

Avaliação do uso de plantas de cobertura de solo na entressafra milho-trigo no noroeste do Rio Grande do Sul

Evaluation of the use of cover crops in corn-wheat off-season in northwest of Rio Grande do Sul

Eduarda Letícia Ruaro* (ORCID 0000-0003-3342-9447), **Marco Aurélio Camargo de Ramos** (ORCID 0009-0003-4693-9830),
Marciel Redin (ORCID 0000-0003-4142-0522)

Universidade Estadual do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil. *Autor para correspondência: eduarda-ruaro@uergs.edu.br

Submissão: 04/03/2023 | Aceite: 25/03/2023

RESUMO

A utilização de plantas de cobertura de solo, em especial de verão em janelas entressafras, é uma prática pouco comum por competirem com as culturas de importância econômica. O objetivo foi avaliar o uso de plantas de cobertura, na cobertura do solo e supressão de plantas espontâneas na entressafra milho-trigo no noroeste do Rio Grande do Sul. Para isso, utilizou-se crotalária *espectabilis*, mucuna-cinza, feijão-de-porco, tremoço, trigo-mourisco, milho, consórcio de milho e crotalária (50%) e pousio (testemunha). As espécies foram semeadas após a colheita do milho safra com 0,45 m de espaçamento entre linhas em blocos ao acaso com seis repetições. A taxa de cobertura do solo foi analisada aos 30, 45, 60, 75 e 90 dias após a semeadura. A matéria seca foi determinada na plena floração de cada cultura, separada em talos/colmos e folhas e secos a 65°C. A incidência de plantas espontâneas foi avaliada no momento de plena floração. No período entressafra o milho, consórcio de milho + crotalária, mucuna-cinza e feijão-de-porco apresentam maior eficiência de cobertura do solo, ambos atingindo 100% de cobertura de solo. Os maiores acúmulos de matéria seca foram do milho (11.204 kg.ha⁻¹) e consórcio (9291 kg.ha⁻¹). As culturas mais eficientes para a supressão de plantas espontâneas foram o milho, o consórcio e a mucuna-cinza. A crotalária e trigo-mourisco apresentaram baixo desempenho, logo, não são recomendadas para cultivo solteiro na entressafra milho-trigo.

PALAVRAS-CHAVE: sistema plantio direto; ciclagem de nutrientes; adubos verdes; plantas daninhas.

ABSTRACT

The use of cover crops, especially in summer in off-season, is an uncommon practice because they compete with crops of economic importance. The objective was to evaluate the use of cover crops, soil cover and suppression of weeds in the corn-wheat off-season in northwest of Rio Grande do Sul. For this, sunn hemp, gray mucuna, jack bean, lupine, buckwheat, millet, millet, and sunn hemp intercrop (50%) and fallow (control) were used. The species were sown after harvesting the corn crop with 0.45 m spacing between rows in randomized blocks with six replications. The soil cover rate was analyzed at 30, 45, 60, 75 and 90 days after sowing. Dry matter was determined at full flowering of each crop, separated into stalks/stems and leaves, and dried at 65°C. The incidence of weeds was evaluated at the time of full flowering. In the off-season, millet, millet + crotalaria, gray mucuna and jack bean intercropped have greater soil cover efficiency, both reaching 100% soil cover. The highest accumulations of dry matter were from millet (11,204 kg.ha⁻¹) and intercropped (9291 kg.ha⁻¹). The most efficient crops for the suppression of weeds were pearl millet, intercropped and gray mucuna. Sunn hemp and buckwheat showed low performance; therefore, they are not recommended for single cultivation in the corn-wheat off-season.

KEYWORDS: no-tillage system; nutrient cycling; green manures; weeds.

INTRODUÇÃO

O sistema plantio direto (SPD) é um conjunto de técnicas de cultivo que visam a conservação e o aumento produtivo das áreas agrícolas de modo sustentável (DINIZ et al. 2021, MINGOTTE et al. 2021). Conforme DENARDIN et al. (2019), o SPD é praticado em aproximadamente 38,2% das áreas com cultivo temporário no Brasil. Dentre os princípios do SPD estão o revolvimento restrito a linha de semeadura, a cobertura vegetal permanente, a diversificação de culturas, via rotação e/ou consorciação de diferentes espécies e manutenção dos restos vegetais sob o solo. São necessários, para as condições climáticas brasileiras, o aporte superior a 8000 kg.ha^{-1} por ano de matéria seca, o que permite manter o sistema produtivo por mais tempo (DENARDIN et al. 2019, MINGOTTE et al. 2021).

O SPD proporciona inúmeros benefícios, dentre eles, a restauração da biodiversidade do solo, a recuperação de solos degradados, o aumento da fertilidade pela ciclagem de nutrientes, redução da lixiviação de fertilizantes, o aumento da retenção de água no solo, a supressão de plantas espontâneas, redução do banco de sementes do solo, entre outros benefícios (SALOMÃO et al. 2020, FORTE et al. 2018, SANTOS et al. 2018a). Especificamente, no Rio Grande do Sul (RS), tem-se observado falhas técnicas na condução do SPD, conseqüentemente, tem-se o retorno da erosão hídrica com alterações físicas, químicas e biológicas do solo e, comprometimento da estabilidade produtiva. Entre as práticas que estão sendo negligenciadas, está a falta de rotação de culturas e a baixa manutenção da cobertura vegetal permanente do solo, sobretudo nos períodos de entressafras (BARBIERI et al. 2019).

A inclusão de plantas de cobertura de solo na rotação de culturas, proporciona melhores condições de crescimento e desenvolvimento das culturas de importância econômica semeadas na sequência (PACHECO et al. 2017). O aumento da ciclagem de nutrientes proporcionado pelas plantas de cobertura do solo permitirá a redução do aporte de fertilizantes, conseqüentemente, reduzirá o custo de produção (ZANUNCIO et al. 2022). A manutenção da cobertura permanente do solo evita o desenvolvimento de processos erosivos, além de reduzir a incidência de plantas espontâneas (BARBIERI et al. 2019, REIS & BORSOI 2020). Mesmo com tantos benefícios aos diversos sistemas agrícolas, as plantas de cobertura de solo são pouco utilizadas devido seus ciclos coincidirem com o ciclo das culturas de interesse econômico, como a soja e o milho no verão e o trigo no inverno.

A entressafra compreende ao período em que o solo permanece descoberto entre a colheita de uma safra e a semeadura da safra seguinte. No Rio Grande do Sul, está ocorre entre a colheita da cultura de verão e a semeadura da cultura de inverno, período que varia de 70 a 120 dias (ADAMI et al. 2020, LINK 2020). A implantação de plantas de cobertura de solo neste período permitirá melhorar a saúde ao solo, aumentar a estabilidade produtiva, aumentar a rentabilidade da atividade agrícola e reduzir a emissão de gases efeito estufa (BESEN et al. 2018, SILVA et al. 2021). Está estratégia de inserção de plantas de cobertura de solo no período entressafra é pouco explorada devido à incerteza dos produtores sob a viabilidade técnica/econômica de sua utilização (LINK 2020).

