



## **BACHARELADO EM AGRONOMIA**

# **EFICIÊNCIA DE DESSECAÇÃO, PRODUÇÃO DE BIOMASSA E RELAÇÃO C:N DO MILHO, CULTIVARES DE *Panicum maximum* E FEIJÃO GUANDU EM MONOCULTIVO E CONSORCIADO.**

**GUILHERME GOUVEIA MORAES**

**Rio Verde, GO**

**2024**

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
GOIANO – CAMPUS RIO VERDE.  
BACHARELADO EM AGRONOMIA**

**EFICIÊNCIA DE DESSECAÇÃO, PRODUÇÃO DE BIOMASSA E  
RELAÇÃO C:N DO MILHO, CULTIVARES DE *Panicum maximum* E  
FEIJÃO GUANDU EM MONOCULTIVO E CONSORCIADO.**

**GUILHERME GOUVEIA MORAES**

Trabalho de Curso Apresentado ao Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde, como requisito parcial para a obtenção do Grau de Bacharel em Agronomia.

Orientadora Profa. Dr<sup>a</sup>. Kátia Aparecida de Pinho  
Costa.

Rio Verde - GO  
Novembro, 2024

Sistema desenvolvido pelo ICMC/USP  
Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
**Sistema Integrado de Bibliotecas - Instituto Federal Goiano**

M828e Moraes, Guilherme Gouveia  
Eficiência de dessecação, produção de biomassa e  
relação c:n do milho, cultivares de *Panicum maximum* e  
feijão guandu em monocultivo e consorciado /  
Guilherme Gouveia Moraes; orientadora Kátia Aparecida  
de Pinho Costa. -- Rio Verde, 2024.  
24 f.

TCC (Bacharelado em Agronomia) -- Instituto  
Federal Goiano, Campus Rio Verde, 2024.

1. Agricultura regenerativa. 2. *Panicum maximum*. 3.  
Sistemas integrados. 4. Sustentabilidade. 5. *Zea mays*  
L. I. Costa, Kátia Aparecida de Pinho, orient. II.  
Título.

## TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAR PRODUÇÕES TÉCNICO-CIENTÍFICAS NO REPOSITÓRIO INSTITUCIONAL DO IF GOIANO

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610, de 19 de fevereiro de 1998, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano a disponibilizar gratuitamente o documento em formato digital no Repositório Institucional do IF Goiano (RIF Goiano), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IF Goiano.

### IDENTIFICAÇÃO DA PRODUÇÃO TÉCNICO-CIENTÍFICA

- |  |   |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> Tese (doutorado)            | <input type="checkbox"/> Artigo científico              |
| <input type="checkbox"/> Dissertação (mestrado)      | <input type="checkbox"/> Capítulo de livro              |
| <input type="checkbox"/> Monografia (especialização) | <input type="checkbox"/> Livro                          |
| <input checked="" type="checkbox"/> TCC (graduação)  | <input type="checkbox"/> Trabalho apresentado em evento |

Produto técnico e educacional - Tipo:

Nome completo do autor:

Guilherme Gouvêa Moraes

Matrícula:

Título do trabalho:

2018102200240400

Eficiência de dissecação, produção de biomassa e relação com do milho, cultivos de *Panicum maximum* e feijão quando em monocultivo e consorciado.

### RESTRIÇÕES DE ACESSO AO DOCUMENTO

Documento confidencial:  Não  Sim, justifique:

Informe a data que poderá ser disponibilizado no RIF Goiano: 10/07/2025

O documento está sujeito a registro de patente?  Sim  Não

O documento pode vir a ser publicado como livro?  Sim  Não

### DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA

O(s) referido(s) autor(es) declara:

- Que o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;
- Que obteve autorização de quaisquer materiais incluídos no documento do qual não detém os direitos de autoria, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;
- Que cumpriu quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano.

Rio Verde - GO  
Local

05/12/2024  
Data

*Guilherme Gouvêa Moraes*  
Assinatura do autor e/ou detentor dos direitos autorais

Ciente e de acordo:

 **gov.br** INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
Estado: GO | CNPJ: 12.169.161-0/000  
Verifique em: <https://verifica.gov.br>

Assinatura do orientador



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL  
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA  
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO

Ata nº 101/2024 - DPGPI-RV/CMPRV/IFGOIANO

#### ATA DE DEFESA DE TRABALHO DE CURSO

Aos 22 de dezembro de 2024, às 09:30 horas, reuniu-se a banca examinadora composta pela Profa. Kátia Aparecida de Pinho Costa (orientadora), Prof. Dr. Eduardo da Costa Severiano (IF Goiano - Campus Rio Verde); Pesquisadora Luciana Maria da Silva (IF Goiano - Campus Rio Verde) e Mestrando Bruno de Souza Marques, para examinar o Trabalho de Curso intitulado "Eficiência de dessecação, produção de biomassa e relação C:N do milho, cultivares de *Panicum maximum* e feijão guandu em monocultivo e consorciado" do estudante Guilherme Gouveia Moraes, Matrícula nº 2018102200240400 do Curso de Agronomia do IF Goiano – Campus Rio Verde. A palavra foi concedida ao estudante para a apresentação oral do TC, houve arguição do candidato pelos membros da banca examinadora. Após tal etapa, a banca examinadora decidiu pela **APROVAÇÃO** do estudante. Ao final da sessão pública de defesa foi lavrada a presente ata que segue assinada pelos membros da Banca Examinadora.

*(Assinado Eletronicamente)*

Kátia Aparecida de Pinho Costa

Orientadora

*(Assinado Eletronicamente)*

Eduardo da Costa Severiano

Membro

*(Assinado Eletronicamente)*

Luciana Maria da Silva

Membro

(Assinado Eletronicamente)

Bruno de Souza Marques

Membro

Documento assinado eletronicamente por:

- **Katia Aparecida de Pinho Costa, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO**, em 04/12/2024 13:11:46.
- **Luciana Maria da Silva, 2024202343660001 - Discente**, em 04/12/2024 13:13:42.
- **Eduardo da Costa Severiano, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO**, em 04/12/2024 13:14:10.
- **Bruno de Souza Marques, 2023102310240004 - Discente**, em 04/12/2024 13:17:01.
- **Pablo da Costa Gontijo, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO**, em 05/12/2024 17:38:23.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 04/12/2024. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifgoiano.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 658120  
Código de Autenticação: ddd793675f



INSTITUTO FEDERAL GOIANO

Campus Rio Verde

Rodovia Sul Goiana, Km 01, Zona Rural, 01, Zona Rural, RIO VERDE / GO, CEP 75901-970

(64) 3624-1000

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus por me dar a oportunidade da vida, e me abençoar na luta pelos meus sonhos.

Agradeço minha família, em especial minha mãe Elaine Gouveia da Cruz Couto, que infelizmente por querer do destino não teve oportunidade de estar comigo até o fim do meu curso de graduação.

Agradeço toda a equipe do laboratório de Forragicultura e Pastagens, especialmente a professora Dr<sup>a</sup>. Kátia Aparecida de Pinho Costa, pela orientação e a Luciana pela condução da pesquisa e auxílio no desenvolvimento do trabalho.

Agradeço aos professores, amigos e todos da instituição de ensino que compartilharam comigo seus conhecimentos e vivências, gratidão!

