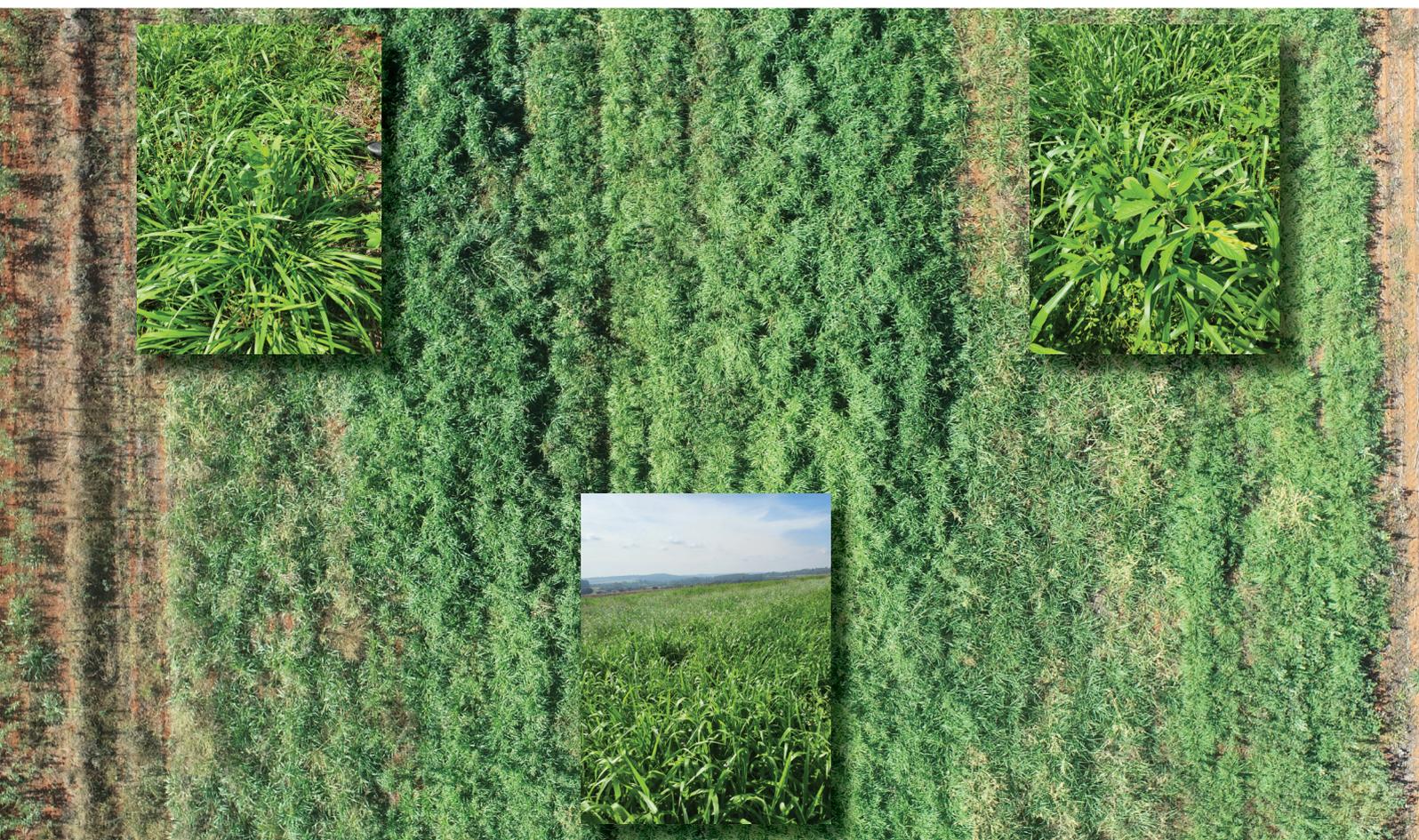


Campo Grande, MS / Dezembro, 2024

Cultivo antecipado de misturas de forrageiras para extensão do pastejo, cobertura do solo e plantio direto de soja



**Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Gado de Corte
Ministério da Agricultura e Pecuária**

ISSN 1983-974X

Documentos 320

Dezembro, 2024

**Cultivo antecipado de misturas de forrageiras para extensão
do pastejo, cobertura do solo e plantio direto de soja**

*Rosangela Maria Simeão
Décio Karam
Márcia Cristina Teixeira da Silveira
Flávia Cristina dos Santos
Lara Nascimento Guimarães
Junia de Paula Lara
Samuel Henrique Pereira Costa
Nathália Nascimento Guimarães
Emerson Borghi
Miguel Marques Gontijo Neto*

**Embrapa Gado de Corte
Campo Grande, MS
2024**

Embrapa Gado de Corte

Av. Rádio Maia, 830, Zona Rural
Campo Grande, MS, 79106-550
www.embrapa.br/gado-de-corte
www.embrapa.br/fale-conosco/sac

Comitê Local de Publicações

Presidente

Karem Guimarães Xavier Meireles

Secretário-executivo

Rodrigo Carvalho Alva

Membros

Alexandre Romeiro de Araújo

Davi José Bungenstab

Fabiane Siqueira

Gilberto Romeiro de Oliveira Menezes

Luiz Orcício Fialho de Oliveira

Marcelo Castro Pereira

Mariane de Mendonça Vilela

Marta Pereira da Silva

Mateus Figueiredo Santos

Vanessa Felipe de Souza

Edição executiva

Rodrigo Carvalho Alva

Revisão de texto

Rodrigo Carvalho Alva

Projeto gráfico

Leandro Sousa Fazio

Diagramação

Rodrigo Carvalho Alva

Foto da capa

Rosângela Maria Simeão

Publicação digital: PDF

Todos os direitos reservados

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Embrapa Superintendência de Serviços Compartilhados

Cultivo antecipado de misturas de forrageiras para extensão do pastejo, cobertura do solo e plantio direto de soja / Rosângela Maria Simeão ... [et al.]. - Campo Grande, MS : Embrapa Gado de Corte, 2024. PDF (18 p.) : il. color. - (Documentos / Embrapa Gado de Corte, ISSN 1983-974X ; 320).

1. Pastejo. 2. Planta de cobertura. 3. Planta forrageira. 4. Plantio direto. 5. Sistema de cultivo. 6. Soja. I. Simeão, Rosângela Maria. II. Karam, Décio. III. Silveira, Márcia Cristina Teixeira da. IV. Santos, Flávia Cristina dos. V. Guimarães, Lara Nascimento. VI. Lara, Junia de Paula. VII. Costa, Samuel Henrique Pereira. VIII. Guimarães, Nathália Nascimento. IX. Borghi, Emerson. X. Gontijo Neto, Miguel Marques. XI. Série.

CDD 631.5814

Maria de Fátima da Cunha (CRB-1/2616)

© Embrapa 2024

Autores

Rosangela Maria Simeão

Pesquisadora da Embrapa Gado de Corte,
Campo Grande, MS

Décio Karam

Pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo,
Sete Lagoas, MG

Márcia Cristina Teixeira da Silveira

Pesquisadora da Embrapa Milho e Sorgo,
Sete Lagoas, MG

Flávia Cristina dos Santos

Pesquisadora da Embrapa Milho e Sorgo,
Sete Lagoas, MG

Lara Nascimento Guimarães

Mestre em Fitopatologia, Universidade
Federal de Lavras (UFLA), Lavras, MG

Júnia de Paula Lara

Bolsista DTI-C– Embrapa/CNPq, Sete
Lagoas, MG

Samuel Henrique Pereira Costa

Bolsista DTI-C – Embrapa/CNPq, Sete
Lagoas, MG

Nathália Nascimento Guimarães

Mestre em Fitopatologia, Universidade
Federal de Lavras (UFLA), Lavras, MG

Emerson Borghi

Pesquisador da Embrapa Pecuária
Sudeste, São Carlos, SP

Miguel Marques Gontijo Neto

Pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo,
Sete Lagoas, MG

Sumário

Introdução	7
Materiais e métodos	8
Experimentação: dados ambientais	8
Experimentação com misturas de forrageiras/plantas de cobertura	11
Experimentação com soja em plantio direto	12
Resultados e discussão	12
Misturas de plantas de cobertura e potencial para pastejo	12
Produtividade da soja em plantio direto sobre misturas de plantas de cobertura	14
Considerações finais	16
Referências	17

Introdução

Nos últimos anos, as atividades agrícolas globais têm sido desafiadas a adotar estratégias de produção ambientalmente corretas visando reduzir a abertura de áreas ainda inexploradas e, assim, diminuir o impacto das mudanças climáticas (SCHULTZE-KRAFT et al., 2018). Portanto, o desafio enfrentado tanto pela agricultura quanto pela pecuária é o de produzir mais para atender a demanda crescente por alimentos, e fazer isso sem expandir a área cultivada no país, buscando a intensificação de forma mais sustentável.

