



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA**

PAULO DA CUNHA TÔRRES JÚNIOR

**INFLUÊNCIA DA ADUBAÇÃO NA PRODUTIVIDADE E CUSTOS DO
CONSÓRCIO DE SORGO OU MILHO COM CAPIM MARANDU NO SISTEMA
INTEGRAÇÃO LAVOURA PECUÁRIA NO CERRADO**

AREIA

2024

PAULO DA CUNHA TÔRRES JÚNIOR

**INFLUÊNCIA DA ADUBAÇÃO NA PRODUTIVIDADE E CUSTOS DO
CONSÓRCIO DE SORGO OU MILHO COM CAPIM MARANDU NO SISTEMA
INTEGRAÇÃO LAVOURA PECUÁRIA NO CERRADO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Federal da Paraíba como requisito final para obtenção do título de Mestre em Zootecnia.

Orientador: Prof. Dr. Edson Mauro Santos

Coorientadores: Profa. Dra. Juliana Silva de Oliveira
Prof. Dr. Prof. Dr. Alexandre Fernandes Perazzo

AREIA

2024

Catlogação na publicação

Seção de catalogação e Classificação

T693i Torres Júnior, Paulo da Cunha.

Influência da adubação na produtividade e custos do consórcio de sorgo ou milho com capim marandu no sistema integração lavoura pecuária no cerrado / Pauloda Cunha Torres Júnior. - Areia, 2024.
56 f. : il.

Orientação: Edson Mauro dos Santos.

Coorientação: Juliana Silva de Oliveira,
Coorientação: Alexandre Fernandes Perazzo.
Dissertação (Mestrado) - UFPB/CCA.

1. Zootecnia. 2. Correção de solo. 3. Recuperação de pastagens. 4. Sustentabilidade. I. Santos, Edson Mauro.

II. Oliveira, Juliana Silva de. III. Perazzo, Alexandre Fernandes. IV. Título.

UFPB/CCA-AREIA

CDU 636 (043.3)

Julgamento da defesa



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA**

PARECER DE DEFESA DO TRABALHO DE DISSERTAÇÃO

**TÍTULO: "INFLUÊNCIA DA ADUBAÇÃO NA PRODUTIVIDADE E CUSTOS DO
CONSORCIO DE SORGO OU MILHO COM CAPIM MARANDU NO SISTEMA
INTEGRAÇÃO LAVOURA PECUÁRIA NO CERRADO"**

AUTOR: Paulo da Cunha Tôrres Júnior

ORIENTADOR: Edson Mauro Santos

JULGAMENTO

CONCEITO: APROVADO

EXAMINADORES:

Prof. Dr. Edson Mauro Santos
Presidente
Universidade Federal da Paraíba

Prof. Dr. Ricardo Loiola Edvan
Examinador
Universidade Federal do Piauí

Prof. Dr. Fleming Sena Campos
Examinador
Universidade Federal do Maranhão

Areia, 30 de janeiro de 2024.

Dedico a Deus e a Nossa Senhora Aparecida, por toda sabedoria, proteção e inspiração que ilumina cada passo da minha vida.

Ao meu Pai, Paulo da Cunha Tôrres (in memoriam), por todo amor, apoio e sabedoria que continuam a me guiar, mesmo na sua ausência física. Sua memória e o seu legado será eternamente presente em cada conquista. A minha família, em especial a minha mãe (Diocemira da Cunha Torres), minha tia (Diocélia Sousa Cunha), minha noiva (Maria Clara B. Trajano), minha irmã (Pollyanna da Cunha Torres) e ao mais novo integrante de nossa família meu sobrinho (Paulo da Cunha Torres Neto) por todo apoio, encorajamento em cada dia desta caminhada, vocês foram meu alicerce em mais essa jornada. **Dedico.**

AGRADECIMENTOS

Ao meu Deus por todas as bênçãos concedidas, por toda força e fé, por todos os livramentos e por guiar-me ao longo desta jornada.

Ao meu pai, Paulo da Cunha Tôrres (In Memoriam), minha mãe (Diocemira Cunha Torres), minha tia (Diocélia Sousa Cunha), minha irmã (Pollyanna da Cunha Torres) pelos ensinamentos, apoio e ajuda durante toda a minha vida. E ao meu sobrinho (Paulo da Cunha Torres Neto) por trazer na sua inocência, uma alegria e amor sem medida aos meus dias. Amo vocês.

A minha amada noiva, Maria Clara Bezerra Trajano, por todo o seu amor, apoio, compreensão, paciência e incentivos. Sem você não teria chegado até aqui. Te amo.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Edson Mauro Santos, gostaria de expressar minha sincera gratidão por sua orientação e conselhos foram fundamentais na minha jornada. Além da sua paciência, incentivo e amizade que ofereceu ao longo de todo o processo. Sua dedicação ao meu crescimento acadêmico e pessoal não passou despercebido. Obrigado, Professor, por ser mais do que um orientador, o senhor é um verdadeiro amigo e mentor.

A minha coorientadora, Profa. Dra. Juliana da Silva Oliveira, pela orientação, conselhos, que contribuíram no decorrer da minha vida pessoal e acadêmica. Agradeço por compartilhar sua experiência, paciência e apoio constante ao longo dos anos.

Ao meu coorientador, Prof. Dr. Alexandre Perazzo, por toda contribuição ao longo desta caminhada, além de toda amizade construída durante esses anos de convivência.

A Família Oliveira, em nome dos Srs. Benjamin Oliveira e Benjamin Junior, pela disponibilidade da propriedade para o desenvolvimento do projeto que resultou nesta dissertação, bem como toda confiança depositada em mim.

Ao programa de Pós-Graduação em Zootecnia e CNPq pela oportunidade de realização do mestrado.

Ao Grupo de Estudos em Forragicultura e a Empresa Jr GEF – Assessoria Pecuária, pela oportunidade de construir bons amigos ao longo desses anos.

Aos meus amigos/irmãos Arinaldo Fernandes e Davi Ribeiro, por compartilhar de todos os momentos ao longo desses anos.

Aos demais amigos que partilharam de histórias e momentos durante esse ciclo e assim construindo amizades que ultrapassaram os limites da universidade.

E aos colegas que torceram e vibraram com cada conquista desta caminhada.

E por fim, **muito obrigado!!!!**

**“Seja sempre bom,
E quando forem ruim com você,
Seja melhor ainda...”**
Autor desconhecido

INFLUÊNCIA DE DOIS NÍVEIS DE ADUBAÇÃO NA PRODUTIVIDADE DO CONSÓRCIO DE SORGO OU MILHO COM *UROCHLOA BRIZANTHA* CV MARANDU NO SISTEMA INTEGRAÇÃO LAVOURA PECUÁRIA NO CERRADO MINEIRO

RESUMO

A integração lavoura-pecuária (ILP) é um sistema de produção agropecuária que combina a criação de animais com a produção de culturas agrícolas, visando a maximização dos recursos naturais, a sustentabilidade e a rentabilidade econômica. Objetivou-se avaliar as características agronômicas e o custo de produção do milho e sorgo com o capim marandú sob dois níveis de adubação, sendo alta dose (3,0 toneladas/ha de Calcário Dolomítico, 180 kg/ha de Fosfato Monoamônico) e baixa dose (1,5 toneladas/ha de Calcário Dolomítico, 120 kg/ha de Fosfato Monoamônico) no sistema de integração lavoura-pecuária. O experimento foi realizado na Fazenda Capim de Cheiro, em Paraopeba, MG, Brasil, em um solo do tipo Latossolo. Foram utilizadas duas culturas agrícolas (milho ou sorgo consorciadas com o capim *Urochloa Brizantha* cv. Marandú). Utilizou-se os respectivos consórcios: milho com capim com alta dose de adubação; sorgo com capim com alta dose de adubação; milho com capim com baixa dose de adubação e sorgo com capim com baixa dose de adubação. Utilizou-se um delineamento blocos causalizados, em esquema fatorial (2x2) representados por dois níveis de adubação (alta e baixa dose de adubação) e as duas culturas, com quatro repetições. Os dados foram analisados por meio do software R, utilizando o teste F. A maior produção de matéria natural foi observada no nível de alta dose, com valores médios de 51.765,62 e 60.578,12 kg/ha, para os consórcios de milho com capim e sorgo com capim, respectivamente. Para a baixa dose de adubação foi observado a maior produção para o consórcio de sorgo com capim (31.993,75 kg/ha). Como também foram observados os menores custos do quilograma de matéria seca no maior nível de adubação, apresentando os valores de R\$ 0,30 e R\$ 0,22, para os consórcios do milho com capim e sorgo com capim, respectivamente. O nível de alta dose de adubação garante uma maior produção de matéria seca, independente do consórcio escolhido, assim diluindo os custos com a recuperação dos pastos, como também na maior dosagem de adubo o custo de produção por kg de matéria verde e seca foi menor, devido a diluição dos custos na maior produção.

Palavras – chaves: correção de solo; recuperação de pastagens; sustentabilidade.

**INFLUENCE OF TWO FERTILIZATION LEVELS ON THE PRODUCTIVITY OF
SORGHUM OR CORN INTERCROPPED WITH UROCHLOA BRIZANTHA CV.
MARANDU IN THE CROP-LIVESTOCK INTEGRATION SYSTEM IN THE MINAS
GERAIS CERRADO**

ABSTRACT

Crop-livestock integration (CLI) is an agricultural production system that combines livestock farming with crop production to maximize natural resources, sustainability, and economic profitability. This study aimed to evaluate the agronomic characteristics and production costs of corn and sorghum intercropped with Marandu grass under two fertilization levels: a high dose (3.0 tons/ha of Dolomitic Limestone, 180 kg/ha of Monoammonium Phosphate) and a low dose (1.5 tons/ha of Dolomitic Limestone, 120 kg/ha of Monoammonium Phosphate) in the crop-livestock integration system. The experiment was conducted at Capim de Cheiro Farm, in Paraopeba, MG, Brazil, on Latossol soil. Two agricultural crops were used (corn or sorghum intercropped with *Urochloa brizantha* cv. Marandu grass). The respective intercropping combinations were used: corn with grass at a high fertilization dose; sorghum with grass at a high fertilization dose; corn with grass at a low fertilization dose, and sorghum with grass at a low fertilization dose. A randomized block design was used, in a factorial scheme (2x2), represented by two fertilization levels (high and low doses) and the two crops, with four replications. Data were analyzed using R software and the F-test. The highest production of natural matter was observed at the high-dose level, with average values of 51,765.62 and 60,578.12 kg/ha for the corn-grass and sorghum-grass intercropping, respectively. For the low fertilization dose, the highest production was observed for the sorghum-grass intercropping (31,993.75 kg/ha). The lowest costs per kilogram of dry matter were also observed at the higher fertilization level, with values of R\$ 0.30 and R\$ 0.22 for the corn-grass and sorghum-grass intercropping, respectively. The high fertilization level ensures higher dry matter production regardless of the chosen intercropping, thereby reducing costs associated with pasture recovery. Moreover, at the higher fertilization dose, the cost of production per kg of green and dry matter was lower due to the dilution of costs in the higher production.

Keywords: soil correction; pasture recovery; sustainability.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Dados meteorológicos de Paraopeba – MG	22
---	----

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Atributos químicos do solo na profundidade de 0 a 20 cm antes da instalação do experimento	25
Tabela 2. Produção de matéria verde e seca e o teor de matéria seca por hectare dentre os consórcios de milho com capim e sorgo com capim avaliando diferentes níveis de adubação .	28
Tabela 3. Percentagem da variável matéria seca, lâmina, colmo e relação lâmina/colmo por hectare do capim dentre os consórcios de milho com capim e sorgo com capim avaliando diferentes níveis de adubação	29
Tabela 4. Análise morfométrica em consórcios de milho com capim e sorgo com capim sob diferentes níveis de adubação	30
Tabela 5. Análise morfológica das lavouras em consórcios de milho com capim e sorgo com capim sob diferentes níveis de adubação	31
Tabela 6. Análise química do solo em sistemas de consórcio de milho com capim e sorgo com capim sob diferentes níveis de adubação	32
Tabela 7. Custo para a implantação de um hectare do consórcio milho com capim marandu com alta dose de adubação no sistema de Integração lavoura pecuária	33
Tabela 8. Custo para a implantação de um hectare do consórcio sorgo com capim marandu com alta dose de adubação no sistema de Integração lavoura pecuária	34
Tabela 9. Custo para a implantação de um hectare do consórcio milho com capim marandu com baixa dose de adubação no sistema de Integração lavoura pecuária	35
Tabela 10. Custo para a implantação de um hectare do consórcio sorgo e capim marandu com baixa dose de adubação no sistema de Integração lavoura pecuária	36

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
2	REVISÃO DE LITERATURA.....	13
2.1	IMPORTÂNCIA DA INTEGRAÇÃO LAVOURA PECUÁRIA	13
2.2	CULTURA DO MILHO (<i>Zea mays</i> L.)	15
2.3	CULTURA DO SORGO (<i>Sorghum bicolor</i> L. Moench).....	17
2.4	QUALIDADE DOS CONSÓRCIOS DE MILHO COM CAPIM E SORGO COM CAPIM	18
2.5	INFLUÊNCIA DA FERTILIDADE DE SOLOS EM SISTEMAS INTEGRADOS ...	18
3	MATERIAL E MÉTODOS	22
4	ANÁLISES ESTATÍSTICAS	27
5	RESULTADOS.....	27
6	DISCUSSÃO	36
6.1	PRODUÇÃO DE MATÉRIA VERDE E SECA DOS CONSÓRCIOS	36
6.2	AVALIAÇÃO DA MATÉRIA SECA, LÂMINA, COLMO E RELAÇÃO LÂMINA COLMO DO CAPIM	37
6.3	ANÁLISE MORFOMÉTRICA DO MILHO E SORGO	38
6.4	ANÁLISE MORFOLÓGICA DO MILHO E SORGO.....	39
6.5	ANÁLISE QUÍMICA DO SOLO DO CONSÓRCIO MILHO COM CAPIM E SORGO COM CAPIM.....	39
6.6	ANÁLISE ECONÔMICA CONSÓRCIO MILHO COM CAPIM.....	41
6.7	ANÁLISE ECONÔMICA DO CONSÓRCIO SORGO COM CAPIM.....	42
7	CONCLUSÃO.....	44
	REFERÊNCIAS	45

1 INTRODUÇÃO

O sistema de Integração Lavoura Pecuária (ILP) apresenta uma versatilidade ao combinar diversos componentes econômicos e ambientais, ajustando-se à realidade específica da região onde é implementado. Sob uma perspectiva social, o ILP busca a produção sustentável de alimentos, utilizando de maneira intensificada recursos escassos e promovendo a conservação ambiental (BALBINO *et al.*, 2012). No contexto econômico, o sistema visa alcançar uma produção elevada nas áreas de agricultura e pecuária, por meio da diversificação, rotação, consorciação e sucessão, explorando as áreas de produção de forma viável ao longo do ano (ASSMANN *et al.*, 2008).

Um dos principais objetivos da ILP é a conservação do solo, que reduz a erosão, melhora a estrutura e a porosidade do solo, resultando em aumento da infiltração e capacidade de retenção de água, além de promover a ciclagem de nutrientes e melhorar a qualidade do solo (Bono, 2012). Ao integrar lavoura e pecuária, a deposição de esterco dos animais e a massa de raízes das plantas nas áreas de cultivo contribui para o aumento da matéria orgânica, a ciclagem de nutrientes e a melhoria da estrutura do solo. Isso resulta em um aumento da produção agrícola a médio e longo prazo.