## LISTA DE ABREVIACOES E SÍMBOLOS

C	Carbono;
cm	Centímetros;
ha	Hectare;
ILP	Integração lavoura-pecuária;
N	Nitrogênio;
SBCPD	Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas;
%	Porcentagem;
F	Homogeneidade dos dados;
K	Constante de decomposição da biomassa seca;
kg	Quilograma;
t1/2	Tempo de meia vida da palhada;
m	Metros;
mm	Milímetros;
C	Graus Celsius;
L	Litros;
g	Gramas;
W	Oeste;
S	Sul.

## LISTA DE FIGURAS

	Páginas
<b>Figura 1.</b> Área experimental durante a condução do experimento em Rio Verde, Goiás.	9
<b>Figura 2.</b> Precipitações pluviiais e temperaturas mensais registradas durante o período de janeiro de 2021 a março de 2023, em Rio Verde GO .....	9
<b>Figura 3.</b> Eficiência de dessecação das forrageiras nos diferentes sistemas de cultivo, após a colheita do milho (média de dois anos) .....	12
<b>Figura 4.</b> Biomassa remanescente do primeiro ano (a) e segundo ano (b) dos sistemas de cultivo do milho e <i>Panicum maximum</i> em monocultivo e consorciados, durante o desenvolvimento da soja (de 0 a 120 dias) .....	13
<b>Figura 5.</b> Relação C:N do primeiro ano (c) e segundo ano (d) dos sistemas de cultivo do milho e cultivares de <i>Panicum maximum</i> em monocultivo e consorciados, durante o desenvolvimento da soja (de 0 a 120 dias) .....	14

## SUMÁRIO

Páginas

1. INTRODUÇÃO.....	7
2. MATERIAIS E MÉTODOS.....	8
2.1 Descrição da área.....	8
2.2 Desenho experimental e tratamentos .....	10
2.3 Eficiência de dessecação, produção e decomposição da biomassa e relação C:N .....	10
2.4 Análise estatística .....	11
3. RESULTADOS .....	12
4. DISCUSSÃO.....	14
5. CONCLUSÃO.....	16
6. REFERÊNCIAS .....	17

## RESUMO

MORAES, Guilherme Gouveia. **Eficiência de dessecação, produção de biomassa e relação C:N do milho, cultivares de *Panicum maximum* e feijão guandu em monocultivo e consorciado.** 2024. 28p Monografia (Curso Bacharelado em Agronomia). Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano - Campus Rio Verde, Rio Verde, GO, 2024.

O uso de cobertura do solo, através dos sistemas integrados tem demonstrado eficácia em impulsionar mudanças nas propriedades do solo, promovendo maior produção de grãos. No entanto, ainda há a necessidade de investigar como os diferentes arranjos de cultivo desses sistemas de manejo, podem influenciar na produtividade da soja. Assim, este estudo teve como objetivo avaliar eficiência de dessecação, produção e relação C:N da biomassa de forrageiras em diferentes sistemas de monocultivo e consórcio. O delineamento experimental utilizado foi de blocos ao acaso em três repetições. Os tratamentos foram constituídos da biomassa: milho; capim-tamani; capim-quênia; capim-zuri; feijão guandu em monocultivo; milho consorciado com capim-tamani + feijão guandu; milho consorciado com capim-quênia + feijão guandu e milho consorciado com capim-zuri + feijão guandu. Os resultados mostraram que a maior produção de biomassa foi obtida no consórcio triplo com o capim-zuri. O milho em monocultivo apresentou maior relação C:N e o feijão guandu menor relação. Os sistemas integrados contribuíram para aumento da produção de biomassa e balanceamento da relação C:N, promovendo maior cobertura do solo e ciclagem de nutrientes. Concluímos que sistemas integrados, que combinam o cultivo de gramíneas e leguminosas é uma estratégia inovadora e eficiente para os sistemas de produção agrícola, garantindo maior sustentabilidade.

**Palavras-chave:** Agricultura regenerativa, *Panicum maximum*, sistemas integrados Sustentabilidade, *Zea mays* L.

## 1. INTRODUÇÃO

O setor agrícola tem sido o apoio mais importante para a sobrevivência humana global, mas tem enfrentado nos últimos anos desafios socioeconômicos, ambientais e institucionais (Liu, 2023). Garantir a segurança alimentar de uma população crescente, bem como, a conservação dos recursos naturais e da biodiversidade, através da redução de uso de agroquímicos e assegurar a mitigação das alterações climáticas, são as principais prioridades nas agendas internacionais (Oliveira et al., 2024).

Nos trópicos, onde os habitats naturais nos últimos anos, vêm sendo substituídos por terras agrícolas, sem a devida preocupação com o esgotamento da biodiversidade (Pendrill et al., 2019; Raven e Wagner, 2021), tem-se levantado, então, a questão de como conciliar a produção agrícola com a manutenção da biodiversidade e dinâmica dos ecossistemas (Goulart et al., 2023).

Nesse contexto, a adoção de práticas agrícolas integradas pode influenciar a produtividade das culturas, saúde do solo e os serviços ecossistêmicos, sendo, capaz de fornecer soluções e alternativas para os desafios enfrentados pelo setor agrícola e promover ao mesmo tempo o desenvolvimento sustentável em todos os aspectos: social, econômico e ambiental (Liu, 2023; Zhang et al., 2023; Oliveira et al., 2024). Desta maneira, os sistemas integrados destaca-se como prática sustentável, eficiente, capaz de promover diversos serviços ecossistêmicos como aumento dos estoques de carbono (C) e nitrogênio (N) no solo (Ferreira et al., 2018; Silva et al., 2022), melhorar a saúde do solo (Alghamdi e Cihacek, 2022, Silva et al., 2024c), conservação do solo e da água (Maia et al., 2022), aumento e diversificação da produção (Muniz et al., 2021; Silva et al., 2023).

Caracterizado pelo cultivo de culturas anuais e espécies forrageiras em rotação, sucessão e/ou consorciadas em uma mesma área, seja no espaço físico ou cronológico (Pariz et al., 2020), os sistemas integrados, podem oferecer seguro contra o fracasso da colheita (Maitra et al., 2021), sendo capaz de promover a supressão de ervas daninhas reduzindo o uso de agrotóxicos (Mello et al., 2023), recuperação de pastagens (Damian et al., 2023), além de produzir biomassa de cobertura do solo para o sistema de plantio direto, promovendo maior ciclagem de nutrientes e economia com fertilizantes (Dias et al., 2020; Silva et al., 2024b) e auxiliar na redução da evaporação da água e erosão do solo (Lima et al., 2023).

Adicionalmente, a presença de leguminosas fixadoras de N, no sistema contribui para aumentar a sustentabilidade da produção, pois facilitam a fixação biológica do nitrogênio, através de sua relação simbiótica com bactérias do solo conhecidas coletivamente como rizóbios (Rodriguez et al., 2020), ao mesmo tempo que reduzem a dependência de fertilizantes

nitrogenados (Epifanio et al., 2019), o que contribui com a redução de emissão de gases do efeito estufa (Furtado et al., 2023), manutenção do equilíbrio de nutrientes e da fertilidade do solo, bem como, aumento do rendimento das colheitas (Li et al., 2020; Fernandes et al., 2023).