Entre as áreas antropizadas no Brasil, o Bioma Cerrado é uma das mais aptas às atividades agropecuárias. Entretanto, a sua diversidade de clima e solos implica extensa pesquisa sobre a aplicação de estratégias de uso sustentável da terra (GOMES et al., 2019). A combinação de produção agropecuária economicamente viável e o incremento da sua capacidade de retenção e ciclagem de nutrientes no solo é bastante desafiadora.

Este é especialmente o caso dos cerrados da região do Triângulo Mineiro e Centro-Noroeste de Minas Gerais, com baixa a média precipitação pluvial anual e que apresenta as maiores taxas de áreas degradadas no estado (SIMEÃO et al., 2024), dentre outras encontradas em diferentes regiões dos cerrados do país (PEREIRA et al., 2024).

Nas últimas décadas tem sido evidenciada uma crescente adoção de sistemas de produção que combinam alta produtividade e sustentabilidade ambiental. Os sistemas integrados de produção vêm desempenhando um papel fundamental nesse processo, com a possibilidade de combinar a produção agrícola, pecuária e florestal em uma mesma área, de forma intensificada e sustentável (REIS et al., 2021), com inúmeras políticas de incentivo e financiamento público associados (PEREIRA et al., 2024). Ademais, os sistemas de produção integrados aliados às práticas de conservação de solo, tais como o plantio direto, podem melhorar significativamente a qualidade do solo de ambientes como os cerrados e, ainda, auxiliar na mitigação da emissão de gases de efeito estufa (GEE), por

meio da descarbonização da agricultura (TELLES et al., 2021).

No Brasil, dos 66,5 milhões de hectares de culturas agrícolas e dos 112,5 milhões de hectares de pastagens cultivadas, cerca de 17 milhões de hectares empregam algum tipo de sistema integrado que envolva uma das combinações com lavoura-pecuária-floresta, sendo muitos por incentivos governamentais, como os planos ABC e ABC+ (PEREIRA et al., 2024). Geralmente, o sistema de integração lavoura-pecuária envolve o cultivo consorciado da cultura agrícola e uma gramínea forrageira, sendo que após a colheita da cultura, o pasto formado serve para o pastejo durante o período de entressafra.

Contudo, em algumas regiões do cerrado, o período de disponibilidade hídrica para as culturas encerra-se ao final da colheita da primeira safra agrícola, em fevereiro/março, e as opções para o produtor são: a adoção de irrigação para semeadura de uma segunda safra ou a semeadura de uma cultura agrícola tolerante à seca, como o milho, com todos os riscos climáticos inerentes (FERREIRA et al., 2020). Muitas vezes, nenhuma das duas opções é viável e o solo fica em pousio, parcial ou totalmente descoberto, até o próximo período de chuvas e nova safra, sob a ação e risco das mais diversas intempéries e crescimento de plantas daninhas, perda de água por evaporação, perda de solo por erosão hídrica e eólica, decomposição acelerada da matéria orgânica do solo e dos resíduos das culturas.

Não há ainda no Brasil uma política pública, incentivo e regulamentação para utilização de plantas de cobertura (PC) nos períodos de entressafras para situações em que não há atividade pecuária envolvida. Isso não significa que as PC não sejam usadas por decisão espontânea de produtores rurais para algumas culturas, geralmente as perenes, como nas entrelinhas do café (SOUSA et al., 2024) ou da cana-de-açúcar (CARNEIRO et al., 2024).

É ideal aliar a utilização de PC com a adoção de misturas de espécies forrageiras capazes de atender os dois propósitos: i. proteger o solo e possibilitar o plantio direto na safra e, ii. se poder estender o período de pastejo durante a baixa

pluviosidade anual em que ocorre o vazio forrageiro, se forem seguras para o consumo animal. Com isso, apresenta potencial para tornar o balanço do sistema solo-planta-animal-água no cerrado mais sustentável.

Nesses casos, a semeadura de misturas de PC após a safra cumpriria inúmeras funções ambientais, tais como, a de promover a proteção do solo contra erosão, ciclagem de nutrientes, de aumentar da estabilidade de macroagregados do solo, de aumentar da infiltração de água e de aumentar a microbiota benéfica no solo (GROß et al., 2024). Além disso, tem o potencial de amenizar o período de vazio forrageiro anual, minimizando os riscos da atividade pecuária e, também, de degradação das pastagens.

Recentemente, visando enfrentar as mudanças climáticas, os governos de países da União Europeia e Estados Unidos estão incentivando a adoção de PC como uma estratégia prática na indução de acúmulo de carbono, tanto na superfície quanto em maiores profundidades no solo (SCHAPPERT et al., 2019; EASH et al., 2024). Outrossim, algumas PC prestam serviços ecossistêmicos ao fornecer pólen e néctar para insetos benéficos, além de reduzir a incidência de pragas em culturas agrícolas. Em condições favoráveis de crescimento, as PC possibilitam a supressão de plantas daninhas no período de outono-inverno e início da primavera, seja pela competição, barreira física no solo ou alelopatia (GERHARDS et al., 2024).

Geralmente, os trabalhos com PC no Brasil tratam do aspecto do efeito no solo ou são mais generalistas, limitando-se a enumerar as espécies de PC pelas suas potencialidades, épocas e locais de semeadura e efeitos de controle de nematoides do solo (CHERUBIN et al., 2024). Isso torna difícil a tomada de decisão pelo produtor rural sobre a melhor escolha de espécies de PC/forrageiras para uso.

Em regiões tropicais, a combinação de espécies para utilização como cobertura na entressafra é desafiadora, pois essas plantas devem permanecer protegendo o solo e contribuindo para o sistema por períodos que podem durar mais de seis meses no ano, diferentemente do que ocorre em regiões de clima temperado. A escolha de espécies de PC deve considerar, inclusive, qual a cultura subsequente, pois muitas liberam aleloquímicos no ambiente (SCHAPPERT et al., 2019), os quais podem deixar resíduos potencialmente capazes de afetar a produção da cultura agrícola.

Espécies de Poaceae apresentam maior potencial supressivo de plantas daninhas do que leguminosas, por exemplo. Por outro lado, as leguminosas forrageiras adicionam um componente essencial ao sistema, que é a fixação biológica de nitrogênio. Para fins de utilização dessas plantas para extensão do período de pastejo, a identificação de forrageiras aptas a uma maior velocidade de estabelecimento, com uma maior capacidade de produção e com tolerância à seca, bem como para uma boa cobertura do solo no período da entressafra, são essenciais (SIMEÃO et al., 2023).

Com base nesses antecedentes, os objetivos nesse trabalho foram avaliar diferentes combinações de forrageiras como cobertura na entressafra e o seu potencial para extensão do pastejo. Foram avaliadas as seguintes características: i. a produção de biomassa de cada mistura de plantas e a sua capacidade de supressão das plantas daninhas; ii. a contribuição de cada componente da mistura na composição da biomassa aérea em duas épocas diferentes; iii. a produção e efeito em caracteres agrônômicos de produção da soja na safra seguinte, comparativamente a semeada em plantio direto sobre cada mistura e sobre o solo em pousio.

Materiais e métodos

Experimentação: dados ambientais

O experimento foi conduzido na área agrícola da Embrapa Milho e Sorgo, em Sete Lagoas, Minas Gerais (19° 27' 22" S; 44° 10' 40" W), com altitude de 748 m. O solo é classificado como Latossolo Vermelho distrófico típico (LVd) (PANOSO et al., 2002), textura muito argilosa e relevo suave ondulado. Nas Tabelas 1 e 2 são apresentados os dados das análises químicas e físicas iniciais e finais, respectivamente, relativas à experimentação com as misturas de forrageiras.

A região apresenta clima tropical, classificado como Cwa, conforme Köppen, com verões quentes e chuvosos e inverno seco. A pluviosidade e a temperatura média decendiais do período de realização dessa experimentação é apresentada na Figura 1.