Portanto o ILP apresenta grandes vantagens agronômicas, principalmente em relação ao uso eficiente do solo, por melhorar a qualidade física, química e biológica. Além disso, em pastagens degradadas, com elevada taxa de erosão, invasão de plantas daninhas e camadas compactadas, a adoção de ILP tem permitido redução desses efeitos (LOPES *et al.*, 2009). Estudo feito por Assis *et al.* (2015) demonstra que esses sistemas melhoraram os atributos físicos do solo na recuperação de pastagens degradadas.

Outro benefício importante da ILP é a diversificação da renda e a redução de riscos financeiros. Contribuindo para a geração de renda e desenvolvimento econômico no campo, além de ser empregado como uma estratégia ambiental e financeira, por integrar atividades pecuárias, agrícolas e florestal em uma mesma área de cultivo (GLÉRIA *et al.*, 2017), os produtores têm a oportunidade de mitigar os riscos associados a eventos climáticos adversos ou flutuações nos preços dos produtos.

De acordo com Korb, 2023 a maior eficiência da adubação em sistemas de integração lavoura-pecuária ocorre principalmente na capacidade dos animais atuarem como recicladores de nutrientes. Apenas uma pequena quantidade dos nutrientes consumidos durante o pastejo é exportada na forma de carne, enquanto a maior parte é reintegrada ao sistema através das fezes e da urina. Esses nutrientes reciclados no solo podem ser aproveitados pelas plantas sob pastejo

e posteriormente pelas culturas de grãos. Esse processo é especialmente eficaz quando há um manejo adequado da intensidade do pastejo, seguindo um fluxo de reciclagem de nutrientes (Korb, 2023). No mesmo estudo o autor, quando considera a produção de massa seca, e afirma que a adubação aplicada durante o ciclo da pastagem contribuiu para a produção de biomassa de milho.

A intensificação do uso da terra em conjunto com o aumento da eficiência dos sistemas de integração pode influenciar diretamente no incremento da produtividade dos animais, na diminuição dos ciclos produtivos por meio da alternância das atividades agrícolas e da diversificação pecuária e florestal, aprimorando os atributos físicos do solo, interrompendo o ciclo de enfermidades e pragas, reduzindo os riscos financeiros devido à diversificação das atividades, diminuindo os gastos com preparo e renovação das pastagens degradadas, e contribuindo para a redução dos gases de efeito estufa no Brasil (Barbosa *et al.*, 2015). Em suma, a integração lavoura-pecuária no Cerrado Mineiro representa uma abordagem inovadora e sustentável para a produção agropecuária nessa região. Ao combinar a agricultura e a pecuária de forma inteligente, essa estratégia busca garantir a harmonia entre a produtividade agrícola, a conservação do meio ambiente e o desenvolvimento socioeconômico, consolidando o Cerrado Mineiro como uma referência em agricultura sustentável. Dessa forma, hipotetiza - se que o nível de alta dosagem de correção e adubação do sistema de integração lavoura – pecuária, para a recuperação do solo assegura a sua fertilidade do solo. Objetivou-se avaliar níveis de adubação na produção de milho ou sorgo consorciado com capim marandu em sistemas de integração lavoura pecuária. Também é de suma importância comparar o comportamento dos sistemas com a inclusão de milho ou sorgo, para validar quais das culturas resultam e maior produtividade e lucratividade do sistema.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 IMPORTÂNCIA DA INTEGRAÇÃO LAVOURA PECUÁRIA

A pecuária no Brasil ocorre principalmente em áreas marginais às lavouras, em sistemas bastante extensivos, com margens de lucro relativamente baixas. Por esta razão, o pecuarista tendem a não adubar as pastagens. Além disso, tentando compensar as baixas margens de lucro, também mantém o rebanho acima das taxas de lotação recomendáveis, causando superpastejo, o que, na maioria das vezes, leva à degradação das pastagens (Gil *et al.*, 2015, Figueiredo *et al.*, 2017). Com o tempo, partes dessas áreas de pastagem foram convertidas em cultivos agrícolas,

com práticas avançadas de manejo do solo, incluindo sistemas de plantio direto, que melhoram muito a fertilidade e resolvem problemas de erosão.

A perda de áreas de pastagem não foi acompanhada de redução no tamanho do rebanho bovino, indicando maiores taxas de lotação devido à tendência ao uso do sistema de confinamento (Esteves *et al.*, 2017). Assim, para manter os ganhos, é necessário desenvolver sistemas sustentáveis com produção integrada para otimizar o uso da terra, obtendo diferentes produtos na mesma área (Silva *et al.*, 2015). Nesse cenário, o uso de sistemas integrados lavoura-pecuária (ILP) é uma boa opção de manejo do solo, não apenas para restaurar pastagens degradadas (Figueiredo *et al.*, 2017), mas também para manter a produção de carne bovina e permitir a produção de grãos com melhores práticas agrícolas e vice-versa. Esses sistemas envolvem cultivo simultâneo, sequencial ou rotacional na mesma área, com manejo de plantio direto para otimizar o uso de insumos e máquinas agrícolas. Tais sistemas otimizam os ciclos biológicos, consequentemente aumentando os rendimentos (Franzluebbers e Stuedemann, 2014, Salton *et al.*, 2014). Esses sistemas também podem aumentar a renda dos pequenos agricultores e melhorar as condições sociais nas áreas rurais e diminuir os impactos ambientais, aumentando a sustentabilidade (Pariz *et al.*, 2017). O estabelecimento de ILPs é uma alternativa promissora para melhorar a sustentabilidade da agricultura (Paolotti *et al.*, 2016), especialmente no que diz respeito às mudanças climáticas e à volatilidade dos preços de commodities e insumos (Lemaire *et al.*, 2014).

No Brasil, os sistemas ILP's geralmente combinam o cultivo tradicional de soja, semeado em outubro, como cultura de verão, seguido de milho como cultura inter-sazonal, com uso emergente de pastagem de gado sobre resíduos da cultura do milho (Gil *et al.*, 2015) ou sob outras sistemas de criação variável (Balbino *et al.*, 2012).

Além disso, a capacidade de cultivar culturas para produzir biocombustíveis em terras marginais pode ajudar na recuperação de áreas degradadas, tornando-as produtivas novamente e reduzindo a pressão para limpar a vegetação nativa para novas terras agrícolas (Alemão *et al.*, 2011). Os produtos desses sistemas de produção também são commodities importantes e, portanto, essenciais para a economia brasileira, uma vez que o país é um player global também nos mercados de milho (USDA, 2017) e carne bovina (FAS/USDA 2016).

Cobucci *et al.* (2007) e Balbino *et al.* (2011) confirmam o potencial econômico do ILP em substituição a pastagens degradadas, melhorando a produtividade do gado. No entanto, apesar dos altos rendimentos e do atraente rendimento líquido do ILP's, as taxas de adoção desses sistemas ainda são baixas, uma vez que os custos de implementação e manutenção são

muito mais elevados do que os sistemas pecuários tradicionais.

Na maior parte do Brasil, onde a pecuária é predominantemente baseada em áreas de pastagens, há uma necessidade crucial de conservação de forragens/alimentos, especialmente durante as épocas secas do ano. Nesses períodos, devido à escassez de água ou às baixas temperaturas, as espécies de capins não conseguem produzir forragem suficiente para sustentar o rebanho. Nestes sistemas de produção, a introdução de milho e/ou sorgo pode resultar em uma significativa produção de alimentos dentro da propriedade rural. Além de fornecer grãos de alto valor energético, essas culturas podem aumentar a disponibilidade de forragem na propriedade através da produção de silagem, feno, corte verde ou pastoreio, quando semeadas em consórcio com forrageiras tropicais perenes. Posteriormente, isso pode elevar a capacidade de suporte das áreas de pastagens recuperadas (após a colheita da cultura), oferecendo pastagem de alta qualidade nutricional para o gado durante o período crítico do ano, como a seca. As possibilidades de combinações entre diferentes culturas e a atividade pecuária, seja de carne, leite, bovina, caprina ou ovina, são vastas. A seleção das atividades e espécies vegetais nos sistemas de produção integrados é determinada pelas características edafoclimáticas da propriedade, demandas de mercado, logística para aquisição de insumos e venda da produção, além do interesse e capacidade de investimento do produtor. É importante ressaltar que a complexidade do sistema aumenta conforme mais atividades ou culturas são integradas. Nesse sentido, a orientação de técnicos especializados pode ser fundamental para que o produtor alcance o sucesso na implementação da Integração Lavoura-Pecuária (ILP) em sua propriedade. (GONTIJO NETO, *et al.* 2018).

2.2 CULTURA DO MILHO (*Zea mays* L.)

Na região do Cerrado, é frequente a prática do plantio de culturas anuais nas safras principais e secundárias durante o período chuvoso, em conjunto com pastagens consorciadas, visando aprimorar o suprimento de alimento para os animais durante a estação seca. Esse modelo de exploração oferece diversas vantagens, incluindo a melhoria das propriedades físicas, químicas e biológicas do solo; interrupção dos ciclos de doenças; diminuição da infestação de insetos-praga e plantas daninhas; e redução nos custos de recuperação e renovação das pastagens. (Vilela & Martha Júnior *et al.*, 2011).

De uma maneira geral, a cultura do milho tem se destacado nas consorciações com capins devido ao seu rápido crescimento inicial e porte elevado, o que facilita a competição com os demais componentes. Além disso, no caso da colheita de grãos, o milho permite a

utilização de colheita mecanizada. A isso se acrescenta a disponibilidade de um amplo número de cultivares comerciais adaptadas às diversas regiões do Brasil, o que possibilita o cultivo dessa cultura em todo o país, do norte ao sul. Em regiões onde o clima favorece o plantio do milho, ele tem sido recomendado para integrar o sistema, pois se adapta bem tanto às gramíneas forrageiras quanto à presença de componentes arbóreos. (Zeosa *et al.*, 2011; Silva *et al.*, 2018). Neste sentido, a cultura é particularmente interessante para a formação de sistemas consorciados com forrageiras tropicais perenes (capins), sendo o seu sistema de produção bem difundido entre os produtores.

A altura em que a espiga do milho se insere permite uma colheita mecanizada sem grandes complicações, pois a regulação mais elevada da plataforma reduz os riscos de entupimento. Além disso, com a disponibilidade de herbicidas graminicidas pós-emergentes seletivos para o milho, é possível obter excelentes resultados no consórcio de milho com capim. A cultura do milho também oferece a flexibilidade de trabalhar com diferentes espaçamentos. Atualmente, a tendência é reduzir o espaçamento entre as fileiras de milho para melhorar a utilização da luz, água e nutrientes, além de aumentar a capacidade de competição das plantas de milho. No consórcio com forrageiras, a redução do espaçamento também tem a vantagem de estabelecer um pasto mais densamente coberto, especialmente quando as sementes da forrageira são semeadas apenas nas linhas de plantio do milho. A escolha do espaçamento adequado para o consórcio deve levar em consideração a disponibilidade de máquinas tanto para o plantio quanto para a colheita (GONTIJO NETO, *et al.* 2018).

No que se trata da produção de forragem, as culturas de milho e sorgo forrageiro, tanto em cultivo único quanto em consórcio com capins, sobressaem-se em comparação com outras culturas para a produção de forragem. Isso se deve ao seu potencial de produzir uma grande quantidade de forragem com alto valor nutritivo, resultando em uma fermentação ótima no silo, frequentemente sem a necessidade de inoculantes ou aditivos adicionais. Além disso, produzem silagem com boa palatabilidade, sendo capazes de gerar uma quantidade substancial de energia digestível por unidade de área. (GONTIJO NETO, *et al.* 2018).

Neste contexto de Integração Lavoura-Pecuária (ILP), entre as várias espécies forrageiras, anuais ou perenes, que podem ser usadas como culturas principais, destacam-se o milho (*Zea mays* L.) e o sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench), devido às suas características adequadas ao processo de ensilagem. O milho é amplamente preferido para essa finalidade devido ao seu maior valor nutritivo, maior produção de massa de grãos e maior teor de amido na silagem. (Zeoula *et al.*, 2003; Santos *et al.*, 2017).

Gomes *et al.* (2021) observaram em um estudo que os consórcios não interferiram na produtividade do milho para silagem, sendo que a silagem proveniente do consorcio com o feijão guandu apresentou maior concentração de proteína bruta, evidenciando que a modalidade do sistema integrado de produção agropecuária da cultura do milho com braquiárias e feijão guandu constitui alternativa para aumentar o teor de proteína do material ensilado e proporcionar maior diversidade da forragem remanescente.

2.3 CULTURA DO SORGO (*Sorghum bicolor* L. Moench)

Segundo Neumann *et al.* (2002) O sorgo apresenta características fenotípicas que facilitam a semeadura, manejo, colheita e armazenamento, além de possuir um valor nutritivo adequado e carboidratos solúveis essenciais para a fermentação láctica. Além disso, o sorgo é considerado uma alternativa viável para a produção de silagem, especialmente em regiões onde as condições edafoclimáticas limitam o cultivo e o potencial produtivo do milho, especialmente na segunda safra (MOREIRA *et al.*, 2005). Já Alvarenga (2011) destaca que o sorgo tem se mostrado uma excelente opção para a produção de grãos e forragem em situações em que o déficit hídrico e as condições de baixa fertilidade do solo representam maiores desafios para outras culturas.

Apesar de apresentar um valor nutritivo inferior ao milho, o sorgo destaca-se no potencial para ensilagem, atribuindo-se isso, em grande parte, ao seu elevado teor de carboidratos solúveis. Essa característica contribui para uma fermentação adequada no interior do silo, conforme ressaltado por Vizago (2002) no sorgo o ponto ideal para a ensilagem ocorre quando a planta forrageira atinge de 28 a 35% de matéria seca (MS), conforme indicado por Ferreira (2011), fase que coincide com a máxima qualidade nutricional.

Dessa forma, a cultura do sorgo tem despertado interesse, especialmente nos processos de implantação, renovação ou recuperação de pastagens degradadas. Visto que a cultura consegue antecipar o início do pastejo após a semeadura, além de aprimorar o aproveitamento da adubação residual. Nessa abordagem, o cultivo do sorgo é frequentemente associado a uma gramínea forrageira, seja na produção de silagem ou nos primeiros períodos de pastejo, conforme destacado por Fernandes *et al.* (2004).

2.4 QUALIDADE DOS CONSÓRCIOS DE MILHO COM CAPIM E SORGO COM CAPIM

Além da diversificação das atividades e benefícios aos solos degradados, os sistemas integrados podem também ser utilizados na produção de silagem, evitando a escassez de alimentos durante a entressafra forrageira. De acordo com Millen *et al.* (2009), a silagem representa 67,7% da escolha dos nutricionistas a ser utilizada como fonte primária de volumoso, sendo que a silagem de milho é a mais utilizada, representando 38,10% deste total. Tradicionalmente, dentre as forrageiras utilizadas com o propósito de ensilagem, o milho é a que mais se destaca, sobretudo em razão do seu valor nutritivo e da boa produção de massa por unidade de área plantada (ZEOULA *et al.*, 2003).

Os benefícios oriundos do consórcio são obtidos quando existe um efeito residual e acumulativo, em cerca de quatro ou mais anos consecutivos, o que explica o resultado apresentados por Mechi *et al.* (2016). Além de ser muito competitivo, o sorgo como planta dominante no consórcio apresenta crescimento inicial mais rápido que as plantas forrageiras, apresentando baixa concorrência das gramíneas (PEREIRA *et al.*, 2016).

Pereira *et al.* (2016) também verificaram que a produção conjunta de sorgo com outras gramíneas forrageiras não interferiu no seu rendimento de massa seca de colmos, folhas, panícula e planta inteira. Para Timossi *et al.* (2007), isso é vantajoso, pois, além da cultura do sorgo, é possível ainda obter o aproveitamento das forrageiras para a alimentação animal ou como palhada para o sistema de plantio direto. Apesar disso, é importante planejar quais cultivares serão associadas, sucedidas e rotacionadas, como forma de garantir a sustentabilidade do sistema (Parizi *et al.*, 2009).