Deste modo, o objetivo foi avaliar o uso de plantas de cobertura na eficiência de cobertura do solo, aporte de matéria seca e supressão de plantas espontâneas na entressafra milho-trigo no noroeste do Rio Grande do Sul.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado no município de São Borja, RS, na localidade de São Marcos, situada a $28^{\circ}31'13.52''$ de latitude e longitude de $55^{\circ}54'42.56''$, altitude de 86 m acima do nível do mar. O solo da área experimental é caracterizado como Nitossolo Vermelho com textura franco argilo siltosa (SANTOS et al. 2018b). A região apresenta clima Cfa, conforme a classificação de Köppen-Geiger, sendo este, subtropical, sem estação seca e com verões quentes (PEEL et al. 2007). O regime pluviométrico e a temperatura do ar no período de execução do experimento podem ser visualizados na Figura 1.

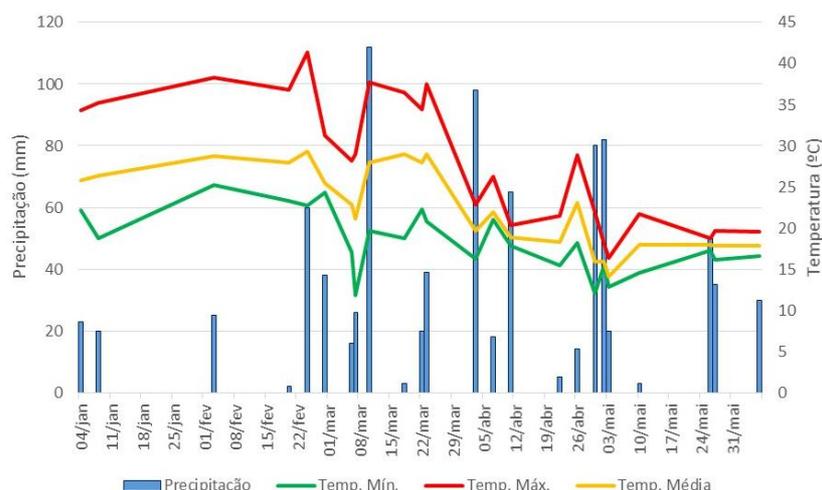


Figura 1. Regime pluviométrico e flutuação de térmica durante o período experimental. São Borja, RS, 2022.
 Figure 1. Rainfall regime and thermal variation in the experimental period. São Borja, RS, 2022.

O experimento foi implantado em área sob sistema plantio direto consolidado em esquemas de sucessão e rotação de culturas de grãos e cobertura de solo desde o ano de 2013. Antes da instalação do experimento foi realizada coleta de solo na profundidade de 0-20 cm, estratificada em 0-10 e 10-20 cm para caracterização físico-química do solo (Tabela 1).

Tabela 1. Caracterização físico-química do solo na área experimental. São Borja, RS, 2022.
 Table 1. Physicochemical characterization of the soil in the experimental area. São Borja, RS, 2022.

Camadas (cm)	pH ^a (H ₂ O)	V	MOS (%)	Argila (%)	P	K	S (mg.dm ³)	Cu	Zn	B	Al	Ca	Mg	H+Al (Cmolc.dm ³)
0-10	5,6	73	2,4	29	9,9	79	11,5	6,8	2,1	0,7	0	6,6	2,3	3,4
10-20	5,5	73	1,8	34	6,7	53	10,7	6,3	2,7	0,8	0	6,3	2,7	3,4

^apH: Potencial de hidrogênio; V: Saturação por bases; MOS: Matéria orgânica do solo; P: Fósforo; K: Potássio; S: Enxofre; Cu: Cobre; Zn: Zinco; B: Boro; Al: Alumínio; Ca: Cálcio; Mg: Magnésio; H+Al: Acidez potencial.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, com seis repetições de cada tratamento em parcelas experimentais de 4 x 3 m, totalizando 12 m² cada. Os tratamentos foram: 1) Crotalaria (*Crotalaria spectabilis* Roth), 2) Mucuna-cinza (*Mucuna cinerea* Piper & Tracy), 3) Feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis* DC), 4) Tremoço (*Lupinus albus* L.), 5) Trigo-mourisco (*Fagopyrum esculentum* Moench), 6) Milheto (*Pennisetum glaucum* L.), 7) Consórcio de milheto (50%) + crotalaria (50%), e 8) Pousio. Para os tratamentos 1, 2, 3, 4, 5 e 6 foram utilizadas as seguintes densidades de semeadura 15, 90, 100, 65, 60, 15 kg.ha⁻¹ de sementes, respectivamente. Para o tratamento 7 utilizou-se de 7 kg.ha⁻¹ de milheto e 7 kg.ha⁻¹ formando, assim, o consórcio composto por 50% de cada espécie. A semeadura foi realizada em 05 de fevereiro de 2022, de modo manual, com 0,45m de espaçamento entre linhas. A ressemeadura de falhas e semeadura de tremoço e feijão-de-porco foi em 05 de março de 2022. As sementes não receberam tratamento, nem inoculação, e a condução ocorreu em condições naturais de clima, sem adubação e tratos culturais para controle de pragas e doenças.

A avaliação da produção de matéria seca das plantas ocorreu no momento de plena floração de cada cultura, sendo coletadas duas subamostras de 0,5 m linear de cada unidade experimental. A matéria verde coletada foi separada em folhas e caule/colmos, levados a estufa a 65°C separadamente, até atingirem massa constante, quando foi determinada a produção de matéria seca. A taxa de cobertura do solo pelas plantas foi realizada com o auxílio de um gride com 0,25 m² dotado de 100 pontos de interseção, qual foi alocado a 1 metro, sob o solo, e realizadas a contagem do número de interseções dispostas sob o dossel vegetal, o resultado expresso em percentagem (CIESLIK 2014). Essa avaliação ocorreu aos 30, 45, 60, 75 e 90 dias após a semeadura. A avaliação da incidência de plantas espontâneas foi realizada no momento de plena floração de cada cultura de cobertura de solo. Para tal, utilizou-se de um quadro de PVC de 0,25 m², para a amostragem aleatória em dois pontos de cada parcela. A avaliação do pousio foi realizada juntamente com a última cultura a apresentar plena floração, as plantas foram identificadas a nível de espécie de acordo com LORENZI (2006).