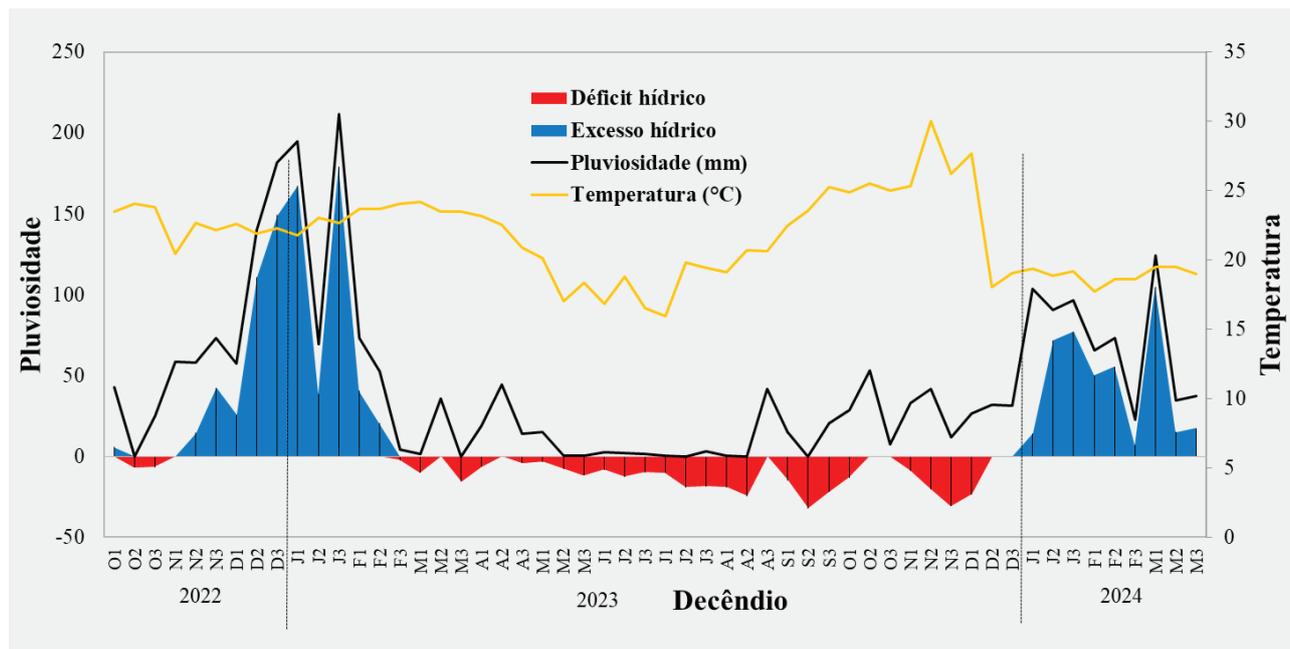


Figura 1. Balanço climatológico, considerando uma capacidade de água disponível (CAD) determinada até 100 mm do perfil do solo, precipitação pluvial (mm) e temperatura média do ar (°C) na escala decêndial, quantificada durante os anos de experimentação, de outubro de 2022 a março de 2024, na Embrapa Milho e Sorgo, MG.

Tabela 1. Características químicas e físicas do solo da área experimental, antes da semeadura das misturas forrageiras, nas áreas com e sem plantio prévio de soja na safra 2022/2023.

Data	Profundidade (cm)	pH H ₂ O	P – M1	K	S	Ca	Mg	Al	H+Al	T
			mg·dm ⁻³			cmol _c ·dm ⁻³				
Fev. 23 (com soja)	0-10	5,9	7,2	58,6	7,1	5,8	1,2	0,0	3,2	10,2
Fev. 23 (sem soja)	0-10	5,9	10,2	138,2	6,5	6,4	1,4	0,0	3,0	11,1
Fev. 23 (sem soja)	10-20	5,3	5,1	44,5	14,5	3,6	0,7	0,0	5,2	9,6
Fev. 23 (sem soja)	20-40	5,2	0,4	33,9	27,1	2,4	0,4	0,0	5,0	7,9
Data	Profundidade (cm)	V	m	B	Cu	Fe	Mn	Zn	MO	CO
		%		mg·dm ⁻³					dag·kg ⁻¹	
Fev. 23 (com soja)	0-10	68,5	0,0	0,2	0,5	13,8	27,5	2,7	2,4	1,4
Fev. 23 (sem soja)	0-10	73,0	0,0	0,3	0,5	14,0	26,7	3,0	2,6	1,5
Fev. 23 (sem soja)	10-20	45,6	5,0	0,3	0,6	15,7	17,3	2,2	2,2	1,3
Fev. 23 (sem soja)	20-40	36,7	12,7	0,3	0,6	19,7	13,9	1,5	1,8	1,1
Data	Profundidade (cm)	argila	silte	areia						
		g·kg ⁻¹								
Fev. 23	0-10	795	92	113						

pH em água; P-M1, K, Cu, Mn, Fe e Zn – Método Mehlich 1; S – Método Ca(H₂PO₄)₂, 500 mg·L⁻¹ de P, em HOAc 2 mol·L⁻¹; Ca, Mg, Al – Método KCl 1 mol·L⁻¹; MO – Método Walkley & Black (MO = 1,724 x CO); B – Método da água quente.

Tabela 2. Características químicas do solo da área experimental, em cada parcela das plantas de cobertura e de pousio, antes da sua dessecação para semeadura da soja pelo sistema de plantio direto, outubro de 2023.

Tratamento	Profundidade (cm)	pH H ₂ O	P – M1	K	S	Ca	Mg	Al	H+Al	T
			mg·dm ⁻³			cmol _c ·dm ⁻³				
Mistura 1 – Rep 1	0-10	6,1	11,0	93,9	2,6	0,2	6,1	1,7	0,0	10,6
Mistura 1 – Rep 1	10-20	5,7	8,4	40,6	2,3	0,1	4,8	1,1	0,1	10,1
Mistura 1 – Rep 1	20-40	6,1	7,8	28,2	2,0	0,1	4,4	0,9	0,0	9,2
Mistura 1 – Rep 2	0-10	6,2	7,8	31,8	2,7	0,1	5,7	1,3	0,0	10,1
Mistura 1 – Rep 2	10-20	6,0	4,1	28,9	10,6	0,1	4,3	1,0	0,0	9,7
Mistura 1 – Rep 2	20-40	5,8	3,7	24,0	20,7	0,1	4,1	0,8	0,1	9,6
Mistura 2 – Rep 1	0-10	5,8	8,3	34,5	4,5	0,1	3,8	0,8	0,0	9,8
Mistura 2 – Rep 1	10-20	6,2	9,5	46,0	2,3	0,1	5,0	1,1	0,0	9,5
Mistura 2 – Rep 1	20-40	5,2	3,1	24,9	15,8	0,1	2,4	0,5	0,1	8,3
Mistura 2 – Rep 2	0-10	6,0	10,4	38,0	8,0	0,1	3,7	0,7	0,0	8,2
Mistura 2 – Rep 2	10-20	5,4	7,0	36,2	16,0	0,1	3,6	0,7	0,1	9,4
Mistura 2 – Rep 2	20-40	5,0	3,1	31,4	34,1	0,1	2,1	0,4	0,2	8,5
Mistura 3 – Rep 1	0-10	6,0	13,6	50,1	7,5	0,1	5,1	1,1	0,0	10,0
Mistura 3 – Rep 1	10-20	5,8	6,6	50,7	16,9	0,1	3,3	0,7	0,1	8,8
Mistura 3 – Rep 1	20-40	5,3	2,7	28,8	22,9	0,1	2,7	0,5	0,1	7,9
Mistura 3 – Rep 2	0-10	6,0	6,3	31,4	10,9	0,1	4,4	0,9	0,0	9,1
Mistura 3 – Rep 2	10-20	5,1	9,2	26,4	28,3	0,1	2,7	0,6	0,1	8,8
Mistura 3 – Rep 2	20-40	5,0	2,0	19,3	37,8	0,1	1,6	0,3	0,3	7,5
Pousio	0-10	5,7	11,5	74,3	13,6	0,2	4,1	0,9	0,0	9,6
Pousio	10-20	5,5	11,1	74,4	15,6	0,2	3,3	0,7	0,1	9,0
Pousio	20-40	5,6	3,4	37,4	25,8	0,1	2,1	0,4	0,1	7,7

