biomassa acumulada na cultura sucessora demonstrou que os sistemas consorciados influenciam diretamente a produção de matéria seca, sendo o tratamento milheto + massai o que apresentou maior acúmulo total ($19,83 \text{ t ha}^{-1}$). Esse achado reforça a importância da diversificação de culturas na construção de sistemas produtivos mais eficientes, melhorando a retenção de umidade no solo e a ciclagem de nutrientes essenciais para o crescimento das plantas.

Os resultados sugerem que a escolha da cultura para a segunda safra deve considerar não apenas a produtividade direta, mas também os efeitos sobre o solo e a cultura sucessora. A produção de biomassa e a capacidade das culturas em reter nutrientes são fatores determinantes para a sustentabilidade do sistema produtivo. Estratégias como o uso de consórcios e a diversificação de culturas demonstraram ser ferramentas fundamentais para promover sistemas agrícolas sustentáveis, proporcionando maior resiliência frente às mudanças climáticas e desafios produtivos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARAÚJO, Fernando Couto de *et al.* Mixes de plantas de cobertura e *Trichoderma asperellum* na melhoria da sustentabilidade e produtividade da cultura da soja. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 54, p. e78479, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1590/1983-40632024v5478479>
- ASSAD, E. D. *et al.* Sequestro de carbono e mitigação de emissões de gases de efeito estufa pela adoção de sistemas integrados. In: **ILPF: inovação com integração de lavoura, pecuária e floresta**. Brasília: Embrapa, p. 153-167, 2019. Disponível em: <<http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1112696>>. Acesso em 18 de nov. 2024.
- BARTZIALIS, Dimitrios *et al.* Assessing the efficiency of different nitrogen fertilization levels on sorghum yield and quality characteristics. **Agriculture**, v. 13, n. 6, p. 1253, 2023. DOI: <https://doi.org/10.3390/agriculture13061253>
- BRAUN, Vinicius Leonardo *et al.* Produtividade de silagem e grãos de milho em sucessão a plantas de cobertura de inverno. **Investigación Agraria**, v. 26, n. 1, p. 1-6, 2024. DOI: <https://doi.org/10.18004/investig.agrar.2024.junio.2601795>
- CABREIRA, Lucas P. *et al.* Economic feasibility of center pivot irrigation with corn, cowpea, and soybean crops in sandy soils. **Engenharia Agrícola**, v. 44, p. e20230137, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1590/1809-4430-Eng.Agric.v44e20230137/2024>
- CARVALHO, Lisandra Maria da Silva *et al.* Influência do tratamento térmico frente aos compostos antinutricionais em feijão-caupi. **Nutrivisa-Revista de Nutrição e Vigilância em Saúde**, v. 10, n. 1, p. e10227-e10227, 2023. DOI: <https://doi.org/10.59171/nutrivisa-2023v10e10227>
- CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos, décimo primeiro levantamento**, v.11, Safra 2023/24, n.11, p. 1-130, 2024. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos>>. Acesso em 10 de nov. 2024.
- FARIAS, Maryzélia Furtado de *et al.* Residual effect of potassium fertilization on melon under cowpea. In: **European Academic Research** v. IX, n. 1, apr. 2021. p. 359-368
- FERREIRA, Bruno Gomes Cândido *et al.* Desempenho agrônomico de variedades de girassol em função de populações de plantas. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 22, n. 3, p. 378-384, 2023. DOI: <https://doi.org/10.5965/223811712232023378>
- FERREIRA, Flávia de Jesus *et al.* Composição químico-bromatológica de silagens de genótipos de sorgo biomassa. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 53, p. e76362, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1590/1983-40632023v5376362>
- FREITAS, T. S., OLIVEIRA, H. M., COSTA, R. P. O papel do potássio na tolerância ao estresse hídrico em sistemas consorciados. **Scientia Agrícola**, v. 78, p. 134–141, 2021. DOI: 10.1590/1678-992X-2020-0050.