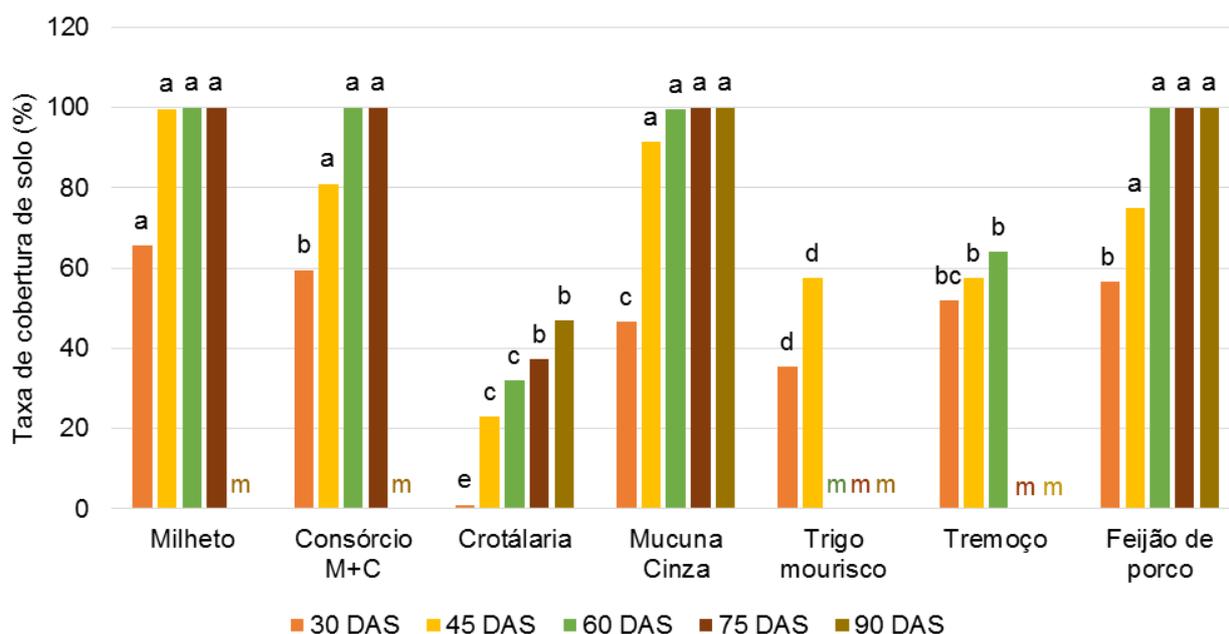
Os dados obtidos foram submetidos a análise de variância, quando significativo, comparados entre si

pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro, utilizando o aplicativo computacional Bioestat[®], versão 5.3 (AYRES et al. 2007).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na primeira avaliação, 30 dias após a semeadura (DAS) o milho se sobressaiu em relação as demais espécies na taxa de cobertura do solo (65,5%) (Figura 2). Esse resultado corrobora com os obtidos por ALGERI et al. (2018), que obtiveram aos 30 DAS aproximadamente 60% de cobertura de solo. O milho é uma espécie das Poaceae, que apresenta hábito de crescimento ereto, folhas lanceoladas e um excelente desenvolvimento inicial, consequentemente, isso possibilita que seu dossel vegetal realize a rápida cobertura do solo (ALGERI et al. 2018, ANDRADE et al. (2022). Conforme BESEN et al. (2018) quanto mais rápido ocorrer o desenvolvimento da planta, mais cedo está cobrirá o solo, potencializando assim os benefícios proporcionados pela utilização das plantas de cobertura de solo.

Dos 45 DAS até o momento de manejo da cultura o milho, o consórcio de milho + crotalaria, o feijão-de-porco e a mucuna-cinza foram as mais eficientes, estas culturas possibilitaram atingir 100% de cobertura do solo, percentual alcançado entre os 45 DAS e 60 DAS. O feijão-de-porco trata-se de uma espécie rústica, que possui boa adaptabilidade e com grandes folhas, fator este que facilita a interceptação dos raios solares; juntamente com a mucuna-cinza uma espécie de hábito rasteiro e trepador apresentam rápido desenvolvimento vegetativo, logo, realizam rapidamente a cobertura superficial do solo (ANDRADE et al. 2022). Estes mesmos autores obtiveram em seu experimento 100% de cobertura de solo por feijão-de-porco e mucuna-cinza apenas aos 80 DAS, e o milho atingiu neste mesmo período 91% de cobertura. ALGERI et al. (2018) obtiveram aos 37 DAS 100% de cobertura de solo por milho e pelo consórcio de milho e crotalaria. Logo, os resultados obtidos demonstram que estas culturas são excelentes opções de cobertura de solo na entressafra milho-trigo no RS.



*Barras de mesma coloração, com letras minúsculas distintas, diferem entre si pelo teste de Tukey ($\alpha=0,05$). **Letra "m" colorida em substituição a barra, indica que o tratamento atingiu plena floração e foi manejado (roçado), de acordo com DAS (dias após a semeadura) em que aparece pela primeira vez, disponibilizando a área à exploração agrícola.

Figura 2. Taxa de cobertura de solo de diferentes plantas de cobertura e consórcio durante seu ciclo de desenvolvimento. São Borja, RS, 2022.