Data	Profundidade (cm)	V	m	B	Cu	Fe	Mn	Zn	MO	CO
		%		mg·dm ⁻³					dag·kg ⁻¹	
Mistura 1 – Rep 1	0-10	75,5	0,0	0,4	0,6	19,0	4,6	2,1	4,6	2,7
Mistura 1 – Rep 1	10-20	59,4	2,1	0,4	0,7	34,0	3,5	1,7	3,1	1,8
Mistura 1 – Rep 1	20-40	58,7	0,0	0,3	0,7	26,0	3,6	1,5	3,0	1,7
Mistura 1 – Rep 2	0-10	70,1	0,0	0,3	0,6	24,0	3,9	1,3	3,3	1,9
Mistura 1 – Rep 2	10-20	54,6	0,0	0,2	0,8	29,0	3,1	1,1	3,1	1,8
Mistura 1 – Rep 2	20-40	52,1	2,5	0,2	0,7	28,0	2,3	0,7	2,9	1,7
Mistura 2 – Rep 1	0-10	48,8	0,0	0,4	0,8	35,0	3,1	1,2	3,3	1,9
Mistura 2 – Rep 1	10-20	46,2	0,0	0,3	0,7	36,0	4,0	1,6	3,5	2,0
Mistura 2 – Rep 1	20-40	35,0	4,3	0,2	0,7	28,0	1,9	0,7	2,4	1,4
Mistura 2 – Rep 2	0-10	55,1	0,0	0,1	0,7	25,0	2,4	1,1	2,8	1,6
Mistura 2 – Rep 2	10-20	46,7	2,4	0,2	0,7	28,0	2,8	0,9	3,1	1,8
Mistura 2 – Rep 2	20-40	30,7	5,8	0,2	0,8	30,0	2,3	0,5	2,5	1,5

Data (cont.)	Profundidade (cm)	V	m	B	Cu	Fe	Mn	Zn	MO	CO
		%		mg·dm ⁻³					dag·kg ⁻¹	
Mistura 3 – Rep 1	0-10	63,0	0,0	0,3	0,7	28,0	3,6	1,8	3,3	1,9
Mistura 3 – Rep 1	10-20	46,8	2,8	0,3	0,8	29,0	3,3	1,5	2,9	1,7
Mistura 3 – Rep 1	20-40	41,7	3,2	0,1	0,7	26,0	1,9	0,6	2,3	1,3
Mistura 3 – Rep 2	0-10	58,5	0,0	0,3	0,7	25,0	2,3	1,1	2,9	1,7
Mistura 3 – Rep 2	10-20	37,8	2,7	0,3	0,8	30,0	2,3	1,0	2,6	1,5
Mistura 3 – Rep 2	20-40	26,4	3,6	0,3	0,6	23,0	1,6	0,4	2,1	1,2
Pousio	0-10	54,1	0,0	0,4	0,7	40,0	2,8	1,4	2,8	1,6
Pousio	10-20	46,9	2,8	0,4	0,7	32,0	3,4	1,3	2,6	1,5
Pousio	20-40	33,8	4,8	0,3	0,6	23,0	2,0	0,6	2,2	1,3

Experimentação com misturas de forrageiras/plantas de cobertura

A semeadura das plantas de cobertura (PC) - forrageiras ocorreu mecanicamente utilizando a semeadora-adubadora de quatro linhas desenvolvida pela Jumil – Justino de Moraes Irmãos S/A, conforme descrito em Karam e colaboradores (2020), que possibilita a semeadura intercalar nas entrelinhas da soja com auxílio da terceira caixa, até 20 dias antes da colheita da soja.

Os tratamentos das misturas de forrageiras foram dispostos em faixas de 6 m x 140 m, em experimento delineado em blocos ao acaso, com duas repetições, com semeadura em 28/02/2023, O espaçamento entre linhas para as PC foi de 0,5 m.

A escolha das plantas para composição de cada uma das misturas foi feita com base na teoria e discussão apresentada em Simeão e colaboradores (2021; 2023) e são descritas abaixo:

Mistura 1 – RGS (*Urochloa ruziziensis* cv. Comum + *Cajanus cajan* cv. Bonamigo + *Stylosanthes* spp. cv. Campo-grande);

Mistura 2 – NPS (*Raphanus sativus* (nabo forrageiro) + *Urochloa brizantha* cv. BRS Piatã + *Stylosanthes* spp. cv. Campo-grande);

Mistura 3 – CTS (*Crotalaria breviflora* + *Megathyrsus maximus* cv. BRS Tamani + *Stylosanthes* spp. cv. Campo-grande + *Stylosanthes guianensis* cv. Bela).

A quantidade de sementes de cada espécie leguminosa na sua respectiva mistura foi a indicada

para o seu plantio em consórcio com pastagem, assim, para o *Stylosanthes* spp. 'Campo Grande' e 'Bela', 2,5 kg de sementes puras viáveis por hectare (SPV·ha⁻¹) e *C. cajan* 'Bonamigo', 20 kg de SPV·ha⁻¹. *Crotalaria breviflora* e nabo forrageiro foram 15 kg de SPV·ha⁻¹ e 3 kg de SPV·ha⁻¹, respectivamente. No caso das gramíneas, foi adotada a taxa de semeadura indicada para a formação de pastagem para cada cultivar, *B. ruziziensis*, 4,5 kg de SPV·ha⁻¹; 'BRS Piatã', 5 kg de SPV·ha⁻¹ e 'Tamani', 2,5 kg de SPV·ha⁻¹.

Como a semeadura das plantas de cobertura foi realizada no período de início do déficit hídrico do ano de 2023 e com a finalidade de obter os dados experimentais desse ano e para fins de salvamento, foi realizada a irrigação na área das misturas por um período de 30 dias, com exceção da área que permaneceu em pousio. A amostragem das plantas de cobertura foi feita em cinco amostras por faixa, a cada 20 m, cortadas em 1 m² por amostra, altura de corte de 5 cm em relação ao solo, com coletas realizadas em 06/06/2023 e em 19/10/2023, essa última antes da dessecação das PC para semeadura da safra de soja de 2023/2024. Foi avaliada a produção de biomassa verde total (g·m⁻²); após, seus componentes foram separados em gramínea, leguminosa anual ou perene/crucífera e plantas daninhas e novamente obtida a biomassa verde para cada um. Em seguida, foram levados a uma estufa de secagem a 55°C e, após 5 dias, foram novamente pesados para obtenção das suas respectivas biomassas secas (g·m⁻²). Esses dados foram posteriormente transformados para toneladas por hectare (t·ha⁻¹).

Experimentação com soja em plantio direto

A dessecação das PC para semeadura da soja subsequente foi realizada com Glifosato + Select 240 EC + óleo mineral, no dia 23/10/2023 e antes da semeadura da soja foi realizada a aplicação de Select One + adjuvante Agral. No ano agrícola de 2023/2024, a soja BRS 5980 IPRO foi semeada por plantio direto no dia 30/11/2023. No dia 19/12/2023 foram usados os herbicidas Select One + Profit + adjuvante Aureo e o inseticida Regent. O fungicida AproachPrima e o fertilizante foliar Flex GoldR foram aplicados no dia 01/02/2024. A soja foi colhida mecanicamente no dia 04/04/2024. Nesse ano a adubação foi de 300 kg de NPK (6-30-16).

A soja foi avaliada, em 21/03/2024, por meio de amostragem de cinco plantas a cada 10 metros, em cada uma das parcelas em que foi semeada por plantio direto, totalizando 50 plantas por parcela. Essas amostras foram processadas e de cada grupo de cinco plantas foram obtidas as seguintes características: altura de inserção da primeira vagem (cm); número de vagens; peso dos grãos dessas cinco plantas (g) e produção de soja estimada para um hectare ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$). Após a maturidade fisiológica e em todas as faixas, a soja foi colhida mecanicamente no dia 14/03/2023 e avaliada para produtividade de grãos por hectare.

Todas as análises estatísticas dos dados foram realizadas utilizando pacotes ('SpATS'; 'agricolae'; 'ExpDes,pt'; 'gridExtra'; 'grid'; 'car'; 'ggplot2'; 'knitr') do Projeto R de softwares para Computação Estatística (R CORE TEAM, 2024).

Resultados e discussão

Misturas de plantas de cobertura e potencial para pastejo

As três misturas de PC mantiveram a mesma posição na ordem de produção de biomassa verde total ($\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$) nas duas épocas em que foram avaliadas, mas com diferença estatística entre elas (Figura 2A). Após 98 dias da semeadura, no mês de junho, a biomassa verde da mistura 1 atingiu $12 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$; da mistura 2, $9,9 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ e da mistura 3, $8 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$. A produtividade dessas misturas foi menor do que a evidenciada por Simeão e colaboradores (2021) para essas mesmas misturas, exceto mistura 3, em que a

cultivar 'Mombaça' foi utilizada no lugar da 'Tamani', no sudoeste da Bahia, em solo arenoso, em 2020.