Miranda (2021) verificou que a silagem do consórcio de sorgo granífero com capim-paiaguás e guandu anão proporcionou a melhor qualidade de silagem com maiores teores de proteína bruta (11,3%), menores teores das frações fibrosas e lignificadas, e maior digestibilidade da forragem.

2.5 INFLUÊNCIA DA FERTILIDADE DE SOLOS EM SISTEMAS INTEGRADOS

De acordo com Simões (2014) na sucessão de lavoura-pastagem conduzida sob semeadura direta, é frequente realizar a adubação na lavoura, com a expectativa de que a pastagem seja beneficiada pela "adubação residual" da fase anterior. No entanto, negligenciar a adubação do pasto pode comprometer o desempenho da vegetação e consequentemente afetar

os animais. Além disso, essa prática representa um sério risco para a capacidade de conservação da fertilidade dessas áreas, uma vez que o esgotamento da fertilidade do solo pode levar à degradação da pastagem e, em última instância, à degradação do solo.

Os fundamentos da adubação do sistema integrado foram destacados por vários autores (SANDINI *et al.*, 2011; SOARES *et al.*, 2015; ASSMANN *et al.*, 2018). Esses estudos salientaram diversos aspectos, incluindo o incremento na produção animal em decorrência do aumento na quantidade e qualidade da massa de forragem, a manutenção da cobertura do solo para atender aos princípios do plantio direto, o maior aproveitamento dos nutrientes pelas plantas, resultando em reduções significativas de perdas por lixiviação e contaminação dos recursos hídricos.

Em regiões subtropicais, onde os Sistemas Integrados de Produção Agropecuária (SIPA) caracterizam-se pela presença da pastagem durante o inverno, Soares *et al.* (2015) ressaltaram benefícios adicionais dessa estratégia de adubação, como a redução dos custos dos fertilizantes nitrogenados e a minimização das perdas de nitrogênio por volatilização, atribuídas às temperaturas e radiações amenas nessa época do ano. Resultados observados por Sartor *et al.* (2014) indicaram um aumento na produtividade do milho com a aplicação de adubação nitrogenada na pastagem.

Tendo em vista que o nitrogênio assume papel fundamental como o principal nutriente para as gramíneas, integrando as moléculas primárias das proteínas e contribuindo diretamente para o aumento imediato na produção de forragem, em solos carentes desse elemento, observa-se um crescimento vegetal mais lento, plantas de menor porte, com reduzido número de perfilhos e teores insuficientes de proteína bruta para atender às necessidades alimentares dos animais. (Herling & Luz, 2001).

A aplicação de adubação nitrogenada desencadeia um rápido crescimento vegetal, resultando em maior acúmulo de biomassa por unidade de área e consequentemente promove um aumento na produção animal. Em estudos desenvolvidos por Moreira (2000) ao avaliar a produção primária (primeira produção após a formação do pasto) e secundária (rebrote após o primeiro pastejo) da pastagem de *Urochloa decumbens* cv. Basilisk (capim-braquiária) adubada com quatro doses de nitrogênio (75, 150, 225 e 300 kg/ha de N) e manejada sob lotação variável para manter a altura média do pasto em cerca de 20 cm, observou-se que os pastos adubados com doses mais elevadas de nitrogênio apresentaram uma maior taxa de crescimento e, consequentemente, um acúmulo de forragem superior. Isso possibilitou o aumento da taxa de lotação da pastagem para manter a altura média do pasto conforme a meta estabelecida,

resultando em uma produção animal superior por unidade de área. A adubação potássica deve ser fornecida à planta devido sua forte influência na produção de MS, principalmente em sistemas intensivos, onde do total extraído mediante pastejo (Vilela, 2009). Sua aplicação favorece o perfilhamento influenciando positivamente a quantidade de MS a ser produzida por área (Souza *et al.*, 2007). Conforme observado por Costa *et al.* (2008) a interação entre o potássio e o nitrogênio resultou em um aumento significativo nos teores de nitrogênio nos tecidos foliares da *U. brizantha*. Esse aumento é de suma importância devido às funções essenciais desempenhadas pelo potássio no metabolismo vegetal. No mesmo estudo, a aplicação do potássio resultou em um incremento na concentração do nutriente nos tecidos foliares, mesmo em condições em que os teores de potássio no solo eram elevados. Esse fenômeno contribuiu para uma maior exportação de potássio e, conseqüentemente, facilitou a absorção desse elemento pelos animais. Os autores Mattos & Monteiro (1998) observaram que o incremento nas doses de potássio na solução nutritiva provocou aumento no rendimento de matéria seca da parte aérea da planta e das raízes do capim *U. brizantha*.

O fósforo é exigido em quantidades menores pelas plantas em comparação com o nitrogênio e o potássio, mas ainda assim é o nutriente mais demandado em práticas de adubação no Brasil. Essa demanda mais elevada se deve à sua baixa disponibilidade no solo, agravada pela intensa interação com as partículas de argila, o que diminui sua absorção pelas plantas (Fageria *et al.*, 2004).

Conforme observado por Galetto *et al.* (2014), a adubação com fósforo em SIPA durante a fase de pastagem não apenas aprimora a qualidade da forragem, mas também beneficia o rendimento do milho em sucessão. Os resultados apresentados estão correlacionados com os impactos do pastejo na ciclagem desses nutrientes. Conforme destacado por Simões *et al.* (2014), áreas submetidas ao pastejo favorecem o incremento na ciclagem do fósforo, aumentando os estoques nas formas lábeis desse nutriente para posterior aproveitamento pelas culturas de grãos. Os autores Lima *et al.* (2007), Politi & Prado (2009) e Santos *et al.* (2012) evidenciaram que a aplicação de adubação fosfatada desempenha um papel significativo no aumento da produção de matéria seca de forragem por unidade de área. Essa prática também resultou em um incremento na capacidade de rebrote e no perfilhamento das pastagens, conforme observado pelos autores (Patês *et al.*, 2007; Benício *et al.*, 2011). Além disso, estudos conduzidos por Krolow *et al.* (2004) destacaram que o uso da adubação fosfatada promove melhorias na qualidade nutricional da forrageira destinada aos animais. Essas constatações ressaltam a importância do uso da adubação fosfatada para aprimorar a eficiência produtiva do

rebanho, resultando em uma maior rentabilidade para a atividade pecuária.

A calagem, prática essencial na agricultura, onde utiliza-se o calcário agrícola como principal insumo para corrigir o pH do solo (SANTOS *et al.*, 2018), neutralizando elementos como Alumínio, Ferro e Manganês, enquanto aumenta a disponibilidade de cálcio e magnésio. Essa prática contribui para o crescimento das raízes das plantas, otimizando a produtividade das forrageiras e influenciando positivamente na eficiência do uso de fertilizantes (CAIRES *et al.*, 2016). Segundo Leal *et al.* (2021), o pH é um dos atributos físico-químicos do solo mais descritos por influenciar as diferentes comunidades microbianas que habitam os solos. A calagem consegue influenciar o aumento da mineralização da matéria orgânica e beneficiamento da fixação simbiótica de nitrogênio já que são processos mediados por bactérias consideradas basófilas (MICHEREFF *et al.*, 2005).

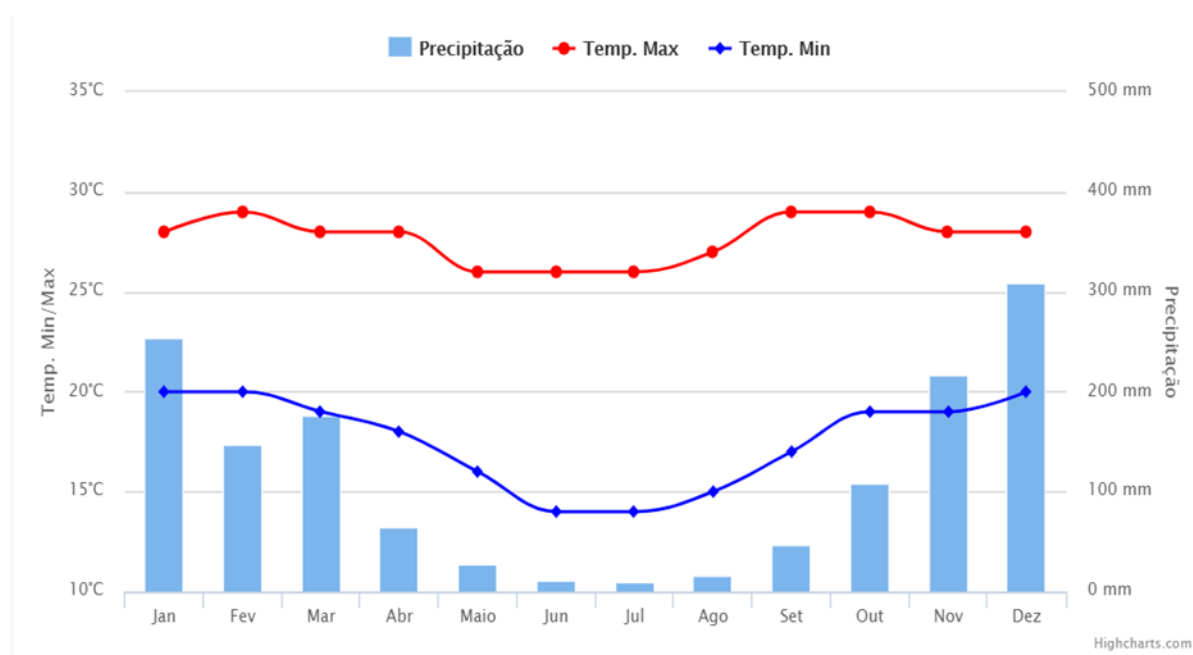
Estudos indicam que a dosagem de calcário impacta diretamente na produção de matéria seca das forrageiras. Estudos realizados por Biazatti *et al.* (2020) evidenciaram aumento de 55% na produção com a dose de 12 t ha⁻¹ em comparação à dose 0, embora doses menores (3 e 6 t ha⁻¹) tenham proporcionado melhores resultados para atributos químicos do solo. De acordo com os autores Fageria *et al.* (2010) e Prado & Natale (2008) a elevação a disponibilidade de Ca²⁺ e Mg²⁺, resulta na mudança entre o balanço das concentrações de H⁺ e OH⁻ em razão das mudanças do pH, precipitação de Al³⁺, decomposição da MO e aumento da disponibilidade de N mineral e de P. O cálcio é um nutriente extremamente importante para as plantas, sendo responsável por funções como atuar na formação do pectato de cálcio, presente na lamela média da parede celular, na germinação do grão de pólen e no crescimento do tubo polínico (FAQUIN, 2005).

A deficiência de cálcio (Ca) resulta na redução do crescimento dos tecidos meristemáticos e na hidrólise de substâncias pécticas, sendo inicialmente observada nos órgãos em crescimento e nas folhas novas (MARSCHNER, 2012). Por outro lado, o magnésio (Mg) absorvido pelas plantas é um componente estrutural da clorofila, sendo fundamental para o processo físico-químico da fotossíntese. O magnésio constitui o átomo central da molécula de clorofila, correspondendo a cerca de 2,7% do peso molecular da clorofila. Dependendo do estado nutricional, entre 6 e 25% do magnésio total das plantas está ligado à clorofila (MARSCHNER, 2012). Além disso, o magnésio desempenha um papel essencial nos mecanismos de defesa das plantas contra condições de estresse abiótico (SENBAYRAM *et al.*, 2015). Em um estudo conduzido por Lange *et al.* (2022), foi observado um aumento nos teores de magnésio no solo com o aumento da dose de calcário aplicada. No entanto, no tecido foliar

das plantas de soja, as diferentes doses de calcário tiveram pouca influência no teor desse nutriente. A adubação desempenha um papel crucial nos sistemas de integração, promovendo a sustentabilidade e a eficiência produtiva. Estudos destacam que a reposição adequada de nutrientes, especialmente em SIPA, é fundamental para o aumento da produção animal e vegetal. A adubação contribui não apenas para o incremento na quantidade e qualidade da forragem, mas também para a manutenção da cobertura do solo e a otimização da absorção de nutrientes pelas plantas. Em resumo, a adubação emerge como um elemento essencial para potencializar a eficiência e sustentabilidade dos sistemas de integração.

3 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Fazenda Capim de Cheiro no município Paraopeba – MG, Brasil, localizada nas coordenadas 19°14'51.10"S de latitude e 44°37'22.25"O de longitude. O clima da região de acordo com a classificação de Köppen, é do tipo tropical de altitude (Cwa). Esse tipo de clima é caracterizado por apresentar verões quentes e úmidos, com temperatura média superior a 22°C, e invernos ameno e secos, com média acima de 18°C. As chuvas são bem distribuídas ao longo do ano, com um período de estiagem menos pronunciado, com precipitação pluviométrica média anual entre 1.200 e 1.400 mm (EMBRAPA, 2012). O solo da área experimental é do tipo Latossolo, segundo classificação da Embrapa (2013). O



período experimental ocorreu no período de maio de 2022 a outubro de 2023.

Figura 1- Dados meteorológicos de Paraopeba – MG

Foram utilizadas duas culturas agrícolas sendo uma o milho K7510 VIP3 da KWS e a outra cultura o sorgo BRS 658 da KWS, consorciado com o Capim *Urochloa brizantha* cv. marandu, da empresa Gerplant. O delineamento experimental foi em blocos casualizados em esquema fatorial de 2×2 , onde foram testados dois níveis de adubação (onde na alta dose foram utilizados: 3,0 toneladas/ha de Calcário Dolomítico, 180 kg/ha de Fosfato Monoamônico e 50 kg/ha de cloreto de potássio e para a baixa dose foram utilizados: 1,5 toneladas/ha de Calcário Dolomítico, 120 kg/ha de Fosfato Monoamônico e 50 kg/ha de Cloreto de potássio) e dois tipos de lavoura (Milho ou Sorgo em consórcio com *Urochloa brizantha* cv. Marandu), com quatro repetições. A área destinada a pesquisa experimental compreende em quatro hectares, sendo um hectare por tratamento para a avaliação dos custos, e dentro de cada área destinada foram delimitados dois transectos lineares e paralelos dentro de cada hectare, cada um com aproximadamente 100 metros de comprimento, separados por 20 metros, com pontos espaçados a cada 10 metros. Para as avaliações da forragem, foi utilizado o método de dupla amostragem adaptada (Haydock e Shaw, 1975) coletando as amostras nos pontos aleatórios pré-determinados nos transectos para a avaliação de cada consórcio.

Os tratamentos consistiram em dois níveis de adubação, sendo o nível 1, alta correção da fertilidade e o nível 2, sendo baixa correção da fertilidade. Sendo assim o T1 - Milho K7510 + *Urochloa brizantha* cv. Marandu com alta dose da adubação; T2 - Sorgo BRS 658 + *Urochloa brizantha* cv. Marandu com alta dose da adubação; T3 - Milho K7510 + *Urochloa brizantha* cv. Marandu com baixa dose de adubação; T4 - Sorgo BRS 658 + *Urochloa Brizantha* cv. Marandu com baixa dose de adubação.

Para análise de solo, foram realizadas coletadas das amostras na profundidade de 0 – 20 cm com auxílio de um trado, sendo coletadas dez amostras simples por hectare para obtenção de uma amostra composta, após homogeneização foi retirado uma porção de aproximadamente 0,800 kg para armazenamento em sacos plásticos identificados, e posteriormente destinado a análise das características físicas e químicas do solo no Laboratório de análise de solo, pertencente a Universidade Federal da Paraíba, Campus II, localizado na cidade de Areia - Paraíba. As recomendações foram realizadas, seguindo o manual de Ribeiro (1999), sobre as recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais, 5ª Aproximação, da Universidade Federal de Viçosa.