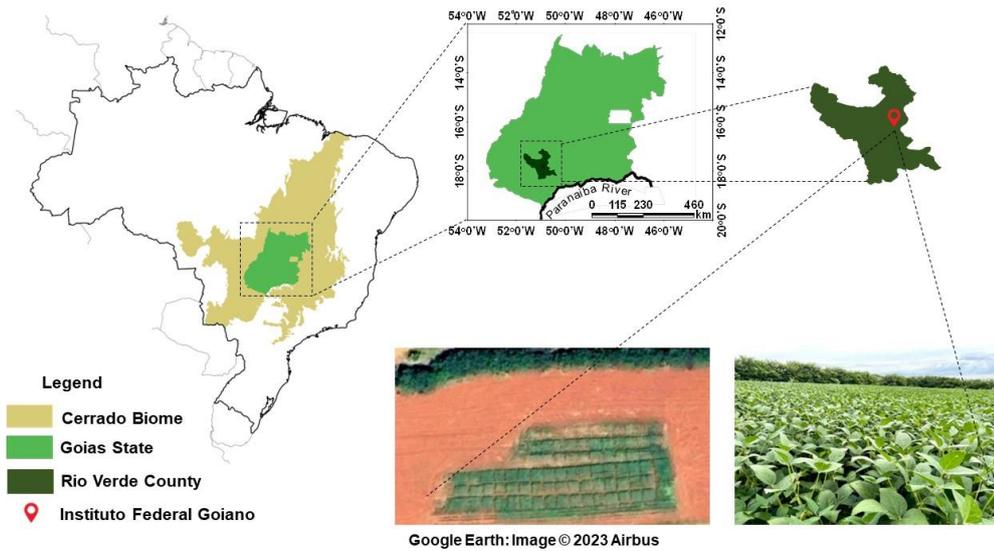
Vários estudos nos últimos anos vêm sendo desenvolvidos, esclarecendo as vantagens dos sistemas integrados, principalmente, com a inclusão de forrageiras do gênero *Panicum maximum*, em termos de rendimento econômico, bem como nas melhorias das propriedades físicas, químicas e biológicas do solo (Silva et al., 2023; Laroca et al., 2018; (Silva et al., 2022). Entretanto, a produção de biomassa para o sistema de plantio direto da soja a partir do consórcio duplo, como por exemplo, milho com forrageiras tropicais, estar solidamente consolidado, apoiado por resultados científicos (Dias et al., 2020; Silva et al., 2023; Silva et al., 2024b). Por outro lado, há uma lacuna significativa de conhecimento em relação ao consórcio triplo (cereais + gramíneas + leguminosa), principalmente abordando o benefício da leguminosa com as outras culturas.

Nesse contexto, o consórcio do milho com cultivares de *Panicum* e feijão guandu pode ser uma estratégia eficaz para entender a dinâmica dessas culturas cultivadas simultaneamente, uma vez que estas têm características distintas que afetam o desenvolvimento das culturas e compreender a inter-relação entre os sistemas de cultivo e suas vantagens para o sistema de plantio direto da soja. Assim, este estudo teve como objetivo avaliar a eficiência de dessecação, produção e relação C:N da biomassa de forrageiras em diferentes sistemas de monocultivo e consórcio. Nossa hipótese é que o consórcio triplo aumenta a cobertura do solo, através da maior produção de biomassa para o sistema de plantio direto da soja.

## **2. MATERIAIS E MÉTODOS**

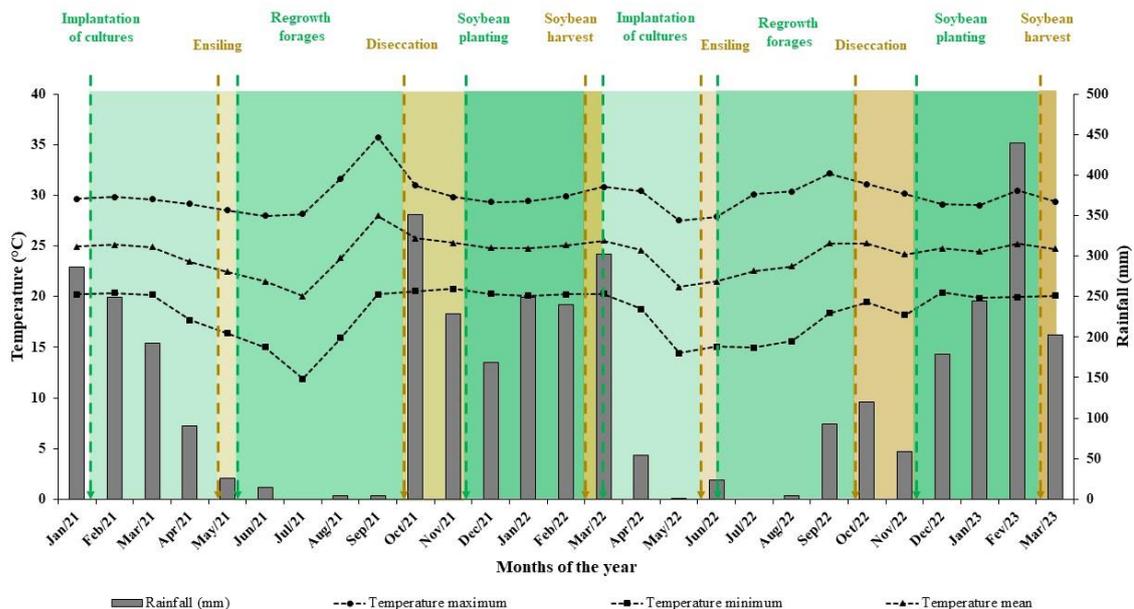
### **2.1 Descrição da área**

O experimento de campo foi realizado de janeiro de 2021 a março de 2023, contemplando quatro safras em Rio Verde, estado de Goiás, no Brasil central (17° 48' 53" S e 50 ° 54' 02" W, com altitude de 748m) (Figura 1). O solo da área experimental foi classificado como Latossolo Vermelho Acriférico típico (Santos et al., 2018), com 562; 94 e 344 g kg<sup>-1</sup> de argila, silte e areia, respectivamente.



**Figura 1.** Área experimental durante a condução do experimento em Rio Verde - Goiás, Brasil.

Durante a condução do experimento foram monitorados os dados de precipitação, temperatura máxima, média e mínima mensal (Figura 2). Sendo observado, no primeiro ano do experimento (período de janeiro de 2021 até março de 2022), média de temperatura de 24,3°C e precipitação de 2410 mm, com distribuição regular das chuvas. Já no segundo ano de condução da pesquisa (período de março de 2022 até março de 2023) foi observado média de temperatura de 24°C e precipitação de 1723 mm (Figura 2).



**Figura 2.** Precipitações pluviais e temperaturas mensais registradas durante o período de janeiro de 2021 a março de 2023, em Rio Verde – GO.

A primeira etapa da pesquisa (primeiro ano) foi implantada em 28 de janeiro de 2021 e segundo ano em 3 de março de 2022, com a semeadura do milho, cultivares de *Panicum maximum* (BRS Tamani, BRS Quênia e BRS Zuri) e feijão guandu (*Cajanus cajan* cv. BRS Mandarin) em monocultivo e consorciados para a produção de silagem de sistemas integrados. O híbrido de milho utilizado foi o P4285 (híbrido convencional com elevada estabilidade e sanidade foliar, adequado para a produção de silagem).

Para os monocultivos, as culturas foram semeadas a 0,90 m entre linhas. No consórcio, o milho foi semeado a 0,90 m entre linhas, sendo as forrageiras dos cultivares de *Panicum* e o feijão guandu semeadas na entrelinha a 0,30 m da linha do milho, a 2 cm de profundidade. O milho em todos os tratamentos foi semeado a 3 cm de profundidade. Todos os tratamentos foram semeados em cinco linhas de 4 m de comprimento com área total de 21,6 m<sup>2</sup>. Não foi aplicado nenhum herbicida para suprimir o crescimento das forrageiras e leguminosa em consórcio.