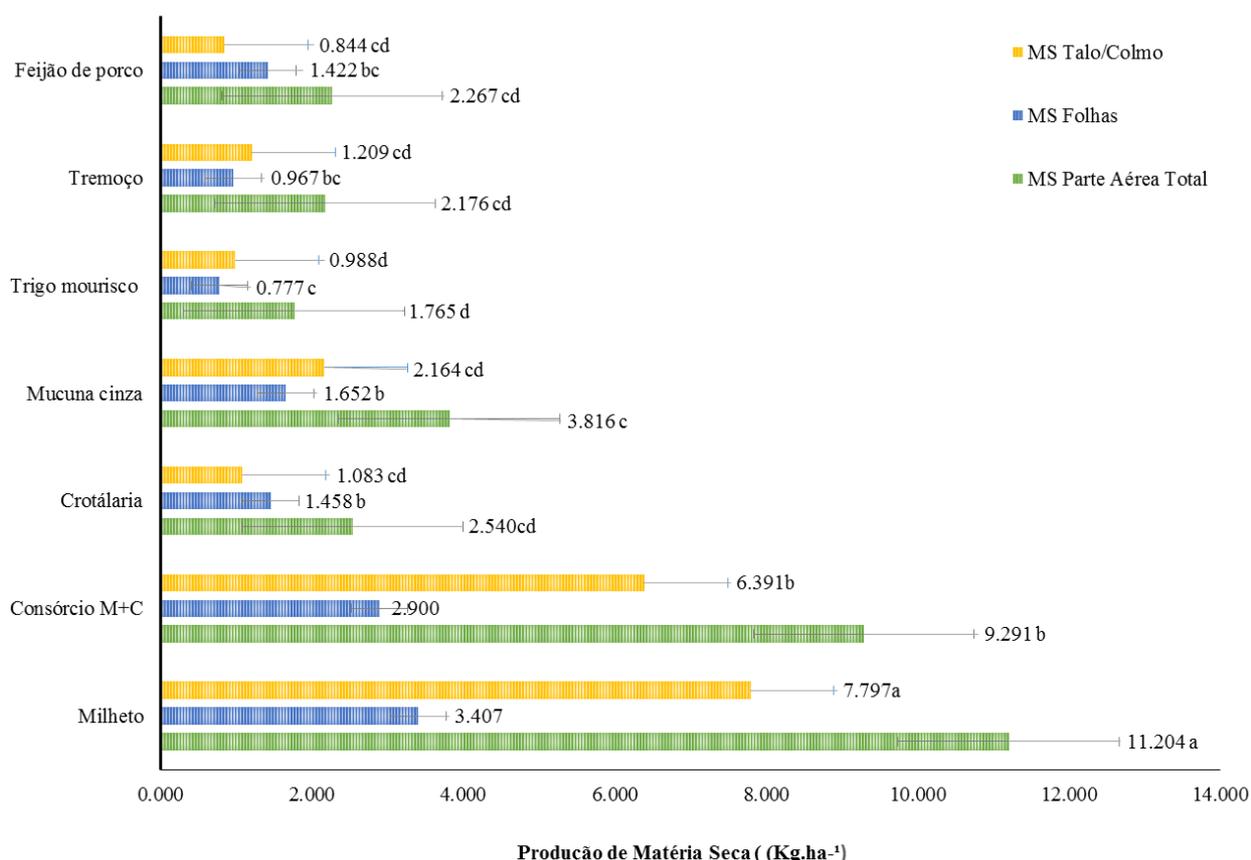
Figure 2. Ground cover rate of different cover crops throughout their development cycle. São Borja, RS, 2022.

O tremoço apresentou taxa de cobertura de solo média de 52, 57 e 64%, para 30, 45 e 60 DAS, respectivamente, em relação as demais culturas, sendo seguido pelo trigo-mourisco que atingiu plena floração aos 58 dias DAS, sendo então manejado. Os resultados obtidos são similares para a cultura de trigo-mourisco e superiores para tremoço com base nos resultados encontrados por ZIECH et al. (2015), que obtiveram aos 42 DAS 55% de cobertura de solo no cultivo de trigo-mourisco, e 48% de cobertura para o tremoço. A crotalaria foi a menos eficiente para cobertura de solo na entressafra, corroborando com os

dados de ALGERI et al. (2018) que obtiveram menor percentual de cobertura do solo por crotalária em comparação com braquiária, milho e diferentes consórcios. Com porte arbustivo e crescimento ereto, a crotalária apresentou no momento de manejo apenas 0,60 m de altura, deste modo, sugere-se o cultivo com espaçamento inferior aos 0,45 m utilizado no presente estudo, tanto para crotalária, quanto trigo-mourisco, que possui rápido desenvolvimento, ou a composição de consórcios. A cobertura de solo proporcionada pelo dossel vegetal é influenciada por diversos fatores, sobretudo pela espécie e hábito de crescimento (WOLSCHICK et al. 2016). No entanto, a eficiência de cobertura do solo irá influenciar diretamente na fitossociologia de plantas espontâneas presentes na área (Tabela 4).

Conforme DECHEN et al. (2015) solos que apresentam 90% de cobertura são capazes de reduzir 51,97% das perdas de água do sistema, 54,44% das perdas de solo e 54,89% da matéria orgânica do solo, quando comparado a um solo sem cobertura. Estes autores ainda estimaram uma perda de 16% de P_2O_5 e 8% de KCl em relação as quantidades recomendadas destes fertilizantes. Portanto, a implantação de plantas de cobertura para a manutenção da cobertura vegetal permanente é de fundamental importância para a construção de um sistema de cultivo mais sustentável ambientalmente e economicamente, devido, a redução na perda de nutrientes.

O milho foi significativamente mais produtivo para matéria seca total que as demais culturas, alcançando uma produção de $11,2 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$ (Figura 3). Esta produção foi superior aos $8,5 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$ e $9,1 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$, encontrados nos anos de 2018 e 2019, respectivamente, por LINK (2020) e $8,5 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$ obtidos por BERTOLINO et al. (2021). Entretanto, a produção foi inferior ao encontrado por REDIN et al. (2018) que obtiveram $22,5 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$, ao utilizarem 0,20 m de espaçamento entre linhas, deste modo, a produção do presente experimento foi inferior devido a utilização de maior espaçamento entre linhas (0,45m).



*Barras de mesma coloração, com médias seguidas de letras maiúsculas distintas, diferem entre si pelo teste de Tukey ($\alpha=0,05$).

Figura 3. Produção de matéria seca das culturas de cobertura de solo na entressafra milho-trigo. São Borja, RS, 2022.

Figure 3. Dry matters production of cover crops in corn-wheat off-season. São Borja, RS, 2022.

O consórcio de milho + crotalária produziu $9,3 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de matéria seca total, sendo o segundo mais produtivo. O déficit hídrico ocorrido no início do ciclo (Figura 1) prejudicou o estabelecimento das plantas do tratamento, alterando a proporção de milho/crotalária de 50:50 para 75:25, logo, o milho suprimiu o desenvolvimento da crotalária. Esse comportamento já foi relatado por DELAZERI et al. (2020), ao

avaliarem diferentes proporções do consórcio milheto/crotalária, qual ressalta que a proporção ideal para um aporte equilibrado de material vegetal, ciclagem de nutrientes, entre outros benefícios ao agroecossistema é 50:50%. A produção obtida no presente estudo foi superior aos 8,9 Mg.ha⁻¹ obtido por DELAZERI et al. (2020) e aos 5,3 Mg.ha⁻¹ obtido por BERTOLINO et al. (2021) em consórcio de proporção 80:20. Os resultados demonstram o fácil estabelecimento do milheto e o alto potencial de produção de matéria seca, mesmo em sistema consorciado.

Conforme HASKEL et al. (2020) espécies de Fabaceae (leguminosas) estivais de primavera/verão, reduzem mais de 90% da sua produção de matéria seca quando semeadas em março, na região sul do Brasil, devido as condições climáticas não serem as ideais para o desenvolvimento dessas culturas, este ressalta que o período de novembro até primeira quinzena de dezembro é o momento ideal de semeadura das culturas de verão, qual possibilita a expressão do maior potencial produtivo. Deste modo, as comparações entre as produções das fabaceae estivais serão realizadas com dados de cultivo de mesma época. A mucuna-cinza apresentou produção média de 3,8 Mg.ha⁻¹ de matéria seca, sendo esta superior aos 3,3 Mg.ha⁻¹ obtidos por HASKEL et al. (2020). Estes autores obtiveram 1,1 Mg.ha⁻¹ e também 1,1 Mg.ha⁻¹ para crotalária e feijão-de-porco, respectivamente. Logo, as médias de crotalária 2,5±0,5 Mg.ha⁻¹ e feijão-de-porco 2,3±0,4 Mg.ha⁻¹ do presente estudo são superiores às encontradas nos estudos de HASKEL et al. (2020).