O solo trata-se de um latossolo vermelho-amarelo, fase cerrado típico, cuja fração argila é predominantemente composta por gibbsita, caulinita, e óxidos de ferro (Chapuis-Lardy *et al.*, 2002). De acordo com a análise física a amostra possuía antes da implantação dos sistemas ILP,

em média, na camada de 0–20 cm, 59,99% de argila, 30,0% de silte, 10,1% de areia e 1,87% de matéria orgânica.

Os níveis de fósforo e potássio foram determinados por meio do extrator mehlich ⁻¹, que utiliza uma mistura de ácido clorídrico e ácido sulfúrico. Esta solução solubiliza o fósforo pelo efeito do pH ácido. Já para se obter o nível da acidez potencial foi utilizado o extrator Acetato de Cálcio 0,5 M pH 7,0. Para a obtenção dos níveis de Alumínio, Cálcio e Magnésio pelo extrator de Cloreto de Potássio (KCl) 1M. Já para obtenção dos níveis da matéria orgânica foi obtido pela metodologia de Walkley-Black.

As interpretações da análise de solo antes da correção foram efetuadas segundo Ribeiro (1999), no livro de recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais. Para a variável do potencial Hidrogeniônico (pH) foi obtido o valor de 4,8, sendo classificado como Acidez elevada; para a variável de fósforo (P) foi observado o valor de 2,68 mg/dm³, para a classificação quanto a disponibilidade é considerado a quantidade de argila presente no solo, neste caso o solo é classificado como argiloso, portanto a disponibilidade de fosforo é classificada como baixa.

De acordo com Santos (2009) pH nesta faixa, se torna limitada a eficiência dos outros nutrientes, como por exemplo, o fósforo que pode ter uma eficiência de só 30% dependendo do pH e tipo de solo. Para a variável de potássio (K⁺) foi obtido o valor de 67,78 mg/dm³ que é classificado como disponibilidade média; já a acidez potencial (H⁺+Al³⁺) esta classificada com alta, esta variável corresponde a quantidade de íons de hidrogênio e alumino retidos na superfície do solo; no alumino foi encontrado o valor de 1,30 Cmolc/dm³ e está classificado como alta presença no solo, e por sua vez a saturação de alumínio também está alta, pois corresponde 47,27%. Esta saturação é um dos indicadores químicos que o solo está ácido e podendo causar toxidade nas plantas; para o cálcio o valor encontrado foi de 0,55 Cmolc/dm³ e com esse valor a cálcio esta classificado como baixa disponibilidade; o magnésio foi observado disponibilidade média, pois possui o valor de 0,72 Cmolc/dm³; a Soma de Bases (SB) que corresponde a soma dos nutrientes (cálcio, magnésio e potássio) esta classificada como baixa, com um valor 1,45 Cmolc/dm³; a Capacidade de trocas catiónicas (CTC) a pH 7,0 esta classificada como média e o valor encontrado na análise da Matéria Orgânica foi de 18,76 g/kg, que esta classificado como média dentro da classificação utilizada para a interpretação da análise de solo.

Tabela 1. Atributos químicos do solo na profundidade de 0 a 20 cm antes da instalação do experimento.

pH	P	K ⁺	H ⁺ +Al ³⁺	Al ³⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	SB	CTC	MO	V%
H ₂ O (1:2,5)	--- mg/dm ³ ---		----- Cmol _c /dm ³ -----		-----		-----		- g/kg -	%
4,8	2,68	67,78	5,45	1,30	0,55	0,72	1,45	6,90	18,76	21,01

pH: Potencial hidrogeniônico; P= Fósforo; K⁺: Potássio; Na⁺: Sódio; H⁺+Al³⁺: Acidez potencial; Al³⁺: Alumino; Ca²⁺: Cálcio; Mg²⁺: Magnésio; SB: Soma de base; CTC: Capacidade de Troca Catiônica; M.O: Matéria Orgânica; V%: Saturação por Bases

A correção da acidez foi realizada 90 dias antes do plantio com a utilização de calcário dolomítico, com o intuito do mesmo poder reagir na estrutura do solo e assim corrigir a saturação por bases para 70% e 60% e neutralização do pH, para o tratamento de alta e baixa dose de adubação, respectivamente. Para o tratamento com alta dose de adubação foi utilizado: 3,0 toneladas/ha de Calcário Dolomítico, 180 kg/ha de Fosfato Monoamônico, 50 kg/ha de Cloreto de Potássio e 100 kg/ha de Ureia. Para o tratamento de com baixa dose de adubação foram utilizados: 1,5 toneladas/ha de Calcário Dolomítico, 120 kg/ha de Fosfato Monoamônico, 50 kg/ha de Cloreto de Potássio e 100 kg/ha de Ureia.

Logo em seguida a calagem foi feito a incorporação do mesmo ao solo, com o auxílio de uma grade de aradora acoplada a um trator. Após os 90 dias da correção foi realizado o plantio do capim *Urochloa Brizantha* cv. Marandu, sendo utilizado 10 kg/ha de sementes comercial, e com o auxílio de um trator acoplado com um cone de distribuição de adubo e sementes, onde o plantio das sementes de capim foi realizado a lanço com 20% da adubação fosfatada sugerido para os tratamentos e com a utilização de uma gradagem leve para incorporação ao solo, com uma profundidade em média 5 cm. Imediatamente após o plantio do capim, foi realizado o plantio do milho e do sorgo, com 20 e 10 kg/ha de sementes comercial, respectivamente, e com a utilização de uma plantadeira com quatro (4) linhas, onde os 80% da adubação fosfatada foram distribuídos no sulco de plantio. Durante o plantio a plantadeira foi regulada para que a cada metro linear fossem distribuídas 5 e 12 sementes, para milho e sorgo, respectivamente com o espaçamento entre linhas de 0,8 metros.

Quando as culturas, milho e sorgo, alcançaram as quatro primeiras folhas desenvolvidas, ocorreu a aplicação da adubação potássica e nitrogenada, a lanço utilizando-se o mesmo cone usado na distribuição de sementes de capim, assim como o monitoramento da ocorrência de alguma infestação de praga e/ou doenças que acometessem as culturas implantadas. Não foi observada a infestação de pragas ou doença, e assim não necessitou intervenção com inseticida.

Para as avaliações dos tratamentos, foi utilizado o método de dupla amostragem

adaptada por transecto (Haydock e Shaw, 1975) coletando-as a cinco centímetros do solo, e cada coleta contemplou 1,0 m linear de forragem na linha de semeadura da planta, enquanto o capim foi coletado na entre linha central da cultura de amostragem, a cinco centímetros do solo. A colheita foi realizada quando as culturas estavam com 110 dias da data de semeadura. Após a coleta, as amostras foram levadas para a casa de apoio, armazenadas em sacos plásticos identificadas, pesadas em seguidas, separadas duas alíquotas, de aproximadamente 500g, que foram destinadas para separação em planta inteira e componentes morfológicos (folha verde, folha senescente, colmo + bainha e material morto). Os componentes morfológicos foram pesados, armazenados em sacos de papel identificados, e posteriormente secas em estufa de ventilação forçada (55 ± 5 °C por 72 horas), em seguida, foram pesadas novamente para posteriores cálculos.

Para determinação do percentual de massa seca (% MS), foi utilizada a relação entre a massa seca e massa verde, onde foi utilizado esse valor para calcular os componentes morfológicos de produção de matéria seca (PMS), produção de matéria verde (PMV) (kg/ha), percentagem de lâmina (% lâmina), percentagem de colmo (% colmo) relação folha colmo (%). Pela multiplicação entre o número de metros lineares da área e a massa de forragem por metro linear, observou-se a estimativa da massa de forragem na área, sendo posteriormente convertida em produção de matéria verde e matéria seca por hectare.

Para determinação do tamanho da altura da planta, diâmetro do colmo, tamanho médio das folhas, tamanho da espiga/panícula foi obtido com o auxílio de uma fita métrica de cinco metros, sendo feito a determinação dos tamanhos em centímetros para as variáveis, exceto a altura da planta que foi determinada na unidade de metro. O número de folhas foi determinado com a contagem das mesmas dentro das amostras avaliadas.

No final da época das chuvas, em abril de 2023, foi realizado a coleta de solo, onde foram coletadas duas amostras compostas onde cada uma advinda de dez amostras simples da camada de 0-20 cm, dentro de cada transectos determinados no plantio da área, para assim obter o efeito residual da adubação após um ciclo do consórcio e observar as alterações a curto prazo da estrutura do solo.

Para a determinação dos custos de implantação foi realizado o orçamento na cidade de Paraopeba – MG, no período de junho de 2022 e assim foi definido os custos com insumos e sementes para a implantação de 1 hectare de cada tratamento. Os custos com maquinários foram determinados ao final da implantação com a verificação do tempo gasto com cada etapa de preparo e implantação do sistema.

4 ANÁLISES ESTATÍSTICAS

Os dados foram verificados quanto à normalidade utilizando o procedimento software R versão (022.12.0+353). Usando os pacotes *tidyverse*, *stats* e *broom.*, seguido de ANOVA usando o procedimento MIXED. Quando houve interação entre os fatores, as médias foram desdobradas. A comparação das médias foi feita pelo teste F ou Fischer ($P < 0,05$).

Os dados foram analisados usando o modelo matemático:

$$Y_{ijk} = \mu + C_i + A_j + (CA)_{ij} + b_k + \epsilon_{ijk}$$

onde:

C_i = efeito do nível i do fator C

A_j = efeito do nível j do fator A

$(CA)_{ij}$ = efeito da interação do nível i do fator C com o nível j do fator A

b_k = efeito do bloco K

ϵ_{ijk} = erro experimental ou desvio

5 RESULTADOS

Para a avaliação da produção de matéria verde ($P=0,656$), matéria seca ($P=0,654$) e teor de matéria seca ($P=0,273$) (tabela 2), não foi observado efeito da interação entre o consórcio e os níveis de adubação. No entanto houve efeito isolado nos níveis de adubação para as variáveis de matéria verde e matéria seca, (56.179,87 e 17.093, 51 kg/ha), respectivamente, ($P<0,001$), com o maior valor médio observado para a alta dose de adubação, para enquanto comparando os consórcios, não foi observado diferença significativa ($P>0,05$).

Tabela 2. Produção de matéria verde e seca e o teor de matéria seca por hectare dentre os consórcios de milho com capim e sorgo com capim avaliando diferentes níveis de adubação.

Consortio (C)	Adubação		Média	EPM	P-valor		
	Baixa dose	Alta dose			A	C	A×C
Produção de matéria verde (PMV) (kg/ha)							
Milho com capim	26.359,37	51.765,62	39.062,50	2441,11	<0,001	0,065	0,656
Sorgo com capim	31.993,75	60.578,12	46.285,93				
Média	29.176,56 b	56.179,87 a					
Produção de matéria seca (PMS) (kg/ha)							
Milho com capim	8.926,76	15.908,46	12.417,61	735,03	<0,001	0,102	0,654
Sorgo com capim	10.334,37	18.278,57	14.306,47				
Média	9.630,56 b	17.093,51 a					
Teor de Matéria Seca (g/kg MN)							
Milho com capim	30,3	26,3	28,3	1,32	0,755	0,798	0,273
Sorgo com capim	27,9	30,1	29,0				
Média	29,1	28,2					

EPM = Erro padrão da média; A = adubação, C = consórcio; A x C = adubação vs consórcio; Médias seguidas por letras maiúsculas distintas nas colunas e minúsculas nas linhas diferem pelo teste F ($P \leq 0,05$).

Para a variável de teor de matéria seca não foi observado efeito estatístico para os consórcios e nem para os níveis de adubação ($P > 0,05$) (tabela 2).

Observou-se interação entre C x A para o percentual de MS ($P < 0,001$), lâmina ($P = 0,028$) e a relação lâmina/colmo ($P = 0,044$), bem que valores superiores foi encontrado no consórcio milho e capim com baixa adubação e para o sorgo e capim quando utilizada alta adubação. Também foi observado interação no percentual de colmo ($P = 0,028$), em que o maior percentual de colmo foi encontrado com alta adubação no consórcio milho e capim (74%) e para o sorgo e capim com baixa dose de adubo (68,7%).

Tabela 3. Percentagem da variável matéria seca, lâmina, colmo e relação lâmina/colmo por hectare do capim dentre os consórcios de milho com capim e sorgo com capim avaliando diferentes níveis de adubação.

Variável	Consórcio (C)	Adubação (A)		Média	² EPM	³ Valor de P		
		Baixa dose	Alta dose			A	C	AxC
Capim								
% MS	Milho com capim	26,7 Aa	22,9 Bb	24,8 B	0,387	<0,001	<0,001	<0,001
	Sorgo com capim	25,1 Bb	26,4 Aa	25,7 A				
	Média	25,9 a	24,6 b					
% <i>Lâmina</i>	Milho com capim	39,2 Aa	26,0 Bb	32,6	1,84	0,093	0,924	0,028
	Sorgo com capim	31,3 Bb	33,3 Aa	32,3				
	Média	35,2	29,6					
% Colmo	Milho com capim	60,8 Bb	74,0 Aa	67,4	1,84	0,093	0,924	0,028
	Sorgo com capim	68,7 Aa	66,7 Bb	67,7				
	Média	64,8 b	70,4 a					
<i>Lâmina</i> /Colmo	Milho com capim	0,664 Aa	0,354 Bb	0,509	0,044	0,095	0,780	0,044
	Sorgo com capim	0,471 Bb	0,504 Aa	0,487				
	Média	0,568 a	0,429 b					
PMV, (kg/ha)	Milho com capim	1.641	4.766	3.203 B	627	<0,001	0,035	0,560
	Sorgo com capim	1.962	6.141	4.052 A				
	Média	1.802 b	5.453 a					
PMS, (kg/ha)	Milho com capim	437	1.092	765	159	<0,001	0,223	0,321
	Sorgo com capim	493	1.612	1.052				
	Média	465 b	1.352 a					

PMV: Peso de Matéria Verde; PMS: Peso de Matéria Seca. Médias seguidas por letras maiúsculas distintas nas colunas e minúsculas nas linhas diferem pelo teste F ($P \leq 0,05$); EPM = Erro padrão da média; A = adubação, C = consórcio; A x C = adubação vs consórcio.

Não foi observado efeito de interação entre Consórcio x Adubação para a PMV e PMS, no entanto, observou-se efeito isolado da adubação ($P < 0,001$) com valores superiores encontrados nos consórcios de alta adubação apresentado valores médios de 5.453 e 1.353 kg/ha para PMV e PMS, respectivamente. Houve efeito de consórcio ($P = 0,0353$) com valores superiores para o sorgo com capim (4.052 kg/ha) em relação a integração milho com capim (3.203 kg/ha) (tabela 3).

Foi observado efeito de interação entre o consórcio x adubação para a altura da planta ($P = 0,009$) e tamanho de espiga/panícula ($P = 0,011$) (tabela 4). No entanto não foi observado efeito de interação para as variáveis de diâmetro do colmo ($P = 0,073$), número de folhas ($P = 0,660$), tamanho de folha ($P = 0,276$) e número de plantas m/Linear ($P = 0,085$).

Foi observado efeito isolado para o diâmetro do colmo ($P=0,002$) com a maior média para o nível de alta dose de adubação (7,61 cm). Já para a variável tamanho da folha ($P=0,025$) foi observado efeito isolado do consórcio com as maiores médias para o consórcio do milho com capim (68,7 cm), já para o número de plantas teve efeito do consórcio, sendo observado os maiores valores para o sorgo com capim ($P<0,001$), obtendo as médias de 25,9 cm.