HASSUM, Izabella Cabral *et al.* Resíduos agroindustriais no controle de nematóides gastrointestinais de pequenos ruminantes e adubação de forrageiras. **Ciência Rural**, v. 53, p. e20220301, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20220301>

JARDIM, Alexandre Maniçoba da Rosa Ferraz *et al.* Intercropping forage cactus and sorghum in a semi-arid environment improves biological efficiency and competitive ability through interspecific complementarity. **Journal of Arid Environments**, v. 188, p. 104464, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2021.104464>

JARDIM, Alexandre Maniçoba da Rosa Ferraz *et al.* Intercropping forage cactus and sorghum in a semi-arid environment improves biological efficiency and competitive ability through interspecific complementarity. **Journal of Arid Environments**, v. 188, p. 104464, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2021.104464>

MAITRA, Sagar *et al.* Intercropping: A low input agricultural strategy for food and environmental security. **Agronomy**, v. 11, n. 2, p. 343, 2021. DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy11020343>

MOGALE, Elizabeth Tlou *et al.* Biological nitrogen fixation of cowpea in a No-till intercrop under contrasting rainfed agro-ecological environments. **Sustainability**, v. 15, n. 3, p. 2244, 2023. DOI: <https://doi.org/10.3390/su15032244>

NELSON, W. C. D. *et al.* Testing pearl millet and cowpea intercropping systems under high temperatures. **Field crops research**, v. 217, p. 150-166, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2017.12.014>

OLIVEIRA, Elis Regina de *et al.* Tecnologia e degradação de pastagens na pecuária no Cerrado brasileiro. **Sociedade & Natureza**, v. 32, p. 585-596, 2022. DOI: <https://doi.org/10.14393/SN-v32-2020-55795>

OLIVEIRA, JT de *et al.* Viabilidade econômica de irrigação por pivô central em pequenas áreas cultivadas com feijão, soja e milho. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 14, n. 4, p. 4171-4179, 2020. DOI: [10.7127/rbai.v14n401189](https://doi.org/10.7127/rbai.v14n401189)

PANDIAN, Balaji A. *et al.* Current status and prospects of herbicide-resistant grain sorghum (*Sorghum bicolor*). **Pest management science**, v. 78, n. 2, p. 409-415, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1002/ps.6644>

PATINO, Marco Tulio Ospina *et al.* Identificação das necessidades, do potencial e de estratégias para aumento da competitividade da lichia no Brasil. **Revista de Gestão e Secretariado**, v. 15, n. 9, p. e3977-e3977, 2024. DOI: <https://doi.org/10.7769/gesec.v15i9.3977>

PEREIRA, R. C. G. *et al.* Modelo de Simulação AquaCrop na Determinação do Yield Gap do Milheto e do Sorgo Forrageiro em Ambiente Semiárido: Uma Revisão Bibliográfica. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 16, n. 6, p. 3225-3245, 2023. DOI: [10.26848/rbgf.v16.6.p3225-2545](https://doi.org/10.26848/rbgf.v16.6.p3225-2545)

REZENDE, R. P. *et al.* O consórcio de milho com sorgo forrageiro influencia a produção de biomassa, a qualidade bromatológica da silagem ea viabilidade econômica? **Research, Society**

and Development, v. 9, n. 4, p. e46942818, 2020. DOI: <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v9i4.2818>

SILVA, P. A., LIMA, R. L. Estratégias de adubação com enxofre para otimização do crescimento das plantas. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 43, p. e53134, 2021. DOI: [10.4025/actasciagron.v43i1.53134](https://doi.org/10.4025/actasciagron.v43i1.53134)

SOUZA, Paulo Jorge de Oliveira Ponte de *et al.* Trocas gasosas do feijão-caupi cultivado no Nordeste Paraense em resposta à deficiência hídrica forçada durante a fase reprodutiva. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 35, p. 13-22, 2020. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/0102-7786351029>

VANAMALA, Jairam KP *et al.* Grain and sweet sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) serves as a novel source of bioactive compounds for human health. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 58, n. 17, p. 2867-2881, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1080/10408398.2017.1344186>

XU, Jingwen; WANG, Weiqun; ZHAO, Yong. Phenolic compounds in whole grain sorghum and their health benefits. **Foods**, v. 10, n. 8, p. 1921, 2021. DOI: <https://doi.org/10.3390/foods10081921>