O trigo-mourisco produziu somente 1,8 Mg.ha⁻¹, produção inferior a obtida por NETO & CAMPOS (2017) que foi superior a 2 Mg.ha⁻¹. LINK (2020) obteve 5,1 Mg.ha⁻¹ em 2018 e 4,8 Mg.ha⁻¹ em 2019, e TOMAZI et al. (2021) que obtiveram 3,9 Mg.ha⁻¹. A maior produção obtidas por estes autores está relacionada aos espaçamentos utilizados, sendo 0,18m, 0,34m e 0,20m, respectivamente, enquanto, no presente estudo foi 0,45m. O rápido desenvolvimento da cultura, qual atingiu plena floração aos 58 DAS, facilita a sua inserção nos períodos entressafras, sendo que para a obtenção de maiores teores de matéria seca é necessário a redução do espaçamento de semeadura. O tremoço possibilitou aporte de 2,1 Mg.ha⁻¹ aos 60 dias após a semeadura, não diferindo estatisticamente da crotalária, trigo-mourisco, mucuna-cinza e feijão-de-porco. A produção foi superior a encontrada por SALLES et al. (2022) que obteve 1,1 Mg.ha⁻¹ em cultivo com mesma idade de manejo. A produção obtida foi inferior a encontrada por ZIECH et al. (2015) obtiveram 3,0 Mg.ha⁻¹ em 2010 e 2,7 Mg.ha⁻¹ em 2011 e REDIN et al. (2018), que obtiveram 5,5 Mg.ha⁻¹, estes autores realizaram o cultivo no período indicado para a cultura, logo, a antecipação da semeadura resulta na redução do aporte de matéria seca.

Conforme HASKEL et al. (2020), o aporte de matéria seca de plantas, sobretudo de cobertura de solo está relacionado as condições climáticas em que as culturas se desenvolvem, explicando, assim, a alteração na biomassa aportada ao sistema. Apesar disto, a utilização de plantas de cobertura de solo no período entressafra é benéfico pois irá resultar em maior aporte de matéria seca anual na área, facilitando o alcance da meta de 8 a 12 toneladas de aporte de matéria seca anual por hectare; manterá a área permanentemente coberta, reduzindo conseqüentemente, a erosão do solo e a incidência de plantas espontâneas; irá aumentar a ciclagem de nutrientes, bem como, o teor de matéria orgânica do solo, gerando economia de fertilizantes; diversificará o sistema produtivo por meio da rotação de culturas. Portanto, a implantação de plantas de cobertura de solo no período entressafra irá permitir a correta execução do SPD (DENARDIN et al. 2019, REIS & BORSOI 2020).

As culturas apresentaram desempenho semelhante entre a sua produção de matéria seca de folha e a sua produção de caule/colmos (Tabela 2). O milheto (3,4 Mg.ha⁻¹) e o consórcio de milheto + crotalária (2,9 Mg.ha⁻¹), se sobressaíram entre os demais tratamentos em relação a produção de matéria seca foliar, estes foram seguidos pela mucuna-cinza, crotalária, feijão-de-porco, tremoço e trigo-mourisco, com as seguintes médias 1,6, 1,4, 1,4, 0,9 e 0,7 Mg.ha⁻¹, respectivamente. Quanto a produção de talo/colmo o milheto produziu 7,797 Mg.ha⁻¹, destacando-se novamente com significativo acúmulo de matéria seca. Este foi seguido pelo consórcio milheto + crotalária, mucuna-cinza, tremoço, crotalária, feijão-de-porco e trigo-mourisco que apresentaram as seguintes médias produtivas: 6,3, 2,1, 1,2, 1,0, 0,8 e 0,9 Mg.ha⁻¹, respectivamente. Portanto, a produção de matéria seca pelo caule/colmo foi superior nas culturas analisadas, exceto feijão-de-porco e crotalária, como podemos observar na Tabela 2. As culturas apresentaram proporção similar ao encontrado em outros estudos (REDIN et al. 2014, AUBERT et al. 2021), exceto a crotalária, que no presente estudo apresentou maior percentual de folhas (57,43%), assim, sugere-se que este resultado esteja correlacionado a menor estatura apresentada pelas plantas, resultando em menor desenvolvimento do caule, logo menor aporte de matéria seca.

Tabela 2. Comparação entre a relação de aporte de matéria seca entre folhas (F) e talos/colmos (C) de diferentes plantas de cobertura de solo e consórcio em período entressafra milho-trigo com dados encontrados na literatura. São Borja, RS, 2022.

Table 2. Comparison between the dry matter input ratio between leaves (F) and stems (C) of different ground cover and intercropping plants in corn-wheat the off-season with data found in the literature. São Borja, RS, 2022.

Culturas/Consórcio	Relação F/C do experimento		Relação F/C da literatura		Referência
	Folhas (%)	Talo/ Colmo (%)	Folhas (%)	Talo/ Colmo (%)	
Milheto	30,1 ± 4,4	69,8 ± 4,4	32 ± 4,1	68 ± 2,5	(REDIN et al. 2014)
Milheto + crotalária	31,8 ± 5,9	68,1 ± 5,9	31,5*	68,5*	REDIN et al. (2014)
Crotalária	57,4 ± 5,5	42,5 ± 5,5	30 ± 3,1	70 ± 3,1	(REDIN et al. 2014)
Mucuna-cinza	42,5 ± 5,3	57,0 ± 5,3	42 ± 3,6	58 ± 2,9	(REDIN et al. 2014)
Trigo-mourisco	43,6 ± 3,6	56,3 ± 3,6	35,2	64,7	(AUBERT et al. 2021)
Tremoço	44,5 ± 3,2	55,4 ± 3,2	51 ± 3,7	49 ± 4,1	(REDIN et al. 2014)
Feijão-de-porco	62,5 ± 5,5	37,4 ± 5,5	72 ± 4,9	28 ± 3,8	(REDIN et al. 2014)

*Valor estimado com base nos resultados de REDIN et al. (2014), sendo considerado o percentual de 75% para milho e 25% para crotalária. ± desvio padrão da média.