Para o número de folhas, houve efeito isolado de adubação ($P<0,001$) e de consórcio ($P=0,021$). Comparando-se os níveis de adubação, o maior número de folhas foi observado para a alta dose de adubação, com a média de 13,1 folhas por planta, enquanto para os consórcios, o maior número de folhas foi observado para o consórcio de milho com capim, com a média de 12,5 folhas por planta.

Tabela 4. Análise morfométrica em consórcios de milho com capim e sorgo com capim sob diferentes níveis de adubação.

Variável	Consórcio (C)	Adubação (A)		Média	² EPM	³ Valor de P		
		Baixa dose	Alta dose			A	C	AxC
Cultura								
Altura da Planta, m	Milho com capim	1,51 Bb	2,62 Aa	2,07 B	0,092	<0,001	0,018	0,009
	Sorgo com capim	1,94 Ba	2,60 Ab	2,27 A				
	Média	1,72 b	2,61 a					
Diâmetro do colmo, cm	Milho com capim	7,08	7,48	7,28	0,165	0,002	0,366	0,073
	Sorgo com capim	6,30	7,74	7,02				
	Média	6,69 b	7,61 a					
Número de folhas	Milho com capim	11,4	13,6	12,5 A	0,371	<0,001	0,021	0,660
	Sorgo com capim	9,75	12,5	11,1 B				
	Média	10,6 b	13,1 a					
Tamanho da folha, cm	Milho com capim	65,3	72,0	68,7 A	1,24	0,065	0,025	0,276
	Sorgo com capim	62,5	64,3	63,4 B				
	Média	63,9	68,2					
Tamanho de espiga/panícula, cm	Milho com capim	12,8 Bb	24,1 Ab	18,5 B	1,26	<0,001	<0,001	0,011
	Sorgo com capim	24,6 Ba	27,2 Aa	25,9 A				
	Média	18,7 b	25,7 a					
Número de plantas m/Linear	Milho com capim	4,75	4,5	4,62 B	0,47	0,293	<0,001	0,085
	Sorgo com capim	9,0	10	9,5 A				
	Média	6,88	7,25					
Número de espiga *	Milho	0,875	1,25	1,06	0,143	0,203	-	-

*apenas para o milho; médias seguidas por letras maiúsculas distintas nas colunas e minúsculas nas linhas diferem pelo teste F ($P\leq 0,05$); EPM = Erro padrão da média; A = adubação, C = consórcio; A x C = adubação vs consórcio.

Já para o tamanho da folha, houve efeito isolado de adubação ($P=0,025$), com maior valor médio observado para a alta dose de adubação (68,7 cm), quando comparando os consórcios, não foi observada diferença significativa ($P=0,065$).

Para a avaliação da análise morfológica (Tabela 5) do milho e do sorgo dentro dos seus respectivos consórcios com capim. Para a percentagem de matéria seca da cultura, não houve interação entre os fatores ($P=0,307$). Houve efeito isolado de adubação ($P<0,001$) e de consórcio ($P=0,002$). Comparando-se os níveis de adubação, a maior percentagem de matéria seca foi observada para a baixa dose de adubação, enquanto para os consórcios, a maior percentagem de matéria seca foi observada para o consórcio de milho com capim.

Tabela 5. Análise morfológica das lavouras em consórcios de milho com capim e sorgo com capim sob diferentes níveis de adubação.

Variável	Consórcio (C)	Adubação (A)		Média	² EPM	³ Valor de P		
		Baixa dose	Alta dose			A	C	AxC
Culturas								
Matéria seca, %	Milho com capim	34,4	31,6	33 b A	0,398	<0,001	0,002	0,307
	Sorgo com capim	32,2	30,6	31,7 B				
	Média	33,6 a	31,1 b					
Folha, %	Milho com capim	20,4	19,4	19,9	0,902	0,019	0,358	0,069
	Sorgo com capim	24,6	17,9	21,3				
	Média	22,5 a	18,7 b					
Colmo, %	Milho com capim	66,3	63,6	65 B	1,12	0,883	0,033	0,244
	Sorgo com capim	68,7	70,8	69,7 A				
	Média	67,5	67,2					
Espiga/Panicula, %	Milho com capim	13,3	17	15,1	1,61	0,180	0,057	0,890
	Sorgo com capim	6,75	11,3	9,03				
	Média	10	14,1					

Médias seguidas por letras maiúsculas distintas nas colunas e minúsculas nas linhas diferem pelo teste F ($P\leq 0,05$); EPM = Erro padrão da média; A = adubação, C = consórcio; A x C = adubação vs consórcio.

Para a percentagem de folha, não houve interação entre os consórcios de milho com capim e sorgo com capim ($P=0,069$). Houve efeito isolado de adubação ($P=0,019$), com maior valor médio observado para a baixa dose de adubação (22,5 %). Para a percentagem de colmo, não houve interação entre os consórcios de milho com capim e sorgo com capim ($P=0,244$).

Houve efeito isolado do consórcio ($P=0,033$), com maior valor médio observado para o consórcio de sorgo com capim (69,7%)

Para a percentagem de espiga/panícula, não houve interação entre os consórcios de milho com capim e sorgo com capim ($P=0,890$).

Não foi observado efeito de interação ($P<0,05$) entre consórcio e adubação para as variáveis pH, P, $H^+ + Al^{+3}$, Ca, Mg, SB, CTC, Mo e V%, (Tabela 6).

Tabela 6. Análise química do solo em sistemas de consórcio de milho com capim e sorgo com capim sob diferentes níveis de adubação.

Variável	Consórcio (C)	Adubação (A)		Média	² EPM	³ Valor de P		
		Baixa dose	Alta dose			A	C	AxC
pH	Milho com capim	6,25	5,90	6,07	0,052	0,053	0,222	0,087
	Sorgo com capim	5,98	5,95	5,96				
	Média	6,11	5,93					
P, mg/dm ³	Milho com capim	2,05	1,47	1,76	0,531	0,100	0,065	0,278
	Sorgo com capim	4,92	2,27	3,59				
	Média	3,48	1,87					
K ⁺ , mg/dm ³	Milho com capim	109,2 Bb	261,3Aa	185,25 A	17,4	<0,001	0,022	<0,001
	Sorgo com capim	130,65 Ba	143,33 Ab	136,99 B				
	Média	119,92 b	202,31 a					
$H^+ + Al^{+3}$, cmol _c /dm ³	Milho com capim	6,15	4,93	5,54	0,328	0,421	0,239	0,566
	Sorgo com capim	5,20	4,77	4,98				
	Média	5,67	4,85					
Ca ⁺² , cmol _c /dm ³	Milho com capim	3,86	3,74	3,8	0,296	0,915	0,212	0,924
	Sorgo com capim	4,62	4,61	4,615				
	Média	4,2	4,175					
Mg ⁺² , cmol _c /dm ³	Milho com capim	0,98	1,15	1,065	0,062	0,601	0,930	0,161
	Sorgo com capim	1,23	1,03	1,13				
	Média	1,1	1,09					
SB, cmol _c /dm ³	Milho com capim	5,21	5,56	5,385	0,351	0,392	0,953	0,691
	Sorgo com capim	6,18	5,92	6,05				
	Média	5,965	5,74					
CTC, cmol _c /dm ³	Milho com capim	11,53	10,67	11,1	0,238	0,834	0,131	0,866
	Sorgo com capim	11,55	10,85	11,2				
	Média	11,54	10,76					
M.O, g.kg ⁻¹	Milho com capim	26,04	24,49	25,26	1,27	0,016	0,117	0,375
	Sorgo com capim	33,54	28,26	30,9				
	Média	29,79 a	26,37 b					
V%	Milho com capim	45,31	52,18	46,74	2,77	0,421	0,421	0,472
	Sorgo com capim	52,71	54,52	53,615				
	Média	49,01	53,35					

$H^+ + Al^{+3}$: Acidez potencial; Al^{+3} : Alumínio; Ca^{+2} : Cálcio; Mg^{+2} : Magnésio; SB: Soma de base; CTC: Capacidade de Troca Catiônica; M.O: Matéria Orgânica; V%: Saturação por Bases; Médias seguidas por letras maiúsculas distintas nas colunas e minúsculas para linhas diferem pelo teste F ($P\leq 0,05$); EPM = Erro padrão da média; A = adubação, C = consórcio; A x C = adubação vs consórcio.

Observou-se interação ($P < 0,001$) para os valores de K com resultados superiores ao consórcio de milho com capim com alta dose de adubo. Como também houve efeito isolado da adubação nos valores de MO ($P = 0,016$) quando utilizado baixa dose de adubo (Tabela 6).

Para a implantação de um hectare com o consórcio de milho com capim *Urochloa brizantha* cv. Marandu com alta dose de adubação, foi gerado o investimento para as seguintes práticas: a aquisição do calcário + frete, aquisição de adubos e sementes e custo com maquinários, sendo investido R\$541,14; R\$3.036,00 e R\$1.232,00, respectivamente. Sendo assim o investimento total para o consórcio foi de R\$4.809,14, com a produção de 51.765,62 kg de matéria natural por hectare. Neste cenário o custo do quilograma na matéria natural foi de R\$0,093, ou seja, quando transformado para o custo do quilograma de Matéria seca é de R\$0,30 (Tabela 7).

Tabela 7. Custo para a implantação de um hectare do consórcio milho e capim marandu com alta dose de adubação no sistema de Integração lavoura pecuária.

Insumos / serviços	Unidade	Quantidade	Custo Unitário	Custo total
Gradagem pesada	horas	1	R\$ 220,00	R\$ 220,00
Calcareadeira	horas	0,8	R\$ 220,00	R\$ 176,00
Calcário	ton	3	R\$ 180,38	R\$ 541,14
Fosfato Monoamônico	kg	180	R\$ 6,40	R\$ 1.152,00
Cloreto De Potássio	kg	50	R\$ 7,28	R\$ 364,00
Ureia	kg	100	R\$ 4,90	R\$ 490,00
Distribuição do adubo de cobertura	horas	0,7	R\$ 220,00	R\$ 154,00
Plantio do capim	horas	0,7	R\$ 220,00	R\$ 154,00
Gradagem leve	horas	1	R\$ 220,00	R\$ 220,00
Semente de capim	kg	10	R\$ 28,00	R\$ 280,00
Semente de milho	kg	20	R\$ 37,50	R\$ 750,00
Plantadeira	horas	1,4	R\$ 220,00	R\$ 308,00
Total/hectares				R\$ 4.809,14

Para a implantação de um hectare com o consórcio de sorgo com capim *Urochloa brizantha* cv. Marandu com alta dose de adubação, foi gerado o investimento de R\$ 541,14 para a aquisição do calcário + frete, R\$ 2.382,20 com aquisição de adubos e sementes e R\$ 1.232,00 com a contratação de maquinários. Sendo assim o investimento total para o consórcio foi de R\$

4.155,34, com a produção de 60.578,12 kg de matéria natural por hectare. Neste cenário o custo do quilograma na matéria natural foi de R\$ 0,068, ou seja, quando transformado para o custo do quilograma de Matéria seca é de R\$ 0,227. (Tabela 8).

Tabela 8. Custo para a implantação de um hectare do consórcio sorgo e capim marandu com alta dose de adubação no sistema de Integração lavoura pecuária.

Insumos / serviços	Unidade	Quantidade	Custo Unitário	Custo total
Gradagem pesada	horas	1	R\$ 220,00	R\$ 220,00
Calcareadeira	horas	0,8	R\$ 220,00	R\$ 176,00
Calcário	ton	3	R\$ 180,38	R\$ 541,14
Fosfato Monoamônico	kg	180	R\$ 6,40	R\$ 1.152,00
Cloreto De Potássio	kg	50	R\$ 7,28	R\$ 364,00
Ureia	kg	100	R\$ 4,90	R\$ 490,00
Distribuição do adubode cobertura	horas	0,7	R\$ 220,00	R\$ 154,00
Plantio do capim	horas	0,7	R\$ 220,00	R\$ 154,00
Gradagem leve	horas	1	R\$ 220,00	R\$ 220,00
Semente de capim	kg	10	R\$ 28,00	R\$ 280,00
Semente de sorgo	kg	3,7	R\$ 26,00	R\$ 96,20
Plantadeira	horas	1,4	R\$ 220,00	R\$ 308,00
Total/hectares				R\$ 4.155,34

Para a implantação de um hectare com o consórcio de milho com capim *Urochloa brizantha* cv. Marandu com baixa dose da adubação, foi gerado o investimento de R\$ 270,57 para a aquisição do calcário + frete, para a aquisição de adubos e sementes R\$ 2.652,20 e R\$ 1.232,00 com a contratação de maquinários. Sendo assim o investimento total para o consórcio foi de R\$ 4.154,57, com a produção de 26.359,37 kg de matéria natural por hectare. Neste cenário o custo do quilograma na matéria natural foi de R\$ 0,158, quando transformado para o custo do quilograma de matéria seca é de R\$ 0,46. (Tabela 9).

Tabela 9. Custo para a implantação de um hectare do consórcio milho e capim marandu com baixa dose de adubação no sistema de Integração lavoura pecuária.

Insumos / serviços	Unidade	Quantidade	Custo Unitário	Custo total
Gradagem pesada	horas	1	R\$ 220,00	R\$ 220,00
Calcareadeira	horas	0,8	R\$ 220,00	R\$ 176,00
Calcário	ton	1,5	R\$ 180,38	R\$ 270,57
Fosfato Monoamônico	kg	120	R\$ 6,40	R\$ 768,00
Cloreto De Potássio	kg	50	R\$ 7,28	R\$ 364,00
Ureia	kg	100	R\$ 4,90	R\$ 490,00
Distribuição do adubo de cobertura	horas	0,7	R\$ 220,00	R\$ 154,00
Plantio do capim	horas	0,7	R\$ 220,00	R\$ 154,00
Gradagem leve	horas	1	R\$ 220,00	R\$ 220,00
Semente de capim	kg	10	R\$ 28,00	R\$ 280,00
Semente de milho	kg	20	R\$ 37,50	R\$ 750,00
			Total/hectares	R\$ 4,154,57

Para a implantação de um hectare com o consórcio de sorgo com capim *Urochloa brizantha* cv. Marandu com baixa dose de adubação, foi gerado o investimento de R\$ 270,57 para a aquisição do calcário + frete, para a aquisição de adubos e sementes R\$ 1.998,20 e R\$ 1.232,00 com a contratação de maquinários. Sendo assim o investimento total para o consórcio foi de R\$ 3.500,77, com a produção de 31.993,75 kg de matéria natural por hectare. Neste cenário o custo do quilograma na matéria natural foi de R\$ 0,11, quando transformado para o custo do quilograma de matéria seca é de R\$ 0,34. (Tabela 10).

Tabela 10. Custo para a implantação de um hectare do consórcio sorgo e capim marandu com baixa dose de adubação no sistema de Integração lavoura pecuária.