A colheita do milho e das forrageiras para a produção de silagem no primeiro ano do experimento foi realizada no dia 10 de maio de 2021 e no segundo ano no dia 03 de junho de 2022. Posteriormente houve rebrota dos cultivares do gênero *Panicum* e o feijão guandu onde foram conduzidas no período de entressafra (entre os meses de junho a agosto), com cortes sucessivos, simulando pastejo. Em agosto de 2021 e 2022 foi realizado o último corte das forrageiras, que ficaram em descanso para rebrota. Posteriormente, em outubro foi realizado a dessecação, visando a formação de biomassa de cobertura do solo para a semeadura direta da soja.

## **2.2 Desenho experimental e tratamentos**

O delineamento utilizado foi o de blocos ao acaso, com três repetições. Os tratamentos foram constituídos da biomassa: milho; capim-tamani; capim-quênia; capim-zuri; feijão guandu em monocultivo; milho consorciado com capim-tamani + feijão guandu; milho consorciado com capim-quênia + feijão guandu; milho consorciado com capim-zuri + feijão guandu; além de um tratamento adicional sem biomassa de cobertura. As avaliações foram realizadas durante período de dois anos nas mesmas parcelas.

## **2.3 Eficiência de dessecação, produção e decomposição da biomassa e relação C:N**

Foi realizada dessecação das plantas forrageiras em outubro de 2021 e outubro de 2022 com aplicação de Glifosato na dose de 3 L ha<sup>-1</sup> (480 g L<sup>-1</sup> de ingrediente ativo). A eficiência do herbicida foi avaliada conforme critérios estabelecidos pela Sociedade Brasileira da Ciência das

Plantas Daninhas (SBCPD), (Gazziero, 1995). As avaliações de controle foram realizadas aos 7,14 e 21 dias após a aplicação do herbicida, através de escala visual de 0 a 100%, onde 0% corresponde a nenhuma injúria e 100% à morte das plantas.

Um dia antes da semeadura da soja, foram coletadas oito amostras de biomassa da cobertura morta de todos os sistemas de cultivo, através de um quadrado de 0,50 x 0,50 m (0,25 m<sup>2</sup>) distribuído aleatoriamente dentro de cada parcela. O material, cortado rente ao solo, foi pesado e as amostras colocadas em estufa de ventilação forçada de ar a 55°C até massa constante. Em seguida, foi calculada a produção de biomassa (kg ha<sup>-1</sup>).

A decomposição da biomassa foi avaliada em sacolas confeccionadas em nylon (*Litter bags*) com malha de 2 mm de abertura e dimensões de 25 x 30 cm (Thomas e Asakawa, 1993). Quatro bolsas contendo resíduos das culturas foram depositados em contato direto com o solo. Aos 30, 60, 90 e 120 dias após a colocação das sacolas no solo, retirou-se um “*Litter bag*” de cada parcela, a fim de avaliar o remanescente da biomassa e determinar a decomposição da biomassa durante o período de 120 dias (ciclo de desenvolvimento da soja). Posteriormente, a cada avaliação, o material foi enviado para laboratório para retirada de solo aderido com água corrente até retirar todo resíduo, e seco em estufa a 55°C até peso constante para obtenção da biomassa seca. Com base nos dados de produção inicial de biomassa (kg ha<sup>-1</sup>) dos sistemas, foram calculadas as decomposições percentuais, pela razão entre a massa dos *litter bags* em kg ha<sup>-1</sup> e a produção inicial de biomassa (Dias et al., 2020). Também foram determinados nas amostras de biomassa a concentração de carbono (C) e nitrogênio (N), para posteriormente ser calculado a relação carbono/nitrogênio (C:N) do material.

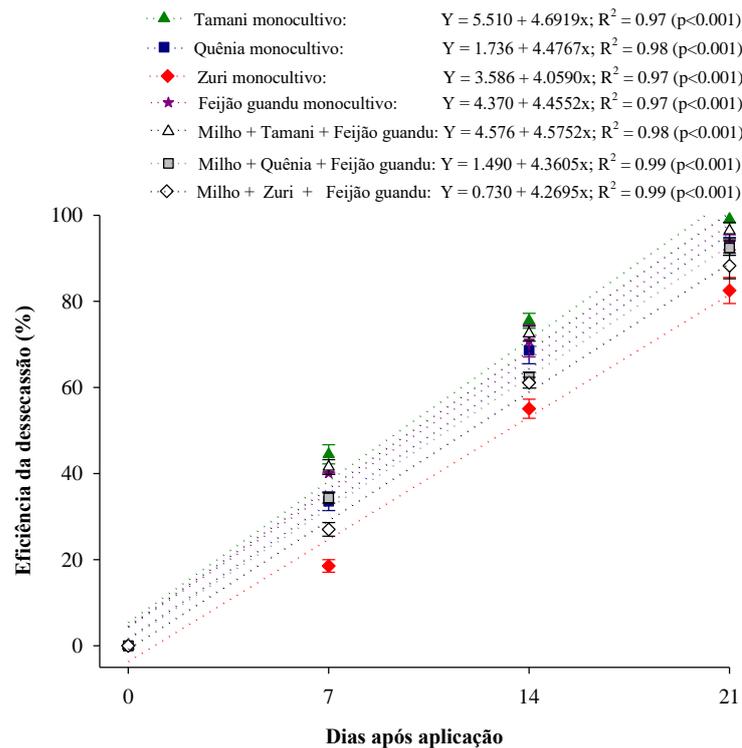
#### 2.4 Análise estatística

Os resultados para a eficiência de dessecação e relação C:N foram ajustados por equações de regressão, com erro padrão. Para descrever a decomposição da biomassa os dados foram ajustados com erro padrão a um modelo matemático exponencial ( $y = aekx$ ) e linear para a relação C:N ( $y = a + bx$ ), usando o software SigmaPlot. As comparações entre as equações estimadas foram realizadas de acordo com o procedimento descrito por Snedecor e Cochran (1989), que testa a homogeneidade dos dados (F) e a significância dos coeficientes angulares da reta ( $0,4343k$ ) e linear ( $\log a$ ) das equações linearizadas ( $\log y = \log a + 0,4343kx$ ).

Para calcular a meia-vida ( $t_{1/2}$ ), ou seja, o tempo necessário para decompor 50% da biomassa remanescente, foi utilizada a equação proposta por Paul e Clark (1989) na qual,  $t_{1/2} = 0,693/k$ , onde  $t_{1/2}$  é a meia-vida da biomassa seca e  $k$  é a constante de decomposição da biomassa seca.

### 3. RESULTADOS

O capim-zuri em monocultivo apresentou menor eficiência de dessecação, com valor máximo de 85,3% aos 21 dias, sendo 14,1 e 9,5% inferior aos capins Tamani e Quênia, respectivamente. A presença do feijão guandu contribuiu para aumentar a eficiência do capim-zuri no consórcio em 34,6, 11,7 e 4,49% aos 7, 14 e 21 dias, respectivamente (Figura 3).