Para biomassa seca total (Figura 2B), as misturas 1 e 2 se equivaleram estatisticamente em produção em junho, mas a mistura 2 foi superada pela mistura 1 no mês de outubro, pois acumulou maior biomassa no período. A biomassa seca das PC no mês de outubro, antes da dessecação, foi de $4,7 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ na mistura 1; de $4,1 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ na mistura 2 e $3,4 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ na mistura 3. Nesses casos, diferentemente do que foi evidenciado nos solos arenosos do sudoeste da Bahia (SIMEÃO et al., 2023), a produção de biomassa seca das misturas das PC aumentou no segundo corte em relação ao primeiro.

Mesmo com menor produtividade, a qualidade nutricional avaliada nas gramíneas forrageiras dessas misturas, na primeira avaliação, seria suficiente para garantir nutricionalmente o desempenho animal nesse período, como relatou Guimarães e colaboradores (2024). Com a finalidade de estender o período de pastejo, mesmo num período de déficit hídrico (Figura 1), as PC semeadas como segunda safra poderiam ser pastejadas com ajustes de carga animal. Esse período de pastejo poderia se estender até o mês de junho no ano de 2023, de acordo com a produtividade quantificada (Figura 2A), o que reduziria a pressão pela suplementação com silagens ou feno ou pelo semi-confinamento, por exemplo. Entretanto, a avaliação com animais ainda precisa ocorrer para reforçar essa teoria.

Ao considerar cada um dos componentes das misturas separadamente (Figura 2C e 2D), evidencia-se que a gramínea da mistura 1 – *U. ruziziensis* foi a que mais contribuiu proporcionalmente para a composição da biomassa seca total, entre todos os seus componentes e foi a mais produtiva de todas as gramíneas nas duas épocas de avaliação. Na mistura 2, as contribuições para a composição da biomassa total, na avaliação em junho, foram: da gramínea 'Piatã', de 36% ($0,77 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$) e da crucífera nabo forrageiro de 54% ($1,16 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$), esse segundo maior do que a primeira. Sendo que, na avaliação de outubro, como esperado, a gramínea respondeu por 86% ($4,98 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$) e as plantas anuais/semi-perenes, por 8% ($0,17 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$) da biomassa seca total. Nesse local de avaliação, os componentes da mistura 3 foram os de menor produção total em junho, sendo que a gramínea respondeu por 44% da produção de biomassa seca total ($1,71 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$) e as anuais/semi-perenes por 3,5% ($0,06 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$). A produção de biomassa seca das gramíneas 'Piatã' (Mistura 2) e 'Tamani' (Mistura 3), no mês de junho e outubro, foram estatisticamente iguais.

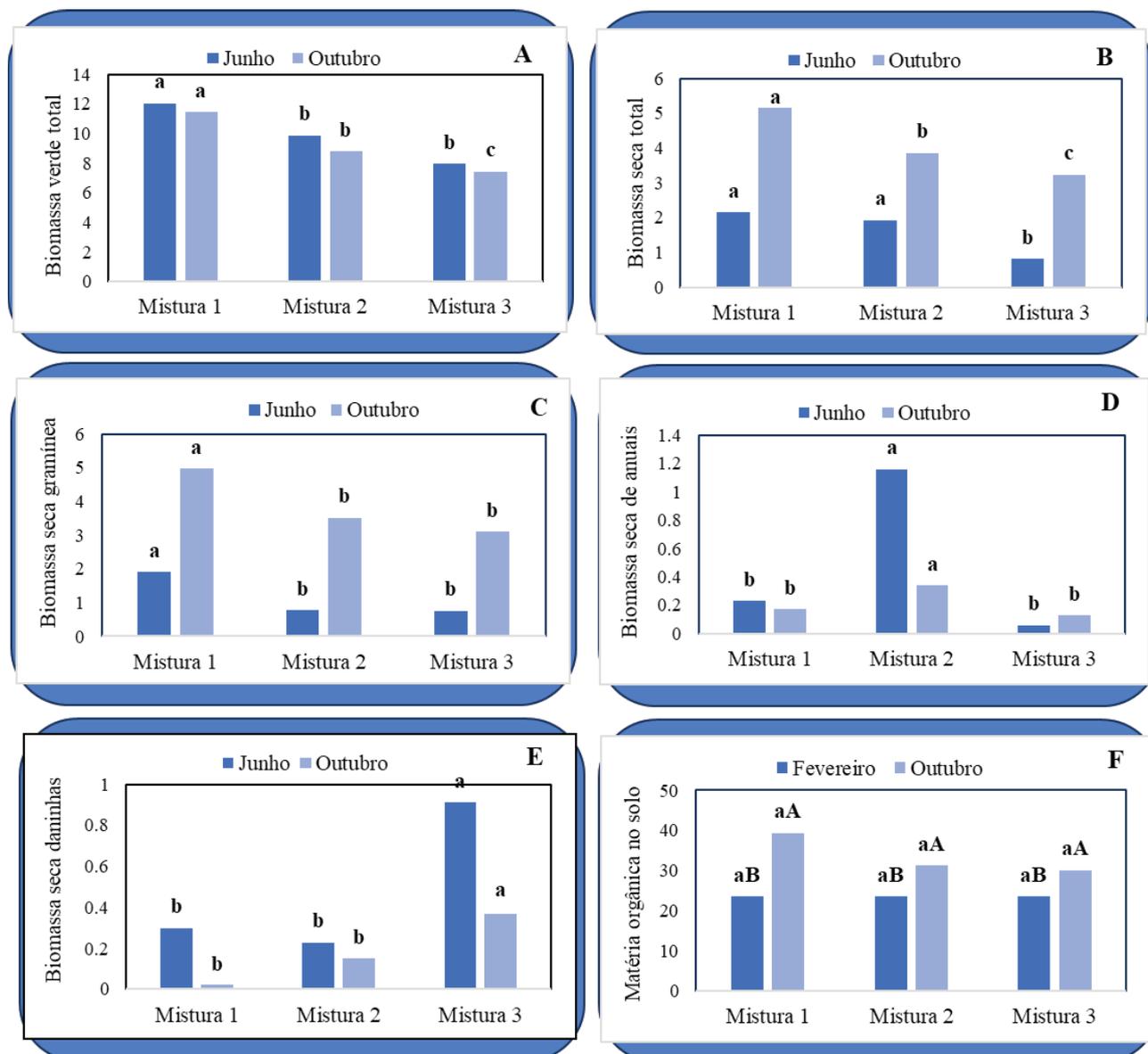


Figura 2. Características respostas obtidas em duas épocas, junho e outubro de 2023, em misturas de plantas de cobertura, sendo Mistura 1: *U. ruziziensis* + Guandu + Estilosantes; Mistura 2: Nabo forrageiro + 'Piatã' + Estilosantes; Mistura 3: Crotalária + 'Tamani' + Estilosantes, em Sete Lagoas, MG. Biomassa verde total (A) e seca total (B); biomassa seca das gramíneas de cada mistura (C); biomassa seca das plantas anuais ou semi-perenes de cada mistura (D); biomassa seca das plantas daninhas (E), todas em $t \cdot ha^{-1}$; Matéria orgânica no solo – MO (F), em $dag \cdot kg^{-1}$. Diferentes letras entre colunas com a mesma cor indicam diferenças significativas pelo teste SNK, $p < 0,05$, sendo que para MO a letra maiúscula indica diferença significativa entre as duas épocas de avaliação.

Nos três primeiros meses de estabelecimento das PC, em 2023, as plantas daninhas tiveram a sua maior oportunidade de desenvolvimento, ainda sem o efeito de competição e com umidade no solo, antes do período de seca, evidenciou-se a sua proliferação nas parcelas das misturas das PC. A densidade de plantas daninhas nesse período, em termos de porcentagem da matéria seca total da parcela (gramínea + anual + daninhas), foi de 12% na mistura 1, 11% na mistura 2 e de 53% na mistura 3.

A mistura 1, que continha a gramínea do *U. ruziziensis*, de maior velocidade de estabelecimento (SIMEÃO et al., 2021) e maior cobertura do solo, apresentou maior capacidade de competição com as plantas daninhas. Segundo Brennan e Smith (2005), o rápido desenvolvimento da PC após a semeadura é mais importante para a supressão de daninhas do que a sua própria biomassa final. A mistura 2 tinha em sua composição o nabo forrageiro (*Raphanus sativus*) com conhecida eficácia na supressão de plantas daninhas por combinar duas

características, a velocidade de estabelecimento e o potencial alelopático já investigado nas espécies de Brassicaceae (HARAMOTO; GALLANDT, 2005). Embora Gerhards et al. (2024) não tenham encontrado efeito alelopático em *R. sativus* nas condições de campo, apenas em laboratório, pois os isotiocianatos fitotóxicos da espécie são voláteis e evaporam durante o congelamento do solo de países de clima temperado. O processo de evaporação dos isotiocianatos em solos tropicais e como e quando ocorre ainda é desconhecido.