Insumos / serviços	Unidade	Quantidade	Custo unitário	Custo total
Gradagem pesada	horas	1	R\$ 220,00	R\$ 220,00
Calcareadeira	horas	0,8	R\$ 220,00	R\$ 176,00
Calcário	ton	1,5	R\$ 180,38	R\$ 270,57
Fosfato Monoamônico	kg	120	R\$ 6,40	R\$ 768,00
Cloreto De Potássio	kg	50	R\$ 7,28	R\$ 364,00
Ureia	kg	100	R\$ 4,90	R\$ 490,00
Distribuição do adubo de cobertura	horas	0,7	R\$ 220,00	R\$ 154,00
Plantio do capim	horas	0,7	R\$ 220,00	R\$ 154,00
Gradagem leve	horas	1	R\$ 220,00	R\$ 220,00
Semente de capim	kg	10	R\$ 28,00	R\$ 280,00
Semente de sorgo	kg	3,7	R\$ 26,00	R\$ 96,20
Plantadeira	horas	1,4	R\$ 220,00	R\$ 308,00
			Total/hectare	R\$ 3.500,77

6 DISCUSSÃO

6.1 PRODUÇÃO DE MATÉRIA VERDE E SECA DOS CONSÓRCIOS

Para a produção de matéria verde e seca (Tabela 2) tanto para o sorgo com capim quanto para o milho com capim foi observado uma maior produção na alta dose de adubação, apresentando valores de 60.578,12 e 51.765,37 kg/ha de MV, para o sorgo com capim e milho com capim respectivamente. Por tanto foi observado o valor médio de 56.179,87 e 29.176,56 kg/ha, respectivamente para as doses, baixa e alta de adubação. De acordo com Alvarenga *et al.* (2011) a produção de matéria seca do sorgo está diretamente relacionada com os níveis de adubação. O mesmo autor ainda afirma que o sorgo responde intensamente a incrementos no suprimento de água e à adubação, alcançando ou superando as produções de massa seca e de grãos normalmente obtidas com a cultura do milho. Já Vitti *et al.* (2006) observaram que o aumento da produção de MS resultou, devido principalmente, a neutralização da acidez presente no solo, que possibilita maior disponibilidade e absorção de nutrientes e aumentos dos teores de Ca^{2+} e Mg^{2+} no solo, em consequência da aplicação de carbonatos.

Os resultados para o teor de matéria seca foram semelhantes aos encontrados por Leonel

(2008). O aumento no teor de matéria seca com o amadurecimento da planta é um fenômeno fisiológico confirmado no trabalho realizado por Grieve & Osbourn (1965) o baixo teor de matéria seca presente nos consórcios é provavelmente devido à diluição da matéria seca da planta do milho com o teor de matéria seca do capim que possui um menor teor quando as culturas possuem a mesma idade, considerando-se que elas foram colhidas simultaneamente. Esse fato deve ser levado em consideração para a confecção de silagens, pois o teor de MS mais baixo pode resultar em perdas por efluente e diminuir a qualidade da fermentação láctica (Mcdonald *et al.*, 1991).

6.2 AVALIAÇÃO DA MATÉRIA SECA, LÂMINA, COLMO E RELAÇÃO LÂMINA COLMO DO CAPIM

O maior valor médio de 26,7% para o teor de MS no consórcio de milho com capim para a baixa dose de adubação. Conforme relatado por Alvarenga *et al.* (2006) a taxa assimilatória líquida indica a eficiência fotossintética deve-se ao maior crescimento do milho e o consequente sombreamento que esse exerce nas forrageiras, resultou em uma maior taxa de crescimento da cultura do milho.

Quando avaliado o teor de matéria seca do capim com a alta dose de adubação no consórcio com o milho com capim é observado o valor de 22,9% de MS, estando atrelado com a maior produção de matéria verde. Valor semelhante encontrado por Chizzotti *et al.* (2005), para o capim Marandu plantado solteiro. Quando consorciado com o sorgo obteve um teor de 25,1 e 26,4 % MS para as doses baixa e alta de adubação, respectivamente. E no cenário com alta dose de adubação foi observado a maior produção de MV e MS, dentre todos os fatores seja ele adubação ou consórcio. Conforme relatado pelos autores Kluthcouski e Aidar (2003) os consórcios de sorgo com capim *Urochloa brizantha*, em diferentes localidades, mostraram a habilidade destas culturas em crescer nos consórcios com produção semelhante de grãos tanto em sistemas consorciados quanto em solteiros.

Para a variável Lâmina/Colmo, representando a relação entre a biomassa de tecido foliar (lâmina) e a biomassa de tecido não foliar (colmo). Dentre os fatores foi observado efeito na interação ($P=0,044$). Para a baixa dose de adubação a maior relação de lâmina/colmo foi no consórcio com milho, visto que o milho apresenta uma exigência superior ao sorgo, sendo assim o capim investiu energia no alongamento do colmo para que assim tenha acesso a luz para fazer a fotossíntese. Conforme relatado por Parsons e Penning, (1988), quando o dossel forrageiro ultrapassa o IAF crítico (95% de interceptação luminosa). Já para a alta dose de adubação foi

observado o maior nível para o consórcio com a cultura do sorgo. No estudo realizado por Pereira (2023) não se observou efeito para a relação folha:colmo quando avaliou diferentes consórcio de híbrido de sorgo com o capim Marandu, resultados que divergem dos encontrados por Oliveira *et al.* (2020) quando avaliou a composição morfológica de diferentes *Urochloas* em consórcio com sorgo.

6.3 ANÁLISE MORFOMÉTRICA DO MILHO E SORGO

Na avaliação morfométrica (Tabela 4) as maiores alturas das plantas foram observadas com alta dose de adubação utilizada no consórcio de milho com capim, neste nível foram praticamente semelhantes como esta apresentado na tabela 2, mas vale salientar que o milho obteve uma altura superior ao sorgo. Conforme relatado por Neumann *et al.* (2002) a altura da planta é uma característica que regularmente determina o potencial produtivo de massas secas e verde por hectare. Portanto em nível com menores doses de adubação o sorgo se sobressai quando comparado com o milho, pela capacidade que o sorgo possui em tolerar veranico e menor exigência de nutrientes. O autor Magalhães *et al.* (2003) afirma que a planta de sorgo possui maior resistência ao déficit de água e o excesso de umidade no solo quando comparada a outros cereais.

Para a variável diâmetro do colmo, resultados semelhantes foram encontrados por Silva *et al.* (2023) onde a associação do milho com a espécie *Urochloa brizantha* em um sistema de ILP não exerceu influência nas características fitométricas da planta de milho, incluindo altura e diâmetro do colmo. O colmo é uma estrutura da planta associada a translocação de sólidos solúveis, e quanto maior for seu diâmetro, maior será sua eficiência de translocação e armazenamento de fotoassimilados. Ainda, essa estrutura atua na sustentação da planta, tornando-as mais resistentes ao tombamento pela ação das condições climáticas adversas, e formação dos grãos, consequentemente, resultando em maior produtividade (OLIGINI *et al.*, 2019).

Ao analisar o fracionamento das culturas no momento da análise do material, verificou-se que os componentes da planta (número e tamanho da folha, tamanho da espiga/panícula e o número de espigas) foi superior, conforme a melhoria proporcionada pelo aumento do nível de adubação (Tabela 4). Com a melhoria no fornecimento de nutrientes, houve um aumento na proporção de folhas e aumento na proporção de espiga/panícula indicando que, nos níveis maiores de fertilidade, a planta conseguiu direcionar parte de seus fotoassimilados para a formação da espiga/panícula. Resultados semelhantes encontrados por Borghi e Gontijo (2020)

quando avaliou manejos de fertilidade em sistemas de ILPF.

Quando analisado o número de folha foi observada uma influência na alta dose de adubação na cultura do milho. Os autores Borghi *et al.* (2007) relatam que no consórcio com o milho, as plantas forrageiras diminuem a produção de folhas, colmos e bainhas, mas apresentam satisfatório potencial de rebrota e priorizam a produção de folhas após a colheita de grãos da cultura principal. Proporcionando o aumento da disponibilidade de forragem na estação seca, com qualidade suficiente para manutenção nutricional dos rebanhos (BATISTA *et al.*, 2011).

6.4 ANÁLISE MORFOLÓGICA DO MILHO E SORGO

A percentagem de matéria seca da planta (Tabela 5) aumenta conforme ocorre a perda de água em decorrência da maturação fisiológica ou condições de estresse (SEREIA *et al.*, 2012). Por tanto o carbono que não é consumido pela respiração aumenta a percentagem de matéria seca da planta e pode ser destinado para o crescimento ou reserva. Assim, os tratamentos com maior massa seca no colmo e espiga podem responder com elevados rendimentos de massa seca na planta ou nos grãos. (Martin *et al.*, 2011; Makino *et al.*, 2015). No trabalho realizado por Lima (2023) quando avaliou o monocultivo comparado com o ILP, os teores de MS no monocultivo e no ILP foram constantes e não sofreram variações acentuadas ao longo dos ciclos. Resultados diferentes dos quais foram encontrados no presente trabalho.

6.5 ANÁLISE QUÍMICA DO SOLO DO CONSÓRCIO MILHO COM CAPIM E SORGO COM CAPIM

Segundo Macedo (2009) a fertilidade é melhorada por meio da reciclagem de nutrientes e do uso mais eficiente de fertilizantes decorrentes das diferentes necessidades das culturas em rotação. As propriedades físicas do solo são melhoradas pelas raízes forrageiras que melhoram a estrutura, a capacidade de infiltração e retenção de água e o estoque de carbono no solo.

O nível de disponibilidade de Potássio antes das correções, apresentado na tabela 1 foi de 67,78 mg/dm³, considerado médio, de acordo com os critérios estabelecidos por Ribeiro (1999), após o primeiro período de chuva todos os consórcios e os níveis de adubação avaliados foram classificados como alto de acordo com o mesmo autor. A aplicação do potássio favorece o perfilhamento, causando um impacto positivo na produção de matéria seca por unidade de área, conforme destacado por Souza *et al.* (2007). Em estudo conduzido por Mattos & Monteiro (1998), foi constatado que o aumento das doses de potássio na solução do solo resultou em

incremento no rendimento de matéria seca tanto na parte aérea quanto nas raízes do capim *Urochloa brizantha*. Corroborando com o estudo realizado por Mechi *et al.* (2016) onde afirma a utilização do potássio não serve apenas para manter a pastagem produtiva, mas também uniformizar a área com boa cobertura vegetal.

Tanto o cálcio como o magnésio são disponibilizado por meio da calagem, que promoveu maiores concentrações de cálcio e magnésio em todos os sistemas, sendo maiores no consórcio com sorgo. Levando em consideração a mesma abordagem que foi feita para o cálcio, onde o milho tem maior extração desse nutriente. De acordo com Coelho e França (1995) quando avaliaram a extração dos nutrientes do solo pelo milho, observou que para a produção de 10,15 t/ha foi extraído 33 kg/ha de Mg, para a produção de 18,65 t/ha de MS de silagem foi extraído do solo 32 kg/ha de Mg. Para a cultura do sorgo segundo Pitta *et al.* (2001) quando avaliou a extração média de nutrientes pelo sorgo, observou que para a produção de 12.540 kg/ha, sendo que produziu 16% de grãos, foram extraídos 26 kg/ha de Mg. Em trabalhos realizados por Souza Filho *et al.*, (2000) avaliando a capacidade de absorção de nutrientes do capim marandu, observou-se que o aumento do pH da solução nutritiva de 5,5 para 6,5 propiciou, o acúmulo de 33,0 e 26,7% a mais de fósforo; 34,8 e 27,3% a mais de potássio; 38,1 e 73,0% de cálcio; e 48,6 e 57,1% de magnésio, na parte aérea e na raiz, respectivamente. A prática da calagem, aumentou os teores de N nas folhas de sorgo, em consequência da elevação do pH na camada superficial, que proporcionou uma maior mineralização de N orgânico do solo, e promoveu efeito quadrático na produção de matéria seca do sorgo pela diminuição do alumínio em função da calagem (OLIVEIRA *et al.* 2009). Diante desses resultados vale salientar a importância da calagem nos sistemas integrados, visando que a cultura sucessora vai utilizar da adubação residual para aumentar a produção de matéria verde e assim ter uma maior eficiência na produção por área.

Na avaliação do teor de matéria orgânica (MO) foi constatado que os níveis de adubação apresentaram interferência no seu teor, consequentemente, o menor nível de M.O, é ocasionado devido a maior extração de carbono/nutrientes pelas culturas na alta dose de adubação, e com isso o solo entra em um balanço de carbono negativo, gerando uma redução do teor de M.O, ou seja, o solo não está em um sistema dinâmico para a deposição e decomposição da matéria orgânica. De acordo com Bayer *et al.* (2006) no Sistema de Plantio Direto (SPD), torna-se necessária a entrada de cerca de 4 t ha⁻¹ ano⁻¹ de Carbono ao sistema para compensar a quantidade perdida na decomposição dos resíduos orgânicos, o que dificilmente é obtido apenas com culturas anuais para que o sistema seja considerado eficiente e sustentável. No entanto,

Machado *et al.* (2007) avaliaram que na rotação lavoura-pastagem com média de três anos, havia de 5 a 10 t ha⁻¹ de matéria seca de raízes de *Urochloa brizantha*, na camada de 0-20 cm de solo. E corroborando com os resultados, Siqueira Neto *et al.* (2009), avaliando o sequestro de Carbono em um Latossolo Vermelho de textura argilosa em SPD, verificaram que os estoques de Carbono no solo aumentaram com o tempo de implantação do sistema.

Em suma, a variação no acúmulo de matéria orgânica do solo (MOS) pode ser usada como um indicador de qualidade, em virtude da sua sensibilidade ao sistema de manejo adotado e por se correlacionar com a maioria dos atributos físicos e químicos do solo. Sendo assim, o estoque de carbono de um solo é representado pelo balanço dinâmico entre a adição de material vegetal e a perda pela decomposição ou mineralização (MACHADO, 2005). Conforme relatado por Ronquim *et al.* (2010), o solo quando é cultivado e perde a matéria orgânica, decrescem igualmente os valores de CTC, de acordo como foi observado no presente trabalho, onde os menores níveis de M.O, estão diretamente correlacionados com os menores níveis de CTC. De acordo com Cherubin *et al.* (2023), a adoção de práticas de manejo que promovam a melhoria e/ou a recuperação destas áreas de pastagem, representa uma enorme oportunidade para aumentar o estoque de Carbono do solo para níveis similares ou até maiores que aqueles observados na vegetação nativa. Então, ao longo dos ciclos, os sistemas integrados acumulam a matéria seca da palhada protegendo o solo contra a erosão; pelos processos de decomposição e mineralização dos resíduos vegetais pode liberar quantidades consideráveis de nutrientes ao sistema produtivo, principalmente de N e K, beneficiando as culturas cultivadas em sucessão na área (Costa *et al.*, 2015)

6.6 ANÁLISE ECONÔMICA CONSÓRCIO MILHO COM CAPIM

A análise detalhada dos custos por insumo/serviço evidenciou que, embora o cenário com baixa dose de adubação apresente uma redução nos custos com calcário e adubos, essa economia não traz vantagens, considerando a disparidade na produção e o efeito residual dos nutrientes para os ciclos subsequentes do capim. Destaca-se que a alta dose de adubação demonstra ser uma opção mais vantajosa, não apenas em termos de custo-benefício imediato, mas também ao considerar os efeitos residuais positivos a longo prazo sobre a fertilidade do solo e produção das culturas uma vez que os benefícios contribuem para uma agricultura mais sustentável e rentável. Corroborando com os resultados observados por Assmann (2003) avaliando a influência da adubação nitrogenada residual na cultura do milho, em Sistema Plantio Direto, cultivado em sequência em áreas onde no inverno havia presença e ausência de

trevo branco e de animais em pastejo. O autor concluiu que as plantas de milho que receberam a mais alta dose de nitrogênio como adubação de inverno não responderam à aplicação de adubação nitrogenada de verão, evidenciando, desta forma, o efeito residual da adubação nitrogenada de inverno.