A ciclagem de nutrientes é um dos importantes benefícios das plantas de cobertura de solo. Conforme VIOLA et al. (2013) ao avaliarem diferentes adubos verdes na entressafra milho-trigo concluíram que esta prática resulta em menores custos com fertilizantes químicos e menor impacto ambiental. A introdução de plantas de cobertura pós milho/soja antecedendo as culturas de outono/inverno no RS, além de protegerem o solo, disponibilizam nutrientes para a cultura subsequente, permitindo a redução do uso de fertilizantes, em especial os nitrogenados, tornando, assim, a agricultura mais sustentável ambientalmente e economicamente (ZANUNCIO et al. 2022). Conforme BERTOLINI et al. (2019) as espécies de Fabaceae apresentam-se mais eficientes na liberação de N, P e K quando comparado às Poaceae, estando relacionado a menor relação C/N, logo disponibiliza rapidamente os nutrientes contidos em sua matéria seca. Ao avaliar o potencial de utilização de adubos verdes no período entressafra milho-trigo, VIOLA et al. (2013) constatou que se trata de um manejo viável e beneficia a cultura do trigo; dentre as culturas hibernais analisadas o nabo forrageiro e a ervilha forrageira demonstraram a melhor dinâmica de liberação de nutrientes, coincidindo com o momento de maior demanda pela cultura do trigo, afilhamento e enchimento de grãos.

Os solos são o principal compartimento de armazenamento de C, este contribui com a regulação do ciclo do carbono no planeta Terra, já que a forma de manejo do solo pode propiciar o acúmulo ou a emissão deste elemento (OLSON et al. 2014, VALENZUELA & VISCONTI 2018). Locais de clima quente, como no Brasil, o solo possui maior capacidade de decompor/ mineralizar a matéria orgânica do solo, no entanto, caso ocorra aporte de material orgânico suficientemente alto e de forma contínua, aumenta, conseqüentemente, o teor de matéria orgânica do solo, sendo um importante sumidouro de carbono atmosférico (VALENZUELA & VISCONTI 2018). Esta capacidade de estocar C se deve a matéria orgânica do solo ser formada por 52-58% de C (AMENDOLA 2017). Logo, quanto mais carbono adicionado via resíduos culturais, maior é a probabilidade de adição de matéria orgânica ao solo. Quando não ocorre o aporte de material orgânico de forma adequada o teor de matéria orgânica é reduzido no solo, similar ao que ocorre no cultivo convencional com preparo de solo (CAMPOS et al. 2013, MELO et al. 2016). A matéria orgânica do solo exerce influência nos atributos físicos, químicos e biológicos presentes no solo, refletindo na maior estabilidade produtiva. O incremento desta pode ser realizado, entre outras, por meio da adoção do sistema plantio direto, rotação de culturas, utilização de plantas de cobertura, incluindo nos períodos entressafras e com a integração lavoura pecuária (COSTA et al. 2013).

A maior diversidade de plantas espontâneas foi constatada no cultivo de crotalária e no pousio, sendo que nas duas foi observada a incidência de 21 espécies de invasoras, das quais as mais abundantes no cultivo de crotalária foram *Fimbristylis miliacea* (31 plantas), *Richardia brasiliensis* (28) *Oxalis corniculata* (15) *Lolium multiflorum* (10) e no pousio foram *Lolium multiflorum* (42), *Oxalis latifolia* (31) *Sonchus oleraceus* (11) *Oxalis corniculata* (10) *Richardia brasiliensis* (9) (Tabela 3). No feijão-de-porco houve baixa diversidade, entretanto, foi o cultivo que demonstrou a maior abundância de *Lolium multiflorum* (53). SILVA et al. (2018) ao cultivarem *Crotalaria spectabilis* em Roraima observaram que foi mais eficiente na redução da densidade de plantas espontâneas que *Crotalaria ochroleuca* e *Cajanus cajan*. Supõe-se que abaixa

eficiência da crotalária, constatada no presente estudo, esteja relacionada a redução de produção de matéria seca devido ao plantio tardio da cultura estival. Portanto, a crotalária é uma planta eficiente na supressão de plantas espontâneas desde que cultivada na primavera/verão, período mais adequado para o desenvolvimento satisfatório da cultura.

As plantas espontâneas interferem negativamente nas culturas de interesse econômico, suprimindo o crescimento e desenvolvimento destas, podendo gerar perdas, em nível mundial em torno de 34% da produção. A utilização de plantas de cobertura é um dos métodos de reduzir o desenvolvimento e a produção de sementes por plantas espontâneas, reduzindo deste modo, o banco de sementes presente no solo, conseqüentemente, irá ocorrer menor incidência de plantas espontâneas nos cultivos de interesse econômico resultando em menor custo de controle (BORGES et al. 2014, JABRAN et al. 2015, LAMEGO et al. 2015). Tanto a cobertura morta quanto a cobertura viva são importantes para o manejo das plantas espontâneas. A utilização de plantas de cobertura de solo é eficiente para a supressão das plantas espontâneas, entretanto, a eficiência é variável de acordo com a espécie de cobertura que está sendo utilizada (LAMEGO et al. 2015).

Conforme LIMA et al. (2014) plantas de cobertura com porte ereto, como o caso da crotalária, feijão-de-porco, tremoço e trigo-mourisco apresentam maior incidência de plantas espontâneas devido seu hábito de crescimento favorecer a maior incidência de luz solar nas entrelinhas da cultura. Logo, para um recobrimento rápido do solo é necessário ajustar o espaçamento entrelinhas e/ou optar por consórcios. O milho e o consórcio foram capazes de suprimir 100% das plantas espontâneas, juntamente com a mucuna-cinza, na qual apenas se constatou uma planta de *Richardia brasiliensis*, estas foram as mais eficientes no controle das plantas espontâneas.

Tabela 3. Levantamento fitossociológico no manejo de diferentes plantas de cobertura de solo na entressafra milho-trigo. São Borja, RS, 2022.

Table 3. Phytosociological survey in the management of different ground cover plants in corn-wheat off-season. São Borja, RS, 2022.

Plantas espontâneas	Milheto	Consórcio	Crotalária	Mucuna-cinza	Trigo-mourisco	Tremoço	Feijão-de-porco	Pousio
<i>Amaranthus deflexus</i>	-	-	1	-	-	2	-	2
<i>Cyclosporum leptophyllum</i>	-	-	-	-	-	3	-	-
<i>Cyperus difformis</i>	-	-	7	-	-	-	-	7
<i>Cyperus iria</i>	-	-	5	-	-	-	-	3
<i>Cyperus esculentus</i>	-	-	-	-	-	-	-	2
<i>Cyperus spp.</i>	-	-	2	-	4	4	-	1
<i>Commelina benghalensis</i>	-	-	1	-	-	-	-	2
<i>Conyza canadensis</i>	-	-	4	-	-	-	-	3
<i>Echinochloa colonum</i>	-	-	1	-	-	-	-	2
<i>Echium plantagineum</i>	-	-	-	-	-	-	-	2
<i>Eleusine indica</i>	-	-	1	-	-	2	1	-
<i>Erechtites hieraciifolius</i>	-	-	-	-	-	-	-	1
<i>Euphorbia heterophylla</i>	-	-	1	-	-	-	-	-
<i>Fimbristylis miliacea</i>	-	-	36	-	-	15	-	-
<i>Ipomea triloba</i>	-	-	-	-	-	-	-	1
<i>Lolium multiflorum</i>	-	-	10	-	-	10	53	42
<i>Malvastrum coromandelianum</i>	-	-	8	-	2	1	3	-
<i>Oxalis corniculata</i>	-	-	15	-	-	17	6	10