Contrariamente às outras, a mistura 3, que continha a crotalária, de rápido estabelecimento, mas com baixa cobertura do solo, bem como a 'Tamani', de estabelecimento mais lento, apresentou dificuldade em competir com as plantas daninhas (Figura 2E). As plantas daninhas, nessa fase inicial, foram representadas, principalmente, por dicotiledôneas e soja voluntária em todas as misturas.

Schappert e colaboradores (2019), ao estudarem misturas de PC em regiões de clima temperado, observaram que a produção de biomassa seca total não é, necessariamente, um bom preditor da capacidade de supressão de plantas daninhas, uma vez que não conseguiram determinar nenhuma correlação entre a biomassa das PC e a densidade da matéria seca das plantas daninhas. No presente trabalho, sob as condições de avaliação tropicais, o que foi evidenciado não corrobora a afirmação desses autores supracitados. A correlação entre a biomassa de matéria seca das PC (gramíneas + anuais) e a biomassa seca das plantas daninhas foi estimada em -82%, uma correlação elevada e negativa, ou seja, com o aumento da biomassa das PC há diminuição da biomassa das plantas daninhas. O mesmo não ocorre para os componentes separados, pois a correlação com a biomassa de gramíneas foi igual a -68% e com a biomassa de anuais, igual a -31%, a primeira moderada e a segunda baixa em magnitude.

Experimentações com PC em países de clima temperado mostraram que a mistura de espécies não significa um melhor controle de plantas daninhas do que o uso de plantas solteiras (McKENZIE-GOPSILL et al., 2022). Entretanto, as misturas compensam as falhas que eventualmente podem ocorrer pelo uso de apenas uma espécie, e isso torna o processo mais estável e de maior sucesso (SCHAPPERT et al., 2019).

Dessa forma, evidenciamos que as PC reduziram a densidade de plantas daninhas, quantificadas pela biomassa seca, na avaliação realizada em outubro (Figura 2E), após o período de déficit hídrico, para todas as misturas: mistura 1 com

densidade igual a 0,3%; mistura 2, igual a 3% e mistura 3, igual a 10%, com respostas estatisticamente diferentes das duas primeiras com a terceira mistura. Nessa fase, as plantas daninhas dicotiledôneas foram também predominantes, o que é uma constatação importante, por se tratar de uma área experimental cujo entorno estava infestado pelo capim-amargoso (*Digitaria insularis*).

Segundo Nichols e colaboradores (2020), que conduziram uma metanálise a partir de estudos de campo com PC nos Estados Unidos, foi estimado que um mínimo de 5 t ha⁻¹ de biomassa seca de PC é necessário para reduzir em 75% a biomassa de plantas daninhas. Na metanálise desses autores, PC perenes se mostraram mais efetivas na supressão de plantas daninhas do que plantas anuais. Entretanto, no presente trabalho, constata-se que três fatores contribuíram para a supressão: primeiro, a velocidade de estabelecimento de um dos componentes (*U. ruziziensis* ou *R. sativus*); o segundo, a capacidade de competição/sobrevivência dos outros componentes, com estabelecimento lento. Um terceiro aspecto, que contribuiu indiretamente, foi a questão climática, pois o longo período de déficit hídrico manteve o banco de sementes de plantas daninhas quiescentes no solo.

Produtividade da soja em plantio direto sobre misturas de plantas de cobertura

Os efeitos do plantio direto da soja sobre cada uma das parcelas das misturas das PC foram avaliados para algumas características agrônômicas da cultura. A soja semeada na área da mistura 1 produziu 554 kg ha⁻¹ a mais de grãos (aproximadamente 9 sacas a mais), em média, do que foi evidenciado na área em pousio (testemunha). Nas áreas das misturas 2 e 3, a produção de grãos superou, em média, 199 kg ha⁻¹ em relação a área em pousio, aproximadamente 3 sacas a mais (Figura 3A).

Na prática, não foi evidenciado efeito alelopático supressivo do nabo forrageiro na soja no sistema plantio direto, em vista da produtividade evidenciada sobre a mistura 2, que foi similar à mistura 3. Ademais, as sementes do nabo forrageiro produzidas no seu período de crescimento não foram colhidas e formaram um banco de sementes na faixa ocupada por ele, e, mesmo assim, não foram evidenciadas plantas de nabo forrageiro se desenvolvendo na cultura da soja da safra 2023/2024.

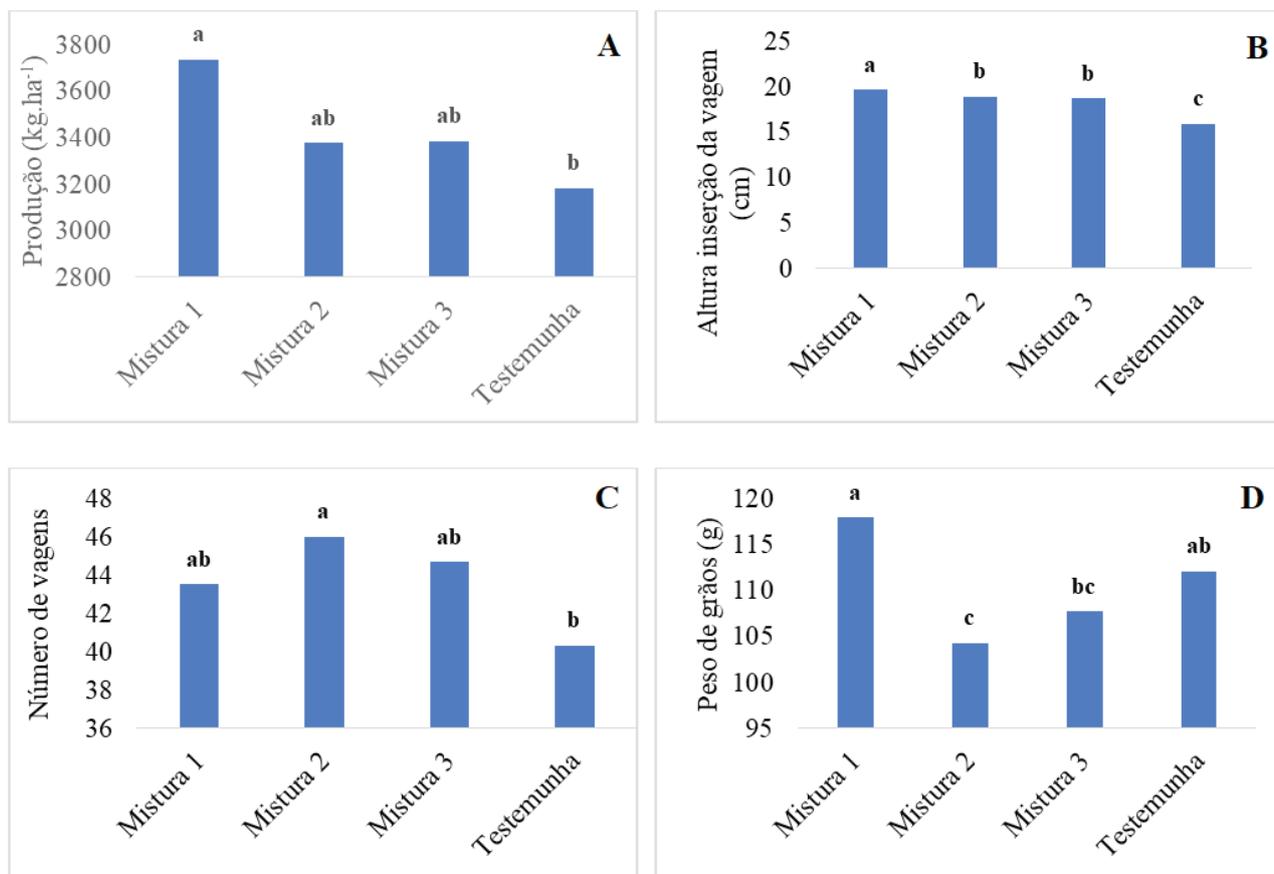


Figura 3. Produtividade de grãos de soja em Sistema de Plantio Direto (SPD) sobre diferentes tratamentos de plantas de cobertura (PC) (A); altura da inserção da primeira vagem da soja (B), número de vagens (C) e peso médio de grãos de cinco plantas de soja (D), avaliada em 22/03/2024, em Sete Lagoas, MG.