6.7 ANÁLISE ECONÓMICA DO CONSÓRCIO SORGO COM CAPIM

Os cenários de implantação do consórcio de sorgo com capim Marandu, quando utilizada alta dose de adubação, ressalta aspectos cruciais para a eficácia agronômica e a sustentabilidade econômica no âmbito da Integração Lavoura-Pecuária. Sob a visão agronômica, a alta dose de adubação proporciona uma resposta eficaz do consórcio de sorgo com capim, garantindo uma produção expressiva quando comparada com a baixa dose de adubação. A oferta balanceada de nutrientes não apenas contribui para a expressão máxima do potencial produtivo das culturas, mas também aumenta o efeito residual dos nutrientes do solo. Esses efeitos garantem uma produtividade e rusticidade ao longo dos ciclos do capim, fortalecendo a importância da adubação completa para a estabilidade e resiliência do sistema. Neste cenário, o produtor, tem uma maior disponibilidade de capim na época de estiagem e assim as áreas, suportam uma maior taxa de lotação. Em estudos realizados por Conrado (2023), avaliando o desempenho agrônômico do sorgo gigante em função da fertilização do solo, observou que a produção de matéria verde do sorgo foi o dobro, entre os solos com menor fertilidade e o solo mais fértil.

O cenário de baixa dose de adubação, reflete em um menor investimento inicial, mas vale ressaltar que possui uma menor produção de matéria verde, do sorgo e do capim, como também possui um menor efeito residual dos nutrientes no solo, esse efeito vai refletir nos ciclos subsequentes do capim, visto que, o capim apresentará sinal de baixa produtividade e consequentemente suportará uma menor quantidade de animais no período seco. Além do mais, em um menor espaço de tempo necessitará de intervenção para novas correções e adubações e assim gerando um maior de custos por área. Corroborando com os resultados Costa *et al.* (2015), os quais observaram que o manejo incorreto do solo pode provocar declínio de produção das culturas de modo geral esse cenário é decorrente da degradação dos atributos físicos e da exportação dos nutrientes, bem como do esgotamento das reservas do solo. Sendo assim, o correto uso da adubação pode beneficiar o sistema de produção, melhorando os atributos físicos e químicos do solo. No entanto, a escolha pela adubação completa é vital, tanto para atender as exigências nutricionais da planta, quanto para evitar processos de degradação, perda de matéria

orgânica e redução da eficiência da ciclagem de nutrientes (KIBBLEWHITE *et al.*, 2008). Em síntese, a alta dose de adubação, além de possuir uma produção superior de matéria verde com um menor custo por quilograma de material, também destaca-se como um pilar essencial para otimizar a eficiência econômica e a sustentabilidade em sistemas de Integração Lavoura-Pecuária.

7 CONCLUSÃO

A alta dose de adubação garante uma maior produção de matéria seca, independente do consócio escolhido, como também foi observado que o capim nas entre linhas apresentou uma maior produção por área. Desta forma, a escolha pela adubação completa emerge como estratégica tanto para a eficiência econômica quanto para a viabilidade agronômica a longo prazo nos consórcios de sorgo ou milho com *Urochloa brizantha* cv marandu no sistema integração lavoura pecuária no cerrado mineiro.

REFERÊNCIAS

- ALEMÃO, D. P; et al. Otimização de métodos enzimáticos hidrolíticos e oxidativos para estudos de ecossistemas. **Biologia e Bioquímica do Solo**, v. 43, n. 7, p. 1387-1397, 2011.
- ALVARENGA, R. C; et al. A cultura do milho na integração lavoura-pecuária. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 27, n. 233, p. 106-126. 2006.
- ALVARENGA, R. C; et al. A cultura do sorgo em sistemas integrados lavoura-pecuária ou lavoura-pecuária floresta. **(Embrapa Milho e Sorgo. Circular técnica, 172)**. p. 14, 2011.
- ANDRADE, F. H; et al. Intercepted radiation at flowering and kernel number in maize. **Agronomy Journal**, Madison, v. 92, p. 92-97, 2000.
- ASSIS, P. C. R; et al. Atributos físicos do solo em sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental**, v.19, n.1, p.309–316, 2015.
- ASSMANN A. L; et al. Integração Lavoura-Pecuária para Agricultura Familiar. **1ª ed. Londrina: IAPAR**. p.49, 2008.
- ASSMANN, T. S; et al. Adubação de sistemas e ciclagem de nutrientes em sistemas integrados de produção agropecuária. In: **SOUZA, E. D. et. al. (ed.). Sistemas integrados de produção agropecuária no Brasil**. Tubarão: Copiart, 2018.
- ASSMANN, T. S; et al. Rendimento de milho em área de integração lavoura pecuária sob o sistema plantio direto, em presença e ausência de trevo branco, pastejo e nitrogênio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, n. 4, p. 675-683, 2003.
- BALBINO, L. C; et al. Agricultura Sustentável por meio da Integração-Lavoura-Floresta (ILPF). **International Plant Nutrition Institute**, n.38, p.1-18, 2012.
- BALBINO, L. C; et al. Evolução tecnológica e arranjos produtivos de sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta no Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, n. 10, p. 1-12, 2011.
- BARBASO, M. A. A. F; et al. Estudo do perfilhamento do capim Mombaça (*Panicum maximum* Jacq.). In: **REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECCIA**, 34, 1997, Juiz de Fora. Anais. Juiz de Fora, 1997, p.114-116. 1997.
- BARBOSA, F. A; et al. Avaliação econômica e produtiva dos sistemas integrados de lavoura-pecuária-floresta. **Caderno de Ciências Agrárias**, v. 7, n. 1, p. 151-165, 2015.
- BATISTA, K; et al. Acúmulo de matéria seca e de nutrientes em forrageiras consorciadas com milho safrinha em função da adubação nitrogenada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília**, v. 46, n. 10, p. 1154-1160, 2011.
- BAYER, C; et al. A method for estimating coefficients of soil organic matter dynamics based on long-term experiments. **Soil Till Res.** v. 26, n. 19, 2006.

BENÍCIO, L. P. F.; et al. Produção de *Panicum maximum* consorciado com sorgo sob diferentes fontes de fósforo. **Tecnologia & Ciência Agropecuária**, v. 5, p. 55- 60. 2011.

BIAZATTI, R. M.; et al. Fitomassa do Capim-Braquiária e atributos químicos de um latossolo sob compactação induzida e doses de calcário. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 6, n. 8, p. 55368- 55387, 2020.

BONO, J. A. M; et al. Infiltração de água no solo em um Latossolo Vermelho da região sudoeste dos cerrados com diferentes sistemas de uso e manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 36, p. 1845-1853. 2012.

BORGHI, E.; et al. Produtividade de milho, espaçamento e modalidade de consorciação com *Brachiaria brizantha* no sistema plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, n. 2, p. 163-171, 2007.

BORGHI, E; et al. Intensificação agropecuária no cerrado: implantação de sistema ILPF com as culturas do sorgo forrageiro, capim Marandu e eucalipto na região central de Minas Gerais. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento**, 207. **Embrapa Milho e Sorgo**. ISSN 1679-0154. 2020.

BORRÁS, L; et al. Maize kernel weight response to post flowering sourcesink ratio. **Crop Science**, Madison, v. 41, n. 6, p. 1816-1822, 2001.

BRASIL, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **BOLETIM TÉCNICO – INTEGRAÇÃO LAVOURA PECUÁRIA**. p. 37. Embrapa. 2007.

CAIRES, E. F.; et al. Uso de corretivos granulados na agricultura. **Informações Agronômicas**, n. 154, p. 17-21, 2016

CANTARELLA, H; et al. (Ed.). Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo. Campinas: **Instituto Agrônomo**, p.45-47, 1996.

CECATO, U; et al. O. Influência das adubações nitrogenada e fosfatada sobre a produção e características da rebrota do capim Marandu (*Brachiaria brizantha* (Hochst) Stapf cv. Marandu). **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 26, p. 399-407, 2004.

CHAPUIS LARDY, L; et al. Carbon and phosphorus stocks of clayey Ferralsols in Cerrado native and agroecosystems, Brazil. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 92, p. 147-158, 2002.

CHERUBIN, M; et al. Matéria orgânica do solo em áreas de pastagens no Brasil. **Entendendo a matéria orgânica do solo em ambientes tropical e subtropical**, p. 601-625, 2023

CHIZZOTTI, F. H. M.; et al. Consumo, digestibilidade total e desempenho de novilhos Nelore recebendo dietas contendo diferentes proporções de silagens de *Brachiaria brizantha* cv. marandu e de sorgo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.6, p.2427-2436, 2005.

COBUCCI, T.; et al. Opções de integração lavoura-pecuária e alguns de seus aspectos econômicos, 2007.

COELHO, A. M.; et al. Seja o doutor do seu milho: nutrição e adubação. aum. Informações Agrônomicas, **Arquivo do Agrônomo**, Piracicaba, ed. 2, n. 71. P 1-9. 1995.

COSTA, K. A. P; et al. Doses e fontes de nitrogênio em pastagem de capim-marandu: II-nutrição nitrogenada da planta. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, n. 32, p. 1601-1607. 2008.

COSTA, N. R; et al. Atributos do Solo e Acúmulo de Carbono na Integração Lavoura-Pecuáriaem Sistema Plantio Direto. **Revista Brasileira De Ciência Do Solo**, v. 39(3), p. 852–863, 2015. <https://doi.org/10.1590/01000683rbc20140269>

COUTO, W. S. Estabelecimento de *Brachiaria brizantha* cv marandu sob diferentes fontes e níveis de fósforo na região de Bragantina, Estado do Pará. In: **REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA.**, v. 34, Anais. Juiz de Fora-MG: SBZ, 1997.

CRUZ, S. S. D. Produção e qualidade de silagens de sorgo em sistema de integração lavoura-pecuária no cerrado de baixa altitude. 2016. P. 161. **Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Estadual Paulista (UNESP)**, Ilha Solteira, 2016. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/handle/11449/138161>.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. O cerrado. **Embrapa Cerrados**. Planaltina, DF - Brasil: Embrapa, 2012.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Sistema brasileiro de classificação desolos. **Centro Nacional de Pesquisa de Solos**. Brasília: **Embrapa**, ed. 3, p. 352, 2013.

ESTEVES, S. N; et al. Efeito da suplementação mineral com zeólita sobre o consumo de nutrientes por cordeiros Santa Inês confinados. **Veterinária e Zootecnia**, v. 24, n. 4, p. 703-707, 2017.

FAGERIA, N. K.; et al. Yield, nutrient uptake, and changes in soil chemical properties as influenced by liming and iron application in common bean in a no-tillage system. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v.41, p.1740-1749, 2010. DOI: 10.1080/00103624.2010.489137.

FAGERIA, N. K; et al. Nutrição de fósforo na produção de feijoeiro. In: Yamada, T. & Abadía, S. R. S. Potafós. (Ed.) **Fósforo na agricultura brasileira**, Piracicaba, São Paulo, Brasil, 435- 455, 2004.

FAQUIN, V. Nutrição mineral de plantas. **Lavras: UFLA/FAEPE**, p. 183, 2005.

FERNANDES, L. O; et al. Produção animal em diferentes gramíneas, associadas ou não ao sorgo AG 2501, no processo de renovação de pastagens. **FAZU em Revista**, Uberaba, p. 36-45, 2004.

- FERRAZ, E. C. Ecofisiologia do arroz. In: CASTRO, P. R. C; et al. **Ecofisiologia da produção agrícola**, Piracicaba: Associação Brasileira de Pesquisa da Potassa e do Fostato, p. 185-202, 1987.
- FERREIRA, E. V. O; et al. Ciclagem e balanço de potássio e produtividade de soja na integração lavoura-pecuária sob semeadura direta. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 35, p. 161-169, 2011.
- FIGUEIREDO, E. et al. Balanço de gases de efeito estufa e pegada de carbono da pecuária de corte em três sistemas contrastantes de manejo de pastagens no Brasil. **Revista de produção mais limpa**, v. 142, p. 420-431, 2017.
- FRANZLUEBBERS, A. J; et al. Respostas da produção agrícola e pecuária ao preparo do solo e manejo de culturas de cobertura em um sistema integrado lavoura-pecuária no sudeste dos EUA. **Jornal Europeu de Agronomia**, v. 57, p. 62-70, 2014.
- GALETTO, S. L; et. Al. Grain crops and forage yield resulting from the use of phosphates in integrated production system. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 45, p. 931-945, 2014.
- GARCIA, C. M. P.; et al. Desempenho agrônomo da cultura do milho e espécies forrageiras em sistema de Integração Lavoura-Pecuária no Cerrado. **Ciência Rural**, v.43, n. 4, p. 589-595, 2013.
- GENRO JUNIOR, S. A. G; et al. Arroz irrigado em rotação e sucessão a espécies de cobertura de solo. Cachoeirinha, RS. 2009
- GIL, J.; et al. Adoção e desenvolvimento de sistemas integrados lavoura-pecuária-floresta em Mato Grosso, Brasil. **Agricultura, ecossistemas e meio ambiente**, v. 199, p. 394-406, 2015.
- GLÉRIA, A. A. et. al. Produção de bovinos de corte em sistemas de integração lavoura pecuária. **Archivos de Zootecnia**, v. 66, n. 253, 2017.
- GOMES, V. C. et. al. "Production and quality of corn silage with forage and pigeon peas in a crop-livestock system. Produção e qualidade da silagem de milho com braquiárias e feijão guandu em sistema integrado de produção agropecuária." **Semina: Ciênc. Agrár.** Londrina, v. 42, n. 2, p. 861-876. 2021.
- GONTIJO NETO, M. M, et. al. "Milho e sorgo: culturas estratégicas para arranjos produtivos em integração lavoura-pecuária-floresta." **Embrapa Milho e Sorgo-Capítulo em livro científico**, 2018.
- GRIEVE, C.M; et al. The nutritional value some tropical grass. **The Journal of Agricultural Science**, v.65, n.3, p.411-417, 1965.
- GUALBERTO, A. V. S; et al. Atributos químicos do solo sob sistemas de manejo integrados no Cerrado maranhense. **III Jornada científica**, EMBRAPA meio norte, 2020.
- GUELFÍ, D. R. et al. Características estruturais e produtivas do capim-marandu sob efeitos de corretivos da acidez, gesso e compactação do solo. **Interciencia**, v. 38, n. 9, p. 681-687, 2013.

HAYDOCK, K. P; et al. The comparative yield method for estimating dry matter yield of pasture. **Austral J Experimental Agricult Ani Husband**, n. 15 p. 663-670, 1975.
<https://doi.org/10.1071/EA9750663>.

HERLING, V. R; et al. Adubação de Pastagens, saiba por quê?. In: **Apostila de adubação de pastagens**, Pirassununga, São Paulo, Brasil. 2001.

JAKELAITIS, A; et al. Cultivares de milho e de gramíneas forrageiras sob monocultivo e consorciação. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 40, n. 4, p. 380-387, 2010.

KIBBLEWHITE, M. G.; et al. Soil health in agricultural systems. Philosophical Transactions of the Royal Society B: **Biological Sciences**, n. 363 (1492), p. 685-701.
<https://doi.org/10.1098/rstb.2007.2178>. 2008.

KLUTHCOUSKI, J.; et al. Implantação, condução e resultados obtidos com o Sistema Santa Fé. In: KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L. F.; AIDAR, H. (Ed.). Integração lavoura-pecuária. Santo Antônio de Goiás: **Embrapa Arroz e Feijão**, p. 407-441, 2003.

KORB, D. V. et al. Adubação de sistemas para a cultura do milho em sistema integrado de produção agropecuária. 2023. **Dissertação**. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. 2023.

KROLOW, R. H; et al. Composição bromatológica de três leguminosas anuais de estação fria adubadas com fósforo e potássio. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 33, p. 2231-2239, 2004.

LANGE, A; et al. Incubação de calcário finamente moído e características químicas do solo sob cultivo de soja e milho. **Nativa**, Sinop, v. 10, n. 4, p. 585-594, 2022.