<i>Oxalis latifolia</i>	-	-	-	-	-	-	-	31
<i>Parthenium hysterocephalus</i>	-	-	9	-	-	-	-	-
<i>Phyllanthus tenellus</i>	-	-	-	-	-	-	1	-
<i>Portulaca oleraceae</i>	-	-	3	-	4	2	-	-
<i>Richardia brasiliensis</i>	-	-	28	1	20	18	6	9
<i>Senecio brasiliensis</i>	-	-	1	-	-	-	-	1
<i>Senna obtusifolia</i>	-	-	2	-	-	-	-	1
<i>Solanum sisymbriifolium</i>	-	-	4	-	-	-	-	3
<i>Sonchus oleraceus</i>	-	-	-	-	-	-	-	11
<i>Stemodia verticillata</i>	-	-	13	-	-	-	-	7
<i>Zae mays</i> (Tiguerá)	-	-	1	1	1	-	-	6

Outro fator que contribui para a supressão de plantas espontâneas é a capacidade de produção de compostos alelopáticos que algumas plantas de cobertura possuem, contribuindo assim para a inibição da germinação de plantas espontâneas (ARRUDA et al. 2022). A parte aérea do feijão-de-porco apresenta uma grande gama de metabólitos secundários desde ácidos fenólicos (ácido clorogênico, ácido ferúlico e ácido cafeico), flavonoides (Kaempferol, naringina e rutina) e ácidos carboxílicos (ácido cítrico, ácido malônico e ácido aspártico) podendo estes estarem ligados ao potencial alelopático que a cultura apresenta, a mesma interferiu negativamente na germinação de *Lactuca sativa*, *Portulaca oleraceae*, *Digitaria insularis* e *Emilia coccínea* (PEREIRA et al. 2018).

O milho, por sua vez, apresenta 20 compostos fenólicos sendo o ácido ferúlico o predominante (XIANG et al. 2019). A *Mucuna pruriens* produz o composto fitotóxico L-3,4-dihidroxifenilalanina (L-DOPA) que é precursor de uma série de alcaloides, catecolaminas e melanina os quais são liberadas no solo, inibindo o crescimento de plantas próximas (SOARES et al. 2014). Conforme IBRAHIM et al. (2021), a *Mucuna cochinchinensis* é capaz de suprimir a germinação e o crescimento radicular de *Lactuca sativa* e *Oriza sativa*. Portanto, conhecer os metabólitos secundários de cada cultura, bem como, a fitossociologia da área é fundamental para a escolha adequada da planta de cobertura que será implantada, a fim de obter o melhor controle de plantas espontâneas e não afetar a cultura de importância econômica que será posteriormente implantada na área.

CONCLUSÃO

As culturas do milho, consórcio de milho + crotalária *espectabilis*, mucuna-cinza e feijão-de-porco apresentam maior eficiência de cobertura do solo (100%) no período entre safra milho-trigo no RS.

O milho (9.291 kg.ha⁻¹) e consórcio (11.204 kg.ha⁻¹) apresentam maior produção de matéria seca no período entre safra milho-trigo no RS.

O milho, o consórcio e a mucuna-cinza são as culturas mais eficientes para a supressão de plantas espontâneas no período entre safra milho-trigo no RS.

REFERÊNCIAS

- ADAMI PF et al. 2020 Plantas de cobertura nas entressafras soja-trigo e soja-soja. Brazilian Journal of Development 6: 16551-16567.
- ALGERI A et al. 2018. Produção de biomassa e cobertura do solo por milho, braquiária e crotalária cultivados em cultura pura e consorciados. Global Science and Technology 11: 112-125.
- AMENDOLA DF. 2017. Caracterização da matéria orgânica do solo e sua influência nas propriedades físico-químicas no sistema Latossolo-Gleissolo. Dissertação (Mestrado em Geociências e meio ambiente). Rio Claro: UNESP. 102p.
- ANDRADE RA et al. 2022. Taxas de cobertura e decomposição de adubos verdes na Amazônia Sul Ocidental. Revista em Agronegócio e Meio Ambiente 15: 1-15.
- ARRUDA AGMD et al. 2022. Alelopatia de milho e crotalária na germinação de sementes de alface: Allelopathy of millet and crotalaria in lettuce seed germination. Revista Ciência, Tecnologia & Ambiente 12: 1-8.
- AUBERT L et al. 2021. Different drought resistance mechanisms between two buckwheat species *Fagopyrum esculentum* and *Fagopyrum tataricum*. Physiologia Plantarum 172: 577-586.