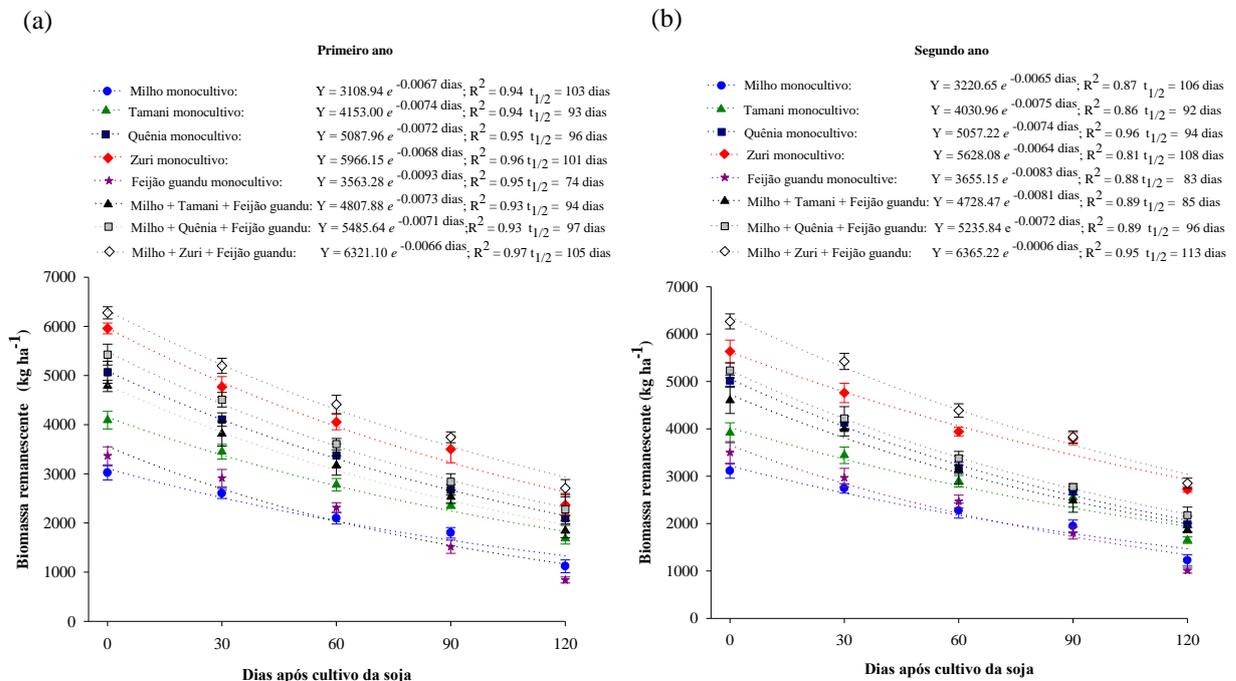
**Figura 3.** Eficiência de dessecação das forrageiras nos diferentes sistemas de cultivo, após a colheita do milho (média de dois anos).

As barras verticais representam o desvio padrão da média.

A maior produção de biomassa remanescente foi obtida nos sistemas consorciados, quando comparado aos sistemas de monocultivos. O consórcio triplo com o capim-zuri, seguida dos consórcios com os capins quênia e tamani, se destacaram com maiores valores. O feijão guandu e o milho em monocultivo apresentaram menor biomassa. Esse comportamento foi semelhante até o ciclo final do desenvolvimento da soja nos dois anos de estudo (Figura 4a, 4b).

Para o tempo de meia vida, os sistemas com capim-zuri (monocultivo e consorciado) apresentaram os maiores valores para os dois anos, com média de 104 e 110 dias para o primeiro e segundo ano, respectivamente, seguido do milho em monocultivo (99 e 106 dias). A biomassa

dos capins Tamani e Quênia em monocultivo e nos consórcio triplo apresentaram tempo de meia vida intermediário com média de 95 e 88 para o primeiro e segundo ano respectivamente. Já o menor tempo de meia vida (74 e 83 dias, para o primeiro e segundo ano), respectivamente, foi observado para o feijão guandu em monocultivo (Figura 4a e 4b).

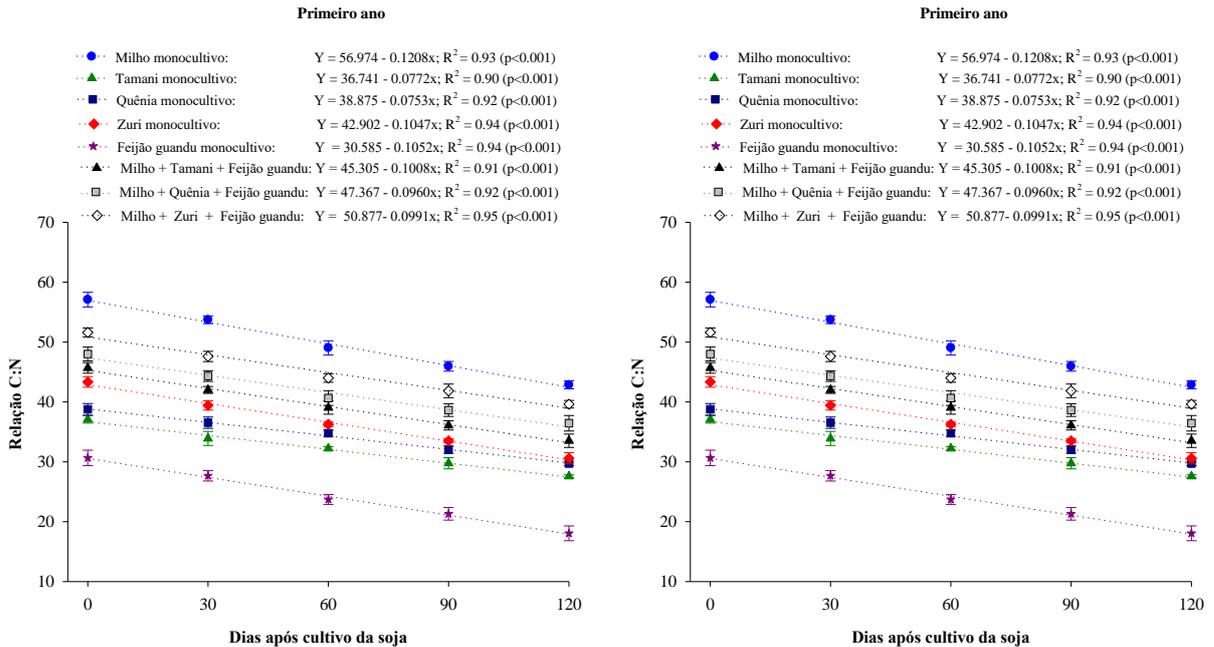


**Figura 4.** Biomassa remanescente do primeiro ano (a) e segundo ano (b) e relação C:N do primeiro ano (c) e segundo ano (d) dos sistemas de cultivo do milho e cultivares de *Panicum maximum* em monocultivo e consorciados, durante o desenvolvimento da soja (de 0 a 120 dias).

Redução linear da relação C:N foi observada para todos os sistemas com os tempos de decomposição da biomassa (Figura 5a e 5b). Para todas as épocas e anos avaliados o milho apresentou a maior relação C:N, sendo inicial de 57 e 62 e final de 43 e 41, para o primeiro e segundo anos, respectivamente. Já o feijão guandu apresentou menor relação, com inicial de 31 e 30 e final de 18 e 19, para o primeiro e segundo ano, respectivamente.

(a)

(b)



**Figura 5.** Relação C:N do primeiro ano (c) e segundo ano (d) dos sistemas de cultivo do milho e cultivares de *Panicum maximum* em monocultivo e consorciados, durante o desenvolvimento da soja (de 0 a 120 dias).