LEAL, M. L. A; et al. Efeito dos sistemas de manejo e do uso do solo na população de microrganismos do solo. Research, **Society and Development**, v. 10, n. 9, p. 1-11, 2021.

LEMAIRE, G. et al. Sistemas integrados lavoura-pecuária: Estratégias para alcançar sinergia entre produção agrícola e qualidade ambiental. Agricultura, **Ecossistemas e Meio Ambiente**, v. 190, p. 4-8, 2014.

LEONEL, F. de P; et al. Consórcio capim-braquiária e milho: produtividade das culturas e características qualitativas das silagens feitas com plantas em diferentes idades. **Revista Brasileira De Zootecnia**, n. 37(12), p. 2233–2242. 2008. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982008001200022>.

LIMA, L. R. Massa de forragem e composição químico-bromatológica do capim-marandu em integração lavoura-pecuária e monocultivo. **Trabalho de Conclusão de Curso**. Unesp, 2023.

LIMA, S. O. et. al. Avaliação de fontes e doses de fósforo no sul do Tocantins. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, n. 37, p. 100-105, 2007.

LOPES, M. L. T; et al. Sistema de integração lavoura-pecuária: efeito do manejo da altura em pastagem de aveia preta e azevém anual sobre o rendimento da cultura da soja. **Ciência Rural**, v.39, n.5, p.1499-1506, 2009.

MACEDO, M. C. M. Integração lavoura e pecuária: o estado da arte e inovações tecnológicas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, p.133-146, 2009.

MACHADO, P. O. L. A. Carbono do solo e a mitigação da mudança climática global. **Química Nova**, v.28, n.2, p.329-334, 2005

MAGALHÃES, P. C; et al. Ecofisiologia da produção de sorgo. **Embrapa Milho e Sorgo: Comunicado Técnico 86**, 2003.

MAKINO, P. A. et al. Avaliação de plantas de milho em modalidades de cultivo solteiro e consorciado com *Brachiaria ruziziensis*. 2015 – **Dissertação**, Universidade Federal da Grande Dourados, p. 48, 2015.

MARSCHNER, P. Marschner's mineral nutrition of higher plants. 3. ed. **London: Elsevier**, p. 643, 2012.

MARTIN, T. N; et al. Fluxo de nutrientes em ecossistemas de produção de forragens conservadas. In: **SIMPÓSIO: PRODUÇÃO E UTILIZAÇÃO DE FORRAGENS CONSERVADAS**, 4, 2011, Maringá. Anais... Maringá, p. 173-219, 2011.

MASCARENHAS, H. A. A; et al. Efeito da calagem sobre a produtividade de grãos, óleo e proteína em cultivares precoces de soja. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.31, p.1475-1485, 2007.

MATTEI, E. et al. Produtividade de milho silagem em consorciação com forrageiras tropicais e adubação nitrogenada em sistema de integração lavoura-pecuária. 2020.72 f. **Tese (Doutorado em Agronomia)** -Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Marechal Cândido Rondon, 2021.

MATTOS, W. T; Monteiro, F. A. Respostas de *Braquiária brizantha* a doses de potássio. **Scientia Agricola**, n. 3, p. 55, 1998.

McCULLOUGH, M. E. Silage and silage fermentation. **Feedstuffs**, v.49, n.13, p.49-52, 1977.

McDONALD, P; et al. The Biochemistry of silage. **Marlow: Chalcombe Publications**, p. 340, 1991.

MECHI, I. A; et al. Efeito de anos de consórcio milho safrinha com braquiária sobre a produtividade da soja em sucessão. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 31., 2016, Bento Gonçalves. Milho e sorgo: inovações, mercados e segurança alimentar: anais. Sete Lagoas: **Associação Brasileira de Milho e Sorgo**, 2016.

MICHEREFF, S. J; et al. Ecologia e manejo de patógenos radiculares em solos tropicais. **Imprensa Universitária**, Pernambuco: Universidade Federal Rural do Pernambuco, p. 398, 2005.

MILLEN, D. D; et al. A snapshot of management practices and nutritional recommendations used by feedlot nutritionists in Brazil. **Journal of Animal Science**, v.87, n.10, p.3427-3439, 2009.

MIRANDA, L. P. M. Sorgo consorciado com capim paiaguás sob diferentes densidades de semeadura de guandu-anão na produção de silagem em rotação com soja no cerrado sob sistema plantio direto. 2021. Tese em agronomia. UNESP, 2021.

MOREIRA, E. D. S; et al. Efeito do tamanho da partícula e do tipo de silo sobre o valor nutritivo da silagem de sorgo (*Sorghum bicolor*, L. Moench). **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 4, n. 2, p. 243- 250, 2005.

MOREIRA, G. M. Qualidade do solo em sistemas de integração lavoura, pecuária e floresta em Sinop, MT. **Dissertação em Agronomia**, UFV, Viçosa, p. 95, 2014.

MOREIRA, L. M. Características estruturais do pasto, composição química e desempenho de novilhos em pastagem de *Brachiaria decumbens* cv. Basilisk adubada com nitrogênio. **Tese de Doutorado**, Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, Brasil. 2000.

NEUMANN, M; et al. Avaliação do valor nutritivo de planta e da silagem de diferentes híbridos de sorgo (*Sorghum bicolor*, L. Moench). **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG. V.31, n. 1, p. 293-301, 2002.

OLIGINI, K. F; et al. S. Produtividade de milho consorciado com espécies forrageiras no sudoeste do Paraná. **Revista Agrarian**, v. 12, n. 36, p. 434-442, 2019.

OLIVEIRA, I. P; et al. Efeitos de fontes de cálcio no desenvolvimento de gramíneas solteiras e consorciadas. **Ciência Agrotecnologia**, n. 33, p. 592-598, 2009.

OLIVEIRA, S; et al. Performance of Grain Sorghum and Forage of the Genus *Brachiaria* in Integrated Agricultural Production Systems. **Agronomy**, v. 10, n. 11, p. 1714, 2020. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2073-4395/10/11/1714>.

PAOLOTTI, L; et al. Combinando gado e cultivos de árvores para melhorar a sustentabilidade na agricultura: um estudo de caso usando a abordagem de Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) **J. Limpo. Prod.**, n. 131, p. 351 – 363, 2016.

PARIZ, C. M; et al. Respostas da produção de cordeiros ao pastejo de capim em sistema de cultivo consorciado com silagem de milho e sobresemeadura de aveia amarela em região tropical. **Agrícola Sist.**, n. 151, p. 1-11, 2017.

PARIZI, A. R. C.; et al. Efeito de diferentes estratégias de irrigação suplementar sobre a produção de grãos e seus componentes na cultura do milho. **Irriga**, v. 14, n. 3, p. 254-267, 2009.

PARSONS, A. J; et al. The effect of duration of regrowth on photosynthesis, leaf death and the average rate growth in a rotationally grazed swards. **Grass and Forage Sci.**, v. 43, n. 1, p. 15-27, 1988.

PATÊS, N. M. S; et al. Características morfogênicas e estruturais do capim-tanzânia submetido a doses de fósforo e nitrogênio. **R. Bras. Zootec**, n. 36, p. 1736-1741. 2007.

PEREIRA, A. L; et al. Consórcio de sorgo com espécies forrageiras. **Revista Agro@mbiente On-line**, v. 10, n. 1, p. 57-64, 2016.

PEREIRA, G. D. Sistema integrado de produção de milho para silagem consorciado com Brachiaria e Panicum. 2023. **Trabalho de conclusão de curso**, Universidade Federal de Uberlândia, Monte Carmelo. 2023.

PIROLA, J. V. F. Consórcio de híbridos de sorgo com o capim-marandu na região da Nova Alta Paulista. 2023. **Dissertação**, Universidade Estadual Paulista (UNESP), Dracena. 2023.

PITTA, G. V. E; et al. Fertilidade do solo e nutrição mineral do sorgo forrageiro. In: CRUZ, J.; et al. Produção e utilização de silagem de milho e sorgo. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo. Cap.9. p.243-262. 2001.

POLITI, L. S; et al. Fósforo na nutrição e na produção de massa do capim Tanzânia. **Revista da FZVA**, n. 16, p. 95-104, 2009.

PRADO, R. de M; et al. Effect of liming on the mineral nutrition and yield of growing guava trees in a typic Hapludox soil. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 39, p. 2191-2204, 2008. DOI:10.1080/00103620802137613.

PREZOTTI, L. C. Guia de interpretação de análise de solo e foliar. Vitória, ES. **Incapar**, p. 104, 2013. ISBN 978-85-89274-21-0

RAIJ, B. van. Fertilidade do solo e manejo de nutrientes. Piracicaba: **IPNI**, p. 420, 2011.

RIBEIRO, A. C; et al. 5ª Aproximação-Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais. **Editora UFV**, Viçosa, Minas Gerais, 1999.

RONQUIM, C. C. Conceitos de fertilidade do solo e manejo adequado para as regiões tropicais. Campinas: **Embrapa Monitoramento por Satélite**. p. 26, 2010. ISSN 1806-3322

SALTON, J.C; et al. Sistema integrado lavoura-pecuária no Brasil tropical: rumo a um sistema de produção sustentável. **J. Limpo. Prod.**, n. 190, p. 70 – 79, 2014.

SAMPAIO, J. A; et al. Calcário e Dolomito. Em: Rochas e Minerais Industriais. **CETEM/MCT**, p. 24. 2005.

SANDINI, I. E. et al. Efeito residual do nitrogênio na cultura do milho no sistema de produção integração lavoura-pecuária. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 41, p. 1315–1322, 2011.

SANTOS, A. R; et al. Evolução, adubação e diagnose nutricional de pastagens. In: CARVALHO, C. A. L; et al. Tópicos em ciências agrárias. Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas: **Gráfica e Editora Nova Civilização Ltda**, Cruz das Almas, Bahia, Brasil, p. 171-181, 2009

SANTOS, A. S; et al. Produção da massa seca da parte aérea e da raiz do Capim Piatã submetido a diferentes fontes de fósforo. In: **Anais do XIV Seminário de Pesquisa e Pós-Graduação. XII – Seminário de Iniciação Científica. IV Seminário PIBID**. Universidade Estadual de Montes Claros, Minas Gerais, Brasil. 2012

- SANTOS, H. P. et al. Avaliação de milho cultivado em três sistemas de produção com integração lavoura-pecuária sob sistema plantio direto. **Reunião Técnica Anual do Milho**, v. 62. 2017
- SANTOS, K. C. et al. Análise da qualidade do calcário na região sudoeste do Mato Grosso do Sul. 2018. **Trabalho de conclusão de curso**, Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados - MS. 2018.
- SARTOR, L. R. et. al. Avaliação do estado nutricional da pastagem: índice nutricional de nitrogênio. **Semina**, Londrina, v. 35, n. 1, p. 449-456, 2014.
- SENBAYRAM, M; et al. Role of magnesium fertilisers in agriculture: plant-soil continuum. **Crop & Pasture Science**, v. 66, n. 12, p. 1219-1229, 2015.
- SEREIA, R. C; et al. Crescimento de *Brachiaria* spp. e milho safrinha em cultivo consorciado. **Revista Agrarian, Dourados**, v. 5, n. 18, p. 349-355, 2012.
- SILVA, A. R; et al. Atributos físicos e disponibilidade de carbono do solo em sistemas de integração Lavoura-Pecuária-Floresta (iLPF), homogêneo e Santa Fé, no estado do Pará, Brasil. *Agropecuária Técnica*, n. 37, p. 96-104. 2016.
<http://periodicos.ufpb.br/ojs/index.php/at/index>
- SILVA, A; et al. Recuperação de pastagem degradada pelo consórcio de milho, *Urochloa brizantha* cv. Marandu e guandu. **Revista de Agricultura Neotropical**, v. 5, n. 2, p. 39-47, 2018.
- SILVA, H; et al. Atributos físicos do solo e escoamento superficial como indicadores de serviços ambientais. in: PARRON, L. M.; et al. (Ed.). **Serviços ambientais em sistemas agrícolas e florestais do Bioma Mata Atlântica**. Brasília, DF: Embrapa, 2015. n. 5 p. 71-83. 2015.
- SILVA, I.R; et al. Matéria Orgânica do Solo. In: NOVAES, R. F; et al. ed. *Fertilidade do solo*. 1.ed. Viçosa, **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**. p.275-374. 2007 b
- SILVA, V. V. et al. CARACTERÍSTICAS FITOMÉTRICAS DO MILHO FORRAGEIRO SOLTEIRO E EM ILP COM A *Brachiaria brizantha*. **15º JORNADA CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA E 12 º SIMPÓSIO DE PÓS-GRADUAÇÃO DO IFSULDEMINAS**, v. 15, n. 1, 2023.
- SIMÕES, A; et al. Integrated croplivestock systems in the Brazilian subtropics. **European Journal of Agronomy**. n. 57. p. 4-9 2014. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2013.10.004>
- SIQUEIRA NETO, M; et al. Rotação de culturas no sistema plantio direto, em Tibagi (PR). I - Sequestro de carbono no solo. **Revista Brasileira Ciência do Solo**. n. 33 p. 13-22. 2009
- SOARES, A. B. et. al. Produção animal e vegetal em Sistemas Integrados de Produção Agropecuária. In: **SIMPÓSIO DE PRODUÇÃO ANIMAL A PASTO**, 3., 2015, Dois Vizinhos, PR. [Anais...]. Dois Vizinhos: UTFPR, UEM, p. 139 2015.

SOUZA FILHO, A. P. S; et al. Capacidade de absorção de nutrientes do capim-Marandu (*Brachiaria brizantha*) e da planta daninha malva (*Urena lobata*) em função do pH. **Planta daninha**, v. 18, p. 443-450, 2000.

SOUZA, M. R. F; et al. Produção de forragem do capim Tanzânia sob intervalos de corte e doses de potássio. **Ciência e Agrotecnologia**, n. 31, p. 1532- 1536, 2007.

TIMOSSI, P. C; et al. Formação de palhada por braquiárias para adoção do sistema plantio direto. *Bragantia*, n. 66, p. 617–622. 2007. <https://doi.org/10.1590/S0006-87052007000400012>

UEHARA, T. H. K. et al. Produtividade de sorgo granífero em consórcio com capim tamani, em diferentes densidade populacionais e sistemas de semeadura. 2020. **Dissertação**, Instituto Federal Goiano, Rio Verde - GO. 2020.

VILELA, H. Renovação e Manutenção de Pastagens. Avaliable in: http://www.agronomia.com.br/conteudo/artigos/artigos_renovacao_manutencao_pastagens.htm, Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil, 2009.

VILELA, L.; et al. Sistemas de integração lavoura-pecuária na região do Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 46, n. 10, p. 1127-1138, out. 2011.

VITTI, G.C.; et al. Cálcio, magnésio e enxofre. In: FERNANDES, M.S. (Ed.). Nutrição mineral de plantas. Viçosa: **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, p. 299-325. 2006.

VIZAGO, C. P. Híbridos de milho e sorgo para silagem: características agronômicas e nutricionais. In: **SIMPÓSIO SOBRE MANEJO ESTRATÉGICO DA PASTAGEM**, 1, 2002, Viçosa. Anais... Viçosa: UFV, p. 351-371, 2002.

WANG, G. Genetic analyses of grain-filling rate and duration in maize. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 6, p. 211-222, 1999.

ZEOSA, M. C. M; et al. Production and quality of corn silage cultivated on integrated crop-livestockforest system in a Cerrado region of Minas Gerais, Brazil. **Journal of Animal Science**, v. 89, p. 551-551, 2011.

ZEOULA, L. M. et al. Avaliação de Cinco Híbridos de Milho (*Zea mays*, L.) em Diferentes Estádios de Maturação; Composição Químico-Bromatológica. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.3, p.556- 566, 2003.