Outras características, além da produtividade, foram avaliadas nas plantas de soja colhidas na safra 2023/2024. A altura de inserção da primeira vagem é importante quando é utilizado o Sistema Antecipado. A maior altura da vagem resulta em menores perdas de grãos de soja na movimentação da máquina de semeadura e foram observadas diferenças estatísticas significativas entre os tratamentos quanto a essa característica (Figura 3B). A inserção da primeira vagem na soja semeada na área da mistura 1 foi, em média, 3,7 cm mais alta do que a testemunha.

O número de vagens e o peso de grãos, quantificados em cinco plantas, também foram estatisticamente diferentes entre os tratamentos, sendo que a soja na mistura 2 apresentou o maior número de vagens (Figura 3C) e apresentou, ao mesmo tempo, o menor peso de grãos nessas vagens (Figura 3D). Todas as características combinadas resultaram na produtividade final de grãos da soja por tratamento.

Os benefícios individuais de cada componente das misturas das plantas de cobertura na produção da soja não puderam ser avaliados, apesar do resultado de que a mistura em si foi eficiente em beneficiar a cultura em produtividade e interferir em outras características avaliadas, como demonstrado anteriormente. Falta ainda determinar se diferentes proporções dos componentes das misturas, em termos de taxa de semeadura, poderiam interferir nos resultados, tanto na cobertura do solo, na contribuição de seus componentes, na qualidade e quantidade para fins de pastejo e, finalmente, na produtividade da cultura agrícola em plantio direto.

Reforçando a importância das PC, evidencia-se que, após um período de oito meses de déficit hídrico (Figura 1), as parcelas semeadas com os três tratamentos de misturas de PC ainda se mantinham verdes e com boa cobertura do solo, contrariamente à área que ficou em pousio no período (Figura 4 – Vista aérea).

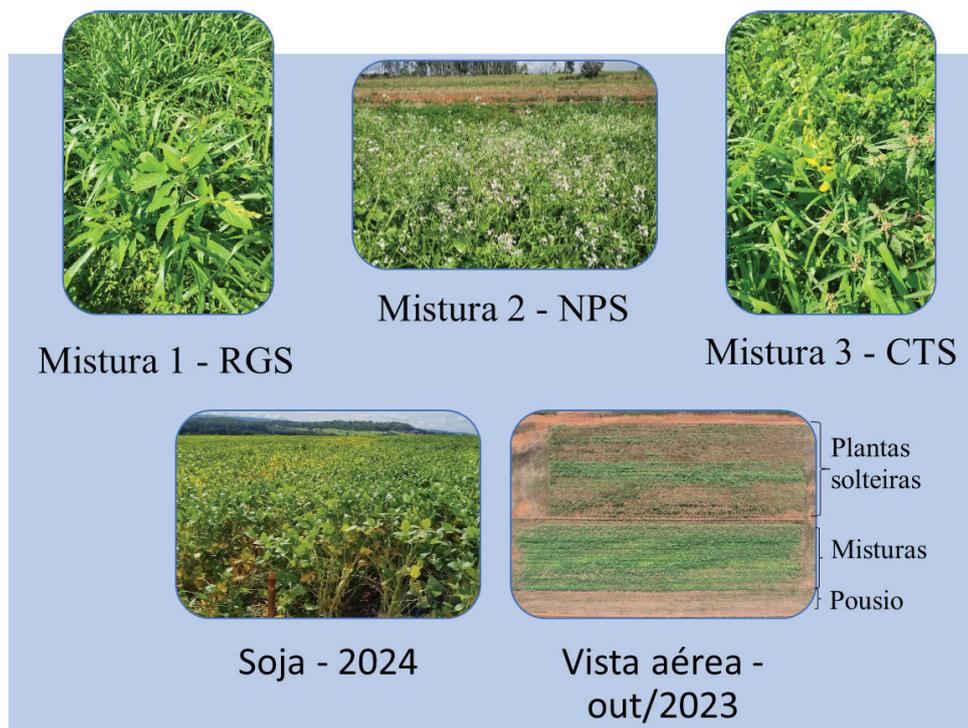


Figura 4. Vista dos três tratamentos de misturas de plantas de cobertura, aos 73 dias após a semeadura; da soja, em fevereiro de 2024 e uma vista aérea da área da experimentação, em outubro de 2023 antes da dessecação. Sete Lagoas, MG.

Nesse trabalho, não foram realizadas as estimativas do carbono (C) orgânico no solo, apenas a matéria orgânica (MO) foi quantificada, antes e após o cultivo das PC (Tabelas 1 e 2), em cada uma das parcelas experimentais. Para o componente MO, não foram identificadas diferenças estatísticas significativas entre as parcelas no extrato de 0 a 10 cm, nem antes e nem após o cultivo das PC. Diversos autores evidenciaram que os níveis de MO no solo não foram sensíveis a mudanças de curto prazo no manejo, ao contrário da atividade enzimática, que são mais sensíveis (ACOSTA-MARTÍNEZ et al., 2021, MENDES et al., 2021a e b, CHAER et al., 2023, CAMARGO et al., 2024). Entretanto, houve diferença significativa entre as medições nos meses de fevereiro e outubro, antes e após o cultivo das PC, com maior teor de MO após o cultivo (Figura 2F), sendo que a mistura 1 apresentou o maior incremento médio, de 58% da MO entre as duas medições. Deve ser considerado que o solo de textura argilosa da área experimental facilitou e beneficiou tal incremento, o que provavelmente não seria verdadeiro para um solo de textura média a arenosa.

Considerações finais

Os dados apresentados como resultados de um ano de experimentação permitiram evidenciar que a mistura contendo *U. ruziziensis* + guandu + estilosantes, bem como a combinação 'Piatã' + *Raphanus sativus* são as mais promissoras para estender o período de pastejo. Ademais, são indicadas para uso como plantas de cobertura para o período de entressafra, porque apresentaram o mais rápido estabelecimento, maior capacidade de competição e maior capacidade de supressão de plantas daninhas.

A utilização de misturas de forrageiras como cobertura de solo na entressafra apresentou efeitos positivos na produtividade de grãos da soja semeada na safra subsequente e, provavelmente, no aproveitamento da água disponível no ano de 2024, de maior déficit hídrico no período da safra.

Essa experimentação será continuada, nas mesmas condições de solo e clima, para que se tenha uma panorama mais amplo, inclusive para recomendação de combinações de misturas de forrageiras adaptadas e que cumpram a sua função designada, inclusive de adaptação e de compatibilidade.