#### 4. DISCUSSÃO

O alto controle da eficiência da dessecação (acima de 90%) para os capins Tamani, Quênia e o feijão guandu em monocultivo, além dos sistemas consorciados com estas forrageiras, pode ser explicado pela morfologia que estas plantas apresentam. Estes cultivares de *Panicum maximum* apresentam grande proporção de folhas com porte variando de baixo a intermediário, o que os torna suscetíveis ao glifosato (Mello et al., 2023; Silva et al., 2023). E o feijão guandu, devido a sua tolerância à seca (Simeão et al., 2023), pois mesmo em condições de baixa precipitação (Figura 2) e ao manejo de sucessivos cortes na entressafra, apresentava quantidade considerável de folhas novas no momento da dessecação, portanto, com alta sensibilidade ao herbicida (Ceballos et al., 2018).

O menor controle da eficiência da dessecação observada para o capim-zuri em monocultivo também pode ser explicado pela morfologia que esta cultivar apresenta, pois diferente dos capins Tamani e Quênia, o capim-zuri apresenta porte alto e maior formação de touceiras (Gomide et al., 2019), o que o torna menos suscetível ao glifosato em relação aos outros cultivares de *Panicum maximum* (Cruvinel et al., 2021), mesmo com cortes na entressafra. É importante ressaltar que no consórcio triplo houve aumento de 3,78% da eficiência da dessecação, aos 21 dias, em relação ao capim-zuri em monocultivo, provavelmente devido a

presença do feijão guandu, que apresentou alta eficiência de dessecação mesmo em monocultivo.

A maior produção de biomassa remanescente obtida no consórcio triplo e monocultivo com o capim-zuri, nos dois anos de pesquisa, pode ser explicado devido ao porte alto, vigor de rebrota, alta produção de colmos e maior potencial de produção de biomassa, em relação aos outros cultivares (Valote et al., 2021). Adicionalmente, todos os sistemas consorciados, contribuíram para maior produção de biomassa remanescente e sua persistência até o final do ciclo da soja, em relação aos sistemas de monocultivos. Zhu et al. (2024), relataram que a diversidade de plantas nos sistemas consorciados contribui para maior proteção do solo, com menor variação de temperatura e umidade, regula as comunidades microbianas no solo, além de aumentar o estoque global de carbono nos solos agrícolas.

Resultados semelhantes foram observados por Silva et al. (2023), que ao avaliar diferentes métodos de semeadura de duas cultivares de *Panicum maximum* em sistemas integrados para produção de biomassa, ciclagem de nutrientes e produtividade da soja, observaram maior biomassa remanescente ao final do ciclo da soja quando o capim-zuri estava presente no sistema (monocultivo e consorciado). Pariz et al. (2020) relataram que no consórcio triplo de milho + capim marandu + feijão guandu, a inclusão da leguminosa proporcionou aumento da produção de biomassa de cobertura do solo e dos teores de nutrientes, em especial o N, demonstrando que sistemas integrados contribuem para a maior proteção do solo e ciclagem de nutrientes.

Na escolha das forrageiras para produção de biomassa para o sistema de plantio direto é de extrema importância considerar o potencial de produção de massa seca, cobertura do solo, dinâmica de acúmulo e liberação de nutrientes, além da relação C:N que influencia diretamente na persistência da biomassa sobre o solo (Simeão et al., 2023). O potencial de combinação com outras espécies, acúmulo de carbono e matéria orgânica também deve ser levado em consideração (Sousa et al., 2019).

Vale ressaltar que a biomassa remanescente no final do ciclo da soja (120 dias), nos dois anos de condução da pesquisa (Figura 4a e 4b) para os sistemas consorciados foi em média 46,9% superior a biomassa remanescente do milho (1170 kg ha<sup>-1</sup>, média dos dois anos) e 58,10% superior ao feijão guandu em monocultivo (925 kg ha<sup>-1</sup>, média dos dois anos). Demonstrando que os sistemas consorciados promovem adequada cobertura de solo.

A menor biomassa remanescente do feijão guandu em monocultivo ao final do ciclo da soja é devido à baixa relação C:N que as leguminosas apresentam (Pereira Filho et al., 2019). Nos dois anos, o feijão guandu no momento da dessecação apresentava grande quantidade de

folhas novas, conforme relatado anteriormente, que apresentavam alto teor de N, favorecendo, desta forma, a rápida decomposição dos resíduos. Já para o milho em monocultivo, a menor biomassa remanescente é decorrente do baixo resíduo deixado no solo após a colheita para a produção de silagem. Vale ressaltar também, que o cultivo do milho em monocultivo não apresenta boa cobertura do solo, em comparação com as forrageiras tropicais em monocultivo e consorciadas, podendo comprometer o desempenho da cultura sucessora, principalmente, em condições climáticas adversas (Muniz et al., 2021; Pereira et al., 2023).

O maior tempo de meia vida observado para o capim-zuri em monocultivo e no consórcio triplo, nos dois anos, pode ser explicado pela morfologia desta cultivar, conforme relatado anteriormente, esse capim apresenta maior grande quantidade de touceiras e estruturas de suporte, assegurando maior relação C:N, taxa de decomposição e persistência sobre o solo até a colheita da soja (Silva et al., 2023). Já o feijão guandu apresentou baixa relação C:N, o que contribui para a rápida decomposição e menor tempo de meia vida dos resíduos (Figuras 4a e 4b).

A alta proporção de colmo formado principalmente por lignina, celulose e hemicelulose, no resíduo da cultura do milho, contribuíram para tempo de meia vida de 99 e 106 dias (Figuras 4a e 4b) e maior relação C:N (Figura 5a e 5b), no primeiro e segundo ano, respectivamente. Esses componentes são estruturas complexas e de difícil decomposição pelos microrganismos, retardando a decomposição dos resíduos de milho e garantindo sua persistência ao longo do ciclo da soja (Sun et al., 2021), entretanto, com menor cobertura do solo.

É importante ressaltar que a quantidade e a qualidade dos resíduos de cobertura do solo influenciam sua taxa de decomposição e persistência (Franco et al., 2020). Nesse contexto, nossos resultados evidenciam que o consórcio triplo incrementa tanto a quantidade e a qualidade dos resíduos depositados no solo, equilibrando a relação C:N, em comparação com a biomassa de feijão guandu em monocultivo, contribuindo para o equilíbrio dos processos de imobilização e mineralização e favorecendo maior persistência da biomassa de cobertura do solo ao longo do ciclo da cultura sucessora (Truong e Marschner, 2018).

## 5. CONCLUSÃO

Os capins Tamani e Quênia e o feijão guandu em monocultivo e consorciados apresentaram maior eficiência de dessecação.

O consórcio triplo com capim-zuri apresentou maior produção de biomassa. No entanto, todos os cultivares de *Panicum maximum* podem ser recomendados para os sistemas integrados,

pois proporcionaram adequada produção de biomassa. O milho em monocultivo apresentou mais relação C:N e o feijão guandu menor relação.

Concluimos que sistemas integrados, que combinam o cultivo de gramíneas e leguminosas é uma estratégia inovadora e eficiente para os sistemas de produção agrícola, garantindo maior sustentabilidade.

## 6. REFERÊNCIAS

Alghamdi, R.S., Cihacek, L. Do post-harvest crop residues in no-till systems provide for nitrogen needs of following crops?. **Agronomy Journal**, v. 114, n. 1, p. 835-852, 2022. <https://doi.org/10.1002/agj2.20885>.