- AYRES M et al. 2007. BioEstat 5.3: Aplicações estatísticas nas áreas das ciências biomédicas. Mamirauá: Belém, Pará-Brasil. Disponível em <https://www.mamiraua.org.br/downloads/programas/>. Acesso em: 21 fev. 2023.
- BARBIERI M et al. 2019. Ensaio sobre a bioatividade do solo sob plantio direto em sucessão e rotação de culturas de inverno e verão. *Revista de Ciências Agrárias* 42: 122-134.
- BERTOLINI A et al. 2019. Cobertura de solo e taxa de ciclagem de nutrientes em plantas de cobertura de verão no Oeste de Santa Catarina. *Unoesc & Ciência-ACET* 10: 83-92.
- BERTOLINO KM et al. 2021. Desempenho de crotalária consorciada com milho na produção de biomassa. *ForScience* 9: e00895-e00895.
- BESEN MR et al. 2018. Práticas conservacionistas do solo e emissão de gases do efeito estufa no Brasil. *Scientia Agropecuária* 9: 429-439.
- BORGES WLB et al. 2014. Supressão de plantas daninhas utilizando plantas de cobertura do solo. *Planta daninha* 32: 755-763.
- COSTA E et al. 2013. Matéria orgânica do solo e o seu papel na manutenção e produtividade dos sistemas agrícolas. *Enciclopédia biosfera* 9: 1842-1860.
- CAMPOS LP et al. 2013. Estoques e frações de carbono orgânico em Latossolo Amarelo submetido a diferentes sistemas de manejo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 48: 304-312.
- CIESLIK LF. 2014. Leguminosas de verões como cobertura do solo para a produção de milho em sistema de plantio direto. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Pato Branco: Universidade Tecnológica Federal do Paraná. 71p.
- DECHEN SCF et al. 2015. Perdas e custos associados à erosão hídrica em função de taxas de cobertura do solo. *Bragantia* 74: 224-233.
- DELAZERI JVS et al. 2020. Desempenho agrônomo de milho e crotalária cultivados em sistemas solteiro e consorciado. *Ciencia del suelo* 38:212-223.
- DENARDIN JE et al. 2019. Converter plantio direto em Sistema Plantio Direto- um modelo à sustentabilidade agrícola. In: Reunião da comissão brasileira de pesquisa de trigo e triticale. Resumos: Passo Fundo: Projeto Passo Fundo. Solos e nutrição vegetal. p.568-572.
- DINIZ APMJ et al. 2021. Atributos químicos do solo sob sistema plantio direto como indicador de sustentabilidade ambiental. *Brazilian Journal of Development* 7: 3130-3152.
- FORTE CT et al. 2018. Soil management systems and their effect on the weed seed bank. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 53: 435-442.
- HASKEL, Maiara Karini et al. Desempenho de plantas de cobertura de verão e influência em atributos de apenas uma unidade didática no sudoeste do Paraná. *Pesquisa, Sociedade e Desenvolvimento* 9: 10e7879109072-e7879109072, 2020.
- IBRAHIM JA et al. 2021. Allelopathy of velvet bean (*mucuna cochinchinensis* (wight) burck) exudates and its inhibitory effects on weedy rice (*Oryza sativa* L.). *Journal of Agriculture and Agricultural Technology* 7: 27-35.
- JABRAN K et al. 2015. Allelopathy for weed control in agricultural systems. *Crop protection* 72: 57-65.
- LAMEGO FP et al. 2015. Potencial de supressão de plantas daninhas por plantas de cobertura de verão. *Comunicata Scientiae* 6: 97-105.
- LIMA SF et al. 2014. Fitossociologia de plantas daninhas em convivência com plantas de cobertura. *Revista Caatinga* 27: 37-47.
- LINK L. 2020. Plantas de cobertura de verão: crescimento e acúmulo de nutrientes, épocas de dessecação e produtividade do trigo. 2020. Dissertação (Mestrado em Agroecossistemas). Dois Vizinhos: Universidade Tecnológica Federal do Paraná. 62p.
- LORENZI H. 2006. Manual de identificação de plantas daninhas: plantio direto e convencional. Nova Odessa: Plantarum. 7.ed. 379p.
- MELO GB et al. 2016. Estoques e frações da matéria orgânica do solo sob os sistemas plantio direto e convencional de repolho. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 51: 1511-1519.
- MINGOTTE FLC et al. 2021. Nitrogen accumulation and export by common bean as a function of straw and n splitting in no-tillage system. *Revista Caatinga* 34: 108-118.
- NETO FS & CAMPOS AC. 2017. Plantas de cobertura antecedendo a cultura do trigo. *Scientia Agraria Paranaensis* 16: 463-467.
- OLSON K et al. 2014. Long-term effects of cover crops on crop yields, soil organic carbon stocks and sequestration. *Open Journal of Soil Science* 4: 284-292.
- PACHECO LP et al. 2017. Biomass yield in production systems of soybean sown in succession to annual crops and cover crops. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 52: 582-591.
- PEEL M et al. 2007. Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification. *Hydrology and earth system sciences* 11: 1633-1644.
- PEREIRA JC et al. 2018. Potencial alelopático e identificação dos metabólitos secundários em extratos de *Canavalia ensiformis* L. *Revista Ceres* 65: 243-252.
- REDIN M et al. 2014. How the chemical composition and heterogeneity of crop residue mixtures decomposing at the soil surface affects C and N mineralization. *Soil biology and biochemistry* 78: 65-75.
- REDIN M et al. 2018. Root and shoot contribution to carbon and nitrogen inputs in the topsoil layer in no-tillage crop systems under subtropical conditions. *Revista Brasileira de Ciência do Solo* 42: e0170355.

- REIS GP & BORSOI A. 2020. Atributos físicos do solo, incidência de plantas daninhas e massa seca de plantas de cobertura na entressafra da soja em Latossolo Vermelho. *Revista Cultivando o Saber* 13: 69-76.
- SALLES RE et al. 2022. Manejo de plantas de cobertura de solo em produção hortícola familiar em Nova Friburgo, RJ. *Nativa* 10: 54-59.
- SALOMÃO PEA et al. 2020. A importância do sistema de plantio direto na palha para reestruturação do solo e restauração da matéria orgânica. *Research, Society and Development* 9: e154911870-e154911870.
- SANTOS RA et al. 2018a. Sistema de Plantio direto: conservação e manutenção da capacidade produtiva dos solos do Cerrado Goiano. *Revista Sapiência: Sociedade, Saberes e Práticas Educacionais (UEG)* 7: 230-255.
- SANTOS HG et al. 2018b. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Brasília: Embrapa. 5.ed. 356p.
- SILVA JMQ et al. 2018. Supressão de plantas espontâneas por adubos verdes em área de cultivo orgânico. *Ambiente: Gestão e Desenvolvimento* 11: 137-149.
- SILVA MA et al. 2021. Plantas de cobertura isoladas e em mix para a melhoria da qualidade do solo e das culturas comerciais no Cerrado. *Research, Society and Development* 10: e11101220008-e11101220008.
- SOARES AR et al. 2014. The role of L-DOPA in plants. *Plant Signaling & Behavior* 9: e28275.
- TOMAZI CV et al. 2021. Produtividade e características agronômicas do trigo mourisco (*Fagopyrum esculentum*) em função da aplicação de nitrogênio em cobertura. *Revista Cultivando o Saber* 14: 13-23.
- VALENZUELA IG & VISCONTI EF. 2018. Influencia del clima, uso del suelo y profundidad sobre el contenido de carbono orgánico en dos pisos altitudinales andinos del departamento Norte de Santander, Colombia. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas* 12: 233-243.
- VIOLA R et al. 2013. Adubação verde e nitrogenada na cultura do trigo em plantio direto. *Bragantia* 72: 90-100.
- XIANG J et al. 2019. Profile of phenolic compounds and antioxidant activity of finger millet varieties. *Food chemistry* 275: 361-368.
- WOLSCHICK NH et al. 2016. Cobertura do solo, produção de biomassa e acúmulo de nutrientes por plantas de cobertura. *Revista de Ciências Agroveterinárias* 15: 134-143.
- ZANUNCIO AS et al. 2022. Ciclagem de nutrientes por espécies de adubos verdes em função do tempo de decomposição. *Research, Society and Development* 11: e147111434834-e147111434834.
- ZIECH ARD et al. 2015. Proteção do solo por plantas de cobertura de ciclo hiberna na região Sul do Brasil. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 50: 374-382.