Referências

- ACOSTA-MARTÍNEZ, V.; PÉREZ-GUZMÁN, L.; VEUM, K. S.; NUNES, M. R.; DICK, R. P. Metabolic activity –enzymes. In: KARLEN, D. L., STOTT, D. E., MIKHA, M. M. (Eds.), **Laboratory methods for soil health analysis**, vol. 2, Madison, WI: SSSA, pp. 194–250, 2021, ISBN: 978-0-891-18982-4.
- BRENNAN, E. B.; SMITH, R. F. Winter cover crop growth and weed suppression on the central coast of California. **Weed Technology**, v. 19, p. 1017–1024, 2005.
- CAMARGO, T. A.; ALVES, L. A.; MENDES, I. C.; GASQUES, L. R.; OLIVEIRA, L. G. S.; PIRES, G. C.; ALMEIDA, T. O.; CARVALHO, P. C.; F., SOUZA, E. D. Enhancing soil quality and grain yields through fertilization strategies in integrated crop-livestock system under no-till in Brazilian Cerrado. **European Journal of Soil Biology**, v. 121, 103613, 2024.
- CARNEIRO, M. P.; SOUZA, Z. M.; FARHATE, C. V. V.; CHERUBIN, M. R.; PANOSSO, A. R. Effect of cover crops and tillage systems on soil quality and sugarcane yield. **Soil Use and Management**, v. 40, n. 2, 2024.
- CHAER, G. M.; MENDES, I. C.; DANTAS, O. D.; MALAQUIAS, J. V.; REIS JUNIOR, F. B.; OLIVEIRA, M. I. L. Evaluating C trends in clayey Cerrado Oxisols using a four-quadrant model based on specific arylsulfatase and β -glucosidase activities. **Applied Soil Ecology**, v. 183, 104742, 2023.
- CHERUBIN, M. R. (org.) **Guia prático de plantas de cobertura, manejo e impacto na saúde do solo**. Piracicaba: ESALQ/SOHMA, 2024, 175p. Disponível em: https://www.esalq.usp.br/biblioteca/pdf/Livro_Plantas_de_Cobertura_completo.pdf. Acesso em: 20 set, 2024.
- EASH, L.; OGLE, S.; McCLELLAND, S. C.; FONTE, S. J.; SCHIPANSKI, M. E. Climate mitigation potential of cover crops in the United States is regionally concentrated and lower than previous estimates. **Global Change Biology**, v. 30, e17372, 2024.
- FERREIRA, F. N.; OLIVEIRA, I. C. M.; ANDRADE, C. de L. T. de; RESENDE, R. M. S.; SOUZA, I. R. P. de. Produção de silagem de milho sob diferentes lâminas de irrigação. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2020, 25 p. (Embrapa Milho e Sorgo, **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento**, 206).
- GERHARDS, R.; SCHUMACHER, M.; MERKLE, M.; MALIK, W. A.; PIEPHO, H. P. A new approach for modelling weed suppression of cover crops. **Weed Research**, 1-8, 2024.
- GOMES, L.; SIMÕES, S. J. C.; NORA, E. L. D.; SOUSA-NETO, E. R.; FORTI, M. C.; OMETTO, J. P. H. B. Agricultural expansion in the Brazilian Cerrado: increased soil and nutrient losses and decreased agricultural productivity. **Land**, v. 8, n. 1, p. 1-26, 2019.
- GROSS, J.; KÜMMERER, R.; HEUERMANN, D.; GENTSCH, N.; SCHWENEKER, D.; FEUERSTEIN, U.; GUGGENBERGER, G.; VON WIRÉN, N.; BAUER, B. Improving dual cover crop mixtures to increase shoot biomass production and weed suppression potential. **Frontiers in Agronomy**, v. 6, e.1416379, 2024.
- GUIMARÃES, N. N.; GONÇALVES, A. H.; KARAM, D.; SIMEÃO, R. M.; BORGHI, E.; GUIMARÃES, L. N.; LARA, J. P. Análise bromatológica de gramíneas forrageiras em sistema de cultivo intercalar de soja em sucessão. **Contribuciones a Las Ciencias Sociales**, v. 17, n. 6, p. 1-19, 2024.
- HARAMOTO, E. R.; GALLANDT, E. R. Brassica cover cropping: I. Effects on weed and crop establishment. **Weed Science**, v. 53, p. 695–701, 2005.
- KARAM, D.; BORGHI, E.; MAGALHAES, P. C.; PAES, M. C. D.; PEREIRA FILHO, I. A.; MANTOVANI, E. C.; SOUZA, T. C. de; ADEGAS, F. S. **Anteclipse: cultivo intercalar antecipado**. Embrapa Milho e Sorgo-Livro técnico (INFOTECA-E). 107p. 2020. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1126609/anteclipse-cultivo-intercalar-antecipado>. Acesso em: 14 de mar, 2024.
- MCKENZIE-GOPSILL, A.; MILLS, A.; MACDONALD, A.; WYAND, S. The importance of species selection in cover crop mixture design. **Weed Science**, v. 70, p. 436–447. 2022.
- MENDES, I. C.; SOUSA, D. M. G.; CHAER, G. M.; REIS JUNIOR, F. B.; LOPES, A. A. C.; DANTAS, O. D.; SOUZA, L. M. Soil bioanalysis: a simple and effective tool to access and interpret soil health. **Proceedings of the Global Symposium on Soil Biodiversity**. pp. 256–261, 2021a. <https://doi.org/10.4060/cb7374en>
- MENDES, I. C.; SOUSA, D. M. G.; DANTAS, O. D.; LOPES, A. A. C.; REIS-JUNIOR, F. B.; OLIVEIRA, M. I.; CHAER, G. M. Soil quality and grain yield: a win-win combination in clayey tropical Oxisols. **Geoderma**, v. 388, 114880, 2021b.
- MINISTÉRIO DA AGRICULTURA E PECUÁRIA, **ABC+ (2020-2030)**. 2023. Disponível em <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/sustentabilidade/planoabc-abcmais/abc>. Acesso em 13 de set, 2024.
- NICHOLS, V.; MARTINEZ-FERIA, R.; WEISBERGER, D.; CARLSON, S.; BASSO, B.; BASCHE, A. Cover crops and weed suppression in the U.S. midwest: a meta-analysis and modeling study. **Agricultural and Environmental Letters**, v. 5, e20022, 2020.
- PANOSO, L. A.; RAMOS, D. P.; BRANDÃO, M. Solos do campo experimental da Embrapa Milho e Sorgo: suas

características e classificação no novo sistema brasileiro. Rio de Janeiro. Embrapa Solos, 2002. (Embrapa Solos.

Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento; n. 5).

PEREIRA, M. A.; BUNGENSTAB, D. J.; EUCLIDES, V. P. B.; MALAFAIA, G. C.; BISCOLA, P. H. N.; MENEZES, G. R. O.; ABREU, U. G. P. d; LAURA, V. A.; NOGUEIRA, É.; MAURO, R. A.; SILVA, M. P.; NICACIO, A. C.; ALMEIDA, R. G.; GOMES, R. C.; SILVA, J. C. B.; SOUZA, V. F. From traditionally extensive to sustainably intensive: a review on the path to a sustainable and inclusive beef farming in Brazil. **Animals**, v.14, e2340, 2024.

R CORE TEAM. 2024. **R: a language and environment for statistical computing: version 4.4.1**. Viena, AT: R Foundation for Statistical Computing.

REIS, J. C.; RODRIGUES, G. S.; BARROS, I.; RODRIGUES, R. D. A. R.; GARRETT, R. D.; VALENTIM, J. F.; KAMOI, M. Y. T.; MICHETTI, M.; WRUCK, F. J.; RODRIGUES-FILHO, S.; PIMENTEL, P. E. O.; SMUKLER, S. Integrated crop-livestock systems: a sustainable land-use alternative for food production in the Brazilian Cerrado and Amazon. **Journal of Cleaner Production**, v. 283, 124580, 2021.

SANTOS, H. G. *et al.* **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5 ed. rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2018, E-book, Disponível em: <https://www.agroapi.cnptia.embrapa.br/portal/assets/docs/SiBCS-2018-ISBN-9788570358004.pdf>. Acesso em: 20 jun. de 2024.

SCHAPPERT, A.; SCHUMACHER, M.; GERHARDS, R. Weed control ability of single sown cover crops compared to species mixtures. **Agronomy**, v. 9, e294, 2019.

SCHULTZE-KRAFT, R.; RAO, I. M.; PETERS, M.; CLEMENTS, R. J.; BAI, C.; LIU, G. Tropical forage legumes for environmental benefits: an overview. **Tropical Grasslands**, v. 6, n. 1, p. 1-14, 2018.

SIMEÃO, R. M.; SILVA, D. D.; SANTOS, F. C.; VILELA, L.; SILVEIRA, M. C. T.; RESENDE, A. C.;

ALBUQUERQUE, P. E. P.; BARBOSA, T. A.; PINTO, C. F. Forrageiras para pastejo, para cobertura e suas combinações para plantio direto do sorgo nos solos arenosos no Oeste da Bahia. (**Comunicado Técnico**. 160. Embrapa Gado de Corte). 2021. 26p.

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, e56144, 2023.

SIMEÃO, R. M.; LANDAU, E. C.; SILVEIRA, M. C. T.; PEREIRA, M. A.; CHAVES, F. F.; BORGHI, E.; GONTIJO-NETO, M. M.; ALVARENGA, R. C. Atividade pecuária no estado de Minas Gerais – uma abordagem temporal. (**Circular Técnica**, 38, Embrapa Gado de Corte). 2024. 12p.

SOUZA, T. R.; CARVALHO, A. M.; RAMOS, M. L. G.; OLIVEIRA, A. D.; JESUS, D. R.; FONSECA, A. C. P.; SILCA, F. R. C.; DELVICO, F. M. S.; REIS-JUNIOR, F. B.; MARCHÃO, R. L. Dynamics of carbon and soil enzyme activities under arabica coffee intercropped with *Brachiaria decumbens* in the Brazilian Cerrado. **Plants**, v. 13, n. 6, 835, 2024.

SOUZA, R. C.; MENDES, I. C.; REIS-JUNIOR, F. B.; CARVALHO, F. M.; NOGUEIRA, M. A.; VASCONCELOS, A. T. R.; VICENTE, V. A.; HUNGRIA, M. Shifts in taxonomic and functional microbial diversity with agriculture: how fragile is the Brazilian Cerrado? **BMC Microbiology**, v. 16, p. 1–15, 2016.

TELLES, T. S.; VIEIRA-FILHO, J. E. R.; RIGHETO, A. J.; RIBEIRO, M. R. **Desenvolvimento da agricultura de baixo carbono no Brasil**. IPEA: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada – Brasília: Rio de Janeiro. Texto para Discussão 2638. 42p. 2021. Acessado em setembro de 2024. Disponível em <https://repositorio.ipea.gov.br/handle/11058/10531>.