Ceballos, G. A., Fabian, A. J., Silva, J. C. O., Torino, A. B., Bernardes, G. F. Production and speed of decomposition of species of soil coverage in direct sowing system. **Revista de Ciências Agrárias Amazonian Journal of Agricultural and Environmental Sciences**, v. 61, 2018. <http://dx.doi.org/10.22491/rca.2018.2631>

Cruvinel, A. G., Gonçalo, T. P., Moraes, K. L., Pereira, B. C. S., Sousa, J. V. A., Andrade, D. N. Effects of herbicide underdoses on the vegetative development of *Panicum maximum* cultivars. **Científica**, v. 49, n. 3, p. 121-127, 2021. <https://doi.org/10.15361/1984-5529.2021v49n3p121-127>

Damian, J. M., Silva Matos, E., Pedreira, B. C., Faccio Carvalho, P. C., Premazzi, L. M., Cerri, C. E. P. Intensification and diversification of pasturelands in Brazil: Patterns and driving factors in the soil carbon stocks. **Catena**, v. 220, p. 106750, 2023. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2022.106750>

Dias, M. B. C., Costa, K. A. P., Severiano, E. C., Bilego, U., Furtini Neto, A. E., Almeida, D. P., Brand, S. C., Lourival, V. *Brachiaria* and *Panicum maximum* in an integrated crop-livestock system and a second-crop corn system in succession with soybean. **The Journal of Agricultural Science**, v. 158, n. 3, p. 206-217, 2020 <https://doi.org/10.1017/S0021859620000532>

Epifanio, P. S., Costa, K. A. P., Severiano, E. C., Simon, G. A., Silva, V. R. Nitrogen nutrition and changes in the chemical attributes of the soil for cultivars of *Brachiaria brizantha* intercropped with *Stylosanthes* in different forage systems. **Archives of Agronomy and Soil Science**, v. 66, n. 8, p. 1154-1169, 2020. <https://doi.org/10.1080/03650340.2019.1658867>

Fernandes, P. B.; Gonçalves, L. F.; Claudio, F. L.; Souza, J. A.; Júnior, G. C.; Alves, E. M.; Paim, T. P. Sustainable Production of Maize with Grass and Pigeon Pea Intercropping. **Agriculture**, v. 13, n. 6, p. 1246, 2023. <https://doi.org/10.3390/agriculture13061246>

Ferreira, E. B.; Cavalcanti, P. P.; Nogueira, D. A. ExpDes: An R Package for ANOVA and Experimental Designs. *Applied Mathematics*, v.5, p.2952-2958, 2018.

Franco, A. J., Silva, A. P. V., Souza, A. B. S., Oliveira, R. L., Batista, É. R., Souza, E. D., Silva, A. O., Carneiro, M. A. C. Plant diversity in integrated crop-livestock systems increases the soil enzymatic activity in the short term. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 50, p. e64026, 2020. <https://doi.org/10.1590/1983-40632020v5064026>

Furtado, A.J.; Abdalla Filho, A.L.; Bruno, J.F.; Neto, R.P.; Lobo, A.A.G.; Silva, G.V.; Perna Junior, F.; Alves, T.C.; Berndt, A.; Pedroso, A.F.; Medeiros, A.R.; Oliveira, P.P.A.; Rodrigues, P.H.M. Pigeon pea intercropped with tropical pasture as a mitigation strategy for enteric methane emissions of nellore steers. **Animals**, v. 13, n. 8, p. 1323, 2023. <https://doi.org/10.3390/ani13081323>

Gazziero, D. L. P. **Procedimentos para instalação, avaliação e análise de experimentos com herbicidas**. Sociedade Brasileira da Ciência de Plantas Daninhas, 1995.

Gomide, C. A., Paciullo, D. S., Morenz, M. J., Costa, I. A., Lanzoni, C. L. Productive and morphophysiological responses of *Panicum maximum* Jacq. cv. BRS Zuri to timing and doses of nitrogen application and defoliation intensity. **Grassland science**, v. 65, n. 2, p. 93-100, 2019. <https://doi.org/10.1111/grs.12226>

Goulart, F. F., Chappell, M. J., Mertens, F., Soares-Filho, B. Sparing or expanding? The effects of agricultural yields on farm expansion and deforestation in the tropics. **Biodiversity and Conservation**, v. 32, n. 3, p. 1089-1104, 2023. <https://doi.org/10.1007/s10531-022-02540-4>

Lima, J. D. P., Torino, A. B., Silva, L. M., Nascimento Júnior, L. F., Brito, M. F., Costa, K. A. P., Silva, B. M., Severiano, E. Crop-livestock integration improves physical soil, agronomic and environmental aspects in soybean cultivation. **Plants**, v. 12, n. 21, p. 3746, 2023. <https://doi.org/10.3390/plants12213746>

Laroca, J. V. S., Souza, J. M. A., Pires, G. C., Pires, G. J. C., Pacheco, L. P., Silva, F. D., Wruck, F. J., Carneiro, M. A. C., Silva, L. S., Souza, E. D. Soil quality and soybean productivity in crop-livestock integrated system in no-tillage. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 53, p. 1248-1258, 2018. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2018001100007>

Li, C., Hoffland, E., Kuyper, T. W., Yu, Y., Zhang, C., Li, H., Zhang, F. Van Der Werf, W. Syndromes of production in intercropping impact yield gains. **Nature Plants**, v. 6, n. 6, p. 653-660, 2020. <https://doi.org/10.1038/s41477-020-0680-9>

Liu, X. Sustainable intensification: A historical perspective on China's farming system. **Farming System**, v. 1, n. 1, p. 100001, 2023. <https://doi.org/10.1016/j.farsys.2023.100001>

Maia, S. M. F., Medeiros, A. S., Santos, T. C., Lyra, G. B., Lal, R., Assad, E. D., Cerri, C. E. P. Potential of no-till agriculture as a nature-based solution for climate-change mitigation in Brazil. **Soil and Tillage Research**, v. 220, p. 105368, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.still.2022.105368>

Maitra, S., Hossain, A., Brestic, M., Skalicky, M., Ondrisik, P., Gitari, H., Brahmachari, K., Shankar, T., Bhadra, P., Palai, J. B., Jena, J., Bhattacharya, U., Duvvada, S. K., Lalichetti, S., Sairam, M. Intercropping-A low input agricultural strategy for food and environmental security. **Agronomy**, v. 11, n. 2, p. 343, 2021. <https://doi.org/10.3390/agronomy11020343>

Mello, C. E., Jakelaitis, A., Silva, C. H. D. L., Sousa, G. D. D., Silva, J. O. D. Doses de glifosato na supressão de *Megathyrus maximus* cv. BRS Quênia consorciado com milho

transgênico. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 27, p. 892-899, 2023. <http://dx.doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v27n11p892-899>

Muniz, M. P., Costa, K. A. P., Severiano, E. C., Bilego, U. O., Almeida, D. P., Furtini Neto, A. E., Vilela, L., Lana, M. A., Leandro, W. M., Dias, M. B. C. (2021). Soybean yield in integrated crop–livestock system in comparison to soybean–maize succession system. **The Journal of Agricultural Science**, v. 159, n. 3-4, p. 188-198, 2021. <https://doi.org/10.1017/S0021859621000393>

Oliveira, D. M., Santos, R. S., Chizzotti, F. H., Bretas, I. L., Franco, A. L., Lima, R. P., Freitas, D. A. F., Cherubin, M. R., Cerri, C. E. Crop, livestock, and forestry integration to reconcile soil health, food production, and climate change mitigation in the Brazilian Cerrado: A review. **Geoderma Regional**, v. 37, p. e00796, 2024. <https://doi.org/10.1016/j.geodrs.2024.e00796>

Pariz, C. M., Costa, N. R., Costa, C., Crusciol, C. A. C., Castilhos, A. M., Meirelles, P. R. L., Calonego, J. C., Andreotti, M., Souza, D. M., Cruz, I. V., Longhini, V. Z., Protes, V. M., Sarto, J. R. W., Piza, M. L. S. T., Melo, V. F. P., Sereia, R. C., Fachiolli, D. F., Almeida, F. A., Souza, L. G. M., Franzluebbbers, A. J. An innovative corn to silage-grass-legume intercropping system with oversown black oat and soybean to silage in succession for the improvement of nutrient cycling. **Frontiers in Sustainable Food Systems**, v. 4, p. 544996, 2020. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2020.544996>

Paul, E. A., Clark, F.E. Soil microbiology and biochemistry. San Diego, Academic Press, p.275, 1989.

Pendrill, F., Persson, U. M., Godar, J., Kastner, T., Moran, D., Schmidt, S., Wood, R. Agricultural and forestry trade drives large share of tropical deforestation emissions. **Global environmental change**, v. 56, p. 1-10, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2019.03.002>

Pereira Filho, A., Salviano, A. M., Yuri, J. E., Giongo, V. Nutrient cycling in multifunctional agroecosystems with the use of plant cocktail as cover crop and green manure in the semi-arid. **African Journal of Agricultural Research**, v. 14, n. 5, p. 241-251, 2019. <https://doi.org/10.5897/AJAR2018.13600>

Pereira, R. R., Garcia, I. M., Modesto, V. C., Sekiya, B. M. S., Soares, D. D. A., Andreotti, M. Soybean performance in succession to the intercropping of corn with marandu grass and pigeonpea in an integrated agricultural production system. **Revista Ceres**, v. 70, p. 72-80, 2023. <https://doi.org/10.1590/0034-737X202370030008>

Raven, P. H., Wagner, D. L. Agricultural intensification and climate change are rapidly decreasing insect biodiversity. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 118, n. 2, p. e2002548117, 2021. <https://doi.org/10.1073/pnas.2002548117>

Rodriguez, C., Carlsson, G., Englund, J. E., Flöhr, A., Pelzer, E., Jeuffroy, M. H., Makowski, D., Jensen, E. S. Grain legume-cereal intercropping enhances the use of soil-derived and biologically fixed nitrogen in temperate agroecosystems. A meta-analysis. **European Journal of Agronomy**, v. 118, p. 126077, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2020.126077>

Santos, H. G.; Jacomine, P. K. T.; Anjos, L. H. C.; Oliveira, V. A.; Lumberras, J. F.; Coelho, M. R.; Almeida, J. A.; Cunha, T. J. F.; Oliveira, J. B. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Embrapa CNPS, 5 ed. 2018. 356p.

Silva, J. A. G., Costa, K. A. P., Severiano, E. C., Silva, A. G., Vilela, L., Leandro, W. M., Muniz, M. P., Silva, L. M., Mendonça, K. T. M., Barros, V. M. Efficiency of Desiccation, Decomposition and Release of Nutrients in the Biomass of Forage Plants of the Genus *Brachiaria* After Intercropping with Sorghum in Integrated Systems for Soybean Productivity. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v.55, n.7, p.1-19, 2024b. <https://doi.org/10.1080/00103624.2024.2323076>

Silva, J. A. G., Costa, K. A. P., Silva, L. M., Severiano, E. C., Silva, F. G., Habermann, E., Martinez, C. A., Vilela, L., Silva, A. G., Costa, A. C., Costa, J. V. C. P., Oliveira, K. J. Integrated systems improve the sustainability of soybean cultivation in the tropical region. **Frontiers in Sustainable Food Systems**, v. 7, p. 1224530. 2023. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2023.1224530>

Silva, J. A. G., Habermann, E., Costa, K. A. P., Silva, L. M., Severiano, E. C., Costa, A. C., Silva, F. G., Oliveira, T. C., Dário, B. M. M., Vilela, L., Costa, J. V. C. P., Martinez, C. A. Integration crop-livestock system increases the sustainability of soybean cultivation through improved soil health and plant physiology. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v.359, p. 108770, 2024c. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2023.108770>

Silva, L. S., Laroca, J. V. S., Coelho, A. P., Gonçalves, E. C., Gomes, R. P. Pacheco, L. P., Carvalho, P. C. F., Pires, G. C., Oliveira, R. L., Souza, J. M. A., Freitas, C. M., Cabral, C. E. A., Wruck, F. J., Souza, E. D. Does grass-legume intercropping change soil quality and grain yield in integrated crop-livestock systems? **Applied Soil Ecology**, v. 170, p. 104257, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2021.104257>

Simeão, R. M., Silva, D. D., Santos, F. C., Vilela, L., Silveira, M. C. T., Resende, A. C., Albuquerque, P. E. P. Adaptation and indication of forage crops for agricultural production in sandy soils in western Bahia State, Brazil. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v.45, p.e56144, 2023. <https://doi.org/10.4025/actasciagron.v45i1.56144>

Snedecor, G.W; Cochran, W.G. Statistical methods, octave ed. Iowa State University Press, 1989.

Sousa, D. C., Medeiros, J. C., Lacerda, J. J. J., Rosa, J. D., Boechat, C. L., Sousa, M. N. G., Rodrigues, P. C. F., Oliveira Filho, E. G., Mafra, A. L. Dry mass accumulation, nutrients and decomposition of cover plants. **Journal of Agricultural Science**, v. 11, n. 5, p. 152-160, 2019. <https://doi.org/10.5539/jas.v11n5p152>

Sun, L., Sun, Z., Hu, J., Yaa, O. K., Wu, J. Decomposition characteristics, nutrient release, and structural changes of maize straw in dryland farming under combined application of animal manure. **Sustainability**, v. 13, n. 14, p. 7609, 2021. <https://doi.org/10.3390/su13147609>

Thomas, R. J.; Asakawa, N. M. Decomposition of leaf litter tropical forage grasses and legumes. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 25, p.1351-1361, 1993. [https://doi.org/10.1016/0038-0717\(93\)90050-L](https://doi.org/10.1016/0038-0717(93)90050-L)

Truong, T. H. H.; Marschner, P. Respiration, available N and microbial biomass N in soil amended with mixes of organic materials differing in C/N ratio and decomposition stage. **Geoderma**, v. 319, p. 167-174, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2018.01.012>

Valote, P. D.; Carvalho, C. A. B. D.; Freitas, C. A. S.; Morenz, M. J. F.; Paciullo, D. S. C.; Gomide, C. A. D. M. Forage mass and canopy structure of Zuri and Quênia guinea grasses pasture under rotational stocking. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 50, 2021. <https://doi.org/10.37496/rbz5020200225>

Zhang, H. L., Dang, Y. P., Li, L. Farming system: A systemic solution to sustainable agricultural development. **Farming System**, v. 1, n. 1, p. 100007, 2023. <https://doi.org/10.1016/j.farsys.2023.100007>

Zhu, Q., Yang, Z., Zhang, Y., Wang, Y., Fei, J., Rong, X., Peng, J., Wei, X., Luo, G. Intercropping regulates plant-and microbe-derived carbon accumulation by influencing soil physicochemical and microbial physiological properties. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 364, p. 108880, 2024. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2023.108880>