

Aracaju, SE / Dezembro, 2024

Épocas de sobressemeadura de gramíneas para produção de biomassa em áreas de soja no Sealba

Antonio Dias Santiago⁽¹⁾, Anderson Carlos Marafon⁽¹⁾, Paulo de Albuquerque Silva⁽¹⁾ e Walane Maria Pereira de Melo Ivo⁽²⁾

⁽¹⁾ Pesquisador, Embrapa Tabuleiros Costeiros, Unidade de Execução de Pesquisa de Rio Largo, Rio Largo, AL ⁽²⁾ Pesquisadora, Embrapa Tabuleiros Costeiros, Unidade de Execução de Pesquisa de Rio Largo, Rio Largo, AL.

Resumo — Diferentes tecnologias têm sido utilizadas para aumentar a cobertura do solo no sistema plantio direto, principalmente em regiões tropicais, dentre elas, o cultivo de plantas de cobertura, no período de entressafra, com destaque para espécies gramíneas forrageiras. O objetivo deste trabalho foi determinar a eficiência da sobressemeadura de duas espécies de braquiária do gênero *Urochloa* (*U. ruziziensis* e *U. decumbens*) em diferentes estádios de desenvolvimento reprodutivo do cultivo da soja (*Glycine max* (L.) Merr.), nas condições edafoclimáticas da região da Zona da Mata do Estado de Alagoas, considerando o potencial de produção de biomassa das gramíneas e o sequestro de carbono no solo. O experimento consistiu na sobressemeadura de duas espécies de braquiárias (*U. ruziziensis* e *U. decumbens*) em quatro estádios fenológicos da fase reprodutiva da soja (R5.5 a R8) em duas safras agrícolas (2021 e 2022). As produções de biomassa nas áreas sobressemeadas com as duas espécies de braquiária não diferiram entre os diferentes estádios fenológicos da soja, nas duas safras avaliadas. As produções anuais de biomassa da área testemunha, não sobressemeada, de 4,34 Mg ha⁻¹, no primeiro ano, e de 4,19 Mg ha⁻¹, no segundo, foram significativamente inferiores às produções anuais das braquiárias, que foram de 7,65 Mg ha⁻¹ para a *U. decumbens* e de 9,79 Mg ha⁻¹ para a *U. ruziziensis* na entressafra 2021, e de 9,55 Mg ha⁻¹ para a *U. decumbens* e 8,02 Mg ha⁻¹, para a *U. ruziziensis* na entressafra 2022. Determinou-se também a taxa de sequestro de carbono, para sistemas de cultivo da soja em Argissolo sobressemeado com *U. ruziziensis*, de 2,1 Mg de C ha⁻¹ano⁻¹. A sobressemeadura de *U. ruziziensis* e *U. decumbens* a partir do estádio R5.5 da soja (76% a 100% de enchimento dos grãos) até o R8 (95% das vagens maduras) resulta na formação de uma significativa quantidade de biomassa e numa alta taxa de sequestro de carbono no solo, que favorecem a condução do sistema plantio direto, além de disponibilizar forragem para o pastejo animal, sem prejuízo à cultura da soja, cujas produtividades médias nas safras 2021 e 2022, respectivamente, foram de 1.918 e 1.777 kg ha⁻¹ nas áreas sobressemeadas com *U. decumbens* e de 1.431 e 1.777 kg ha⁻¹ nas áreas sobressemeadas com *U. ruziziensis*.

Termos para indexação: *Glycine max* (L.) Merrill, plantio direto, sistemas integrados, estoque de carbono do solo, *Urochloa* spp.

Embrapa Tabuleiros Costeiros

Av. Gov. Paulo Barreto de Menezes, nº 3250
CEP 49025-040, Aracaju, SE
<https://www.embrapa.br/tabuleiros-costeiros>
www.embrapa.br/fale-conosco/sac

Comitê Local de Publicações

Presidente

Amaury da Silva dos Santos

Secretária-executiva

Aline Gonçalves Moura

Membros

Aldomario Santo Negrissoli Junior,

Marcos Aurélio Santos da Silva,

Fabio Enrique Torresan, Ana

Veruska Cruz da Silva Muniz,

Viviane Talamini, Amaury Apolonio

de Oliveira, Joézio Luiz dos Anjos,

Alitieni Moura Lemos Pereira e

Josué Francisco da Silva Júnior

Edição executiva e diagramação

Aline Gonçalves Moura

Revisão de texto e normalização

bibliográfica

Josete Cunha Melo (CRB-5/1383)

Projeto gráfico

Leandro Sousa Fazio

Publicação digital: PDF

Todos os direitos reservados à Embrapa.

Grasses overseeding intervals for biomass production in soybean cultivation areas in Sealba

Abstract — Different technologies have been used to increase soil coverage in the no-tillage system, mainly in tropical regions, among them, the cultivation of cover crops, in the off-season period, with emphasis on forage grass species. The objective of this study was to determine the efficiency of overseeding of two brachiaria species of the genus *Urochloa* (*U. ruziziensis* and *U. decumbens*) at different stages of reproductive development of soybean (*Glycine max* (L.) Merr.) cultivation, under the edaphoclimatic conditions of the Zona da Mata region of the State of Alagoas, considering the biomass production potential of grasses. The experiment consisted of overseeding two species of Brachiaria (*U. ruziziensis* and *U. decumbens*) at four phenological stages of the soybean reproductive phase (R5.5 to R8) in two agricultural harvests (2021 and 2022). Biomass production in areas overseeded with the two species of brachiaria did not differ between the different phenological stages of soybeans, in the two harvests evaluated. The annual biomass productions of the control area, not overseeded, of 4.34 Mg ha⁻¹, in the first year, and 4.19 Mg ha⁻¹, in the second, were significantly lower than the annual productions of brachiaria, which were 7.65 Mg ha⁻¹ for *U. decumbens* and 9.79 Mg ha⁻¹ for *U. ruziziensis* in the 2021 off-season, and 9.55 Mg ha⁻¹ for *U. decumbens* and 8.02 Mg ha⁻¹, for *U. ruziziensis* in the 2022 off-season. The carbon sequestration rate, for soybean cultivation systems in Argisol overseeded with *U. ruziziensis*, of 2.1 Mg of C ha⁻¹year⁻¹ was also determined. The overseeding of *U. ruziziensis* and *U. decumbens* from the R5.5 stage of soybean (76% to 100% grain filling) to R8 (95% of mature pods) results in the formation of a significant amount of biomass and a high rate of carbon sequestration in the soil, which favor the conduction of the no-till system, besides providing forage for the animal grazing, without harming the soybean crop, whose average productivity in the 2021 and 2022 harvests, respectively, were 1,918 and 1,777 kg ha⁻¹ in the areas overseeded with *U. decumbens* and 1,431 and 1,777 kg ha⁻¹ in the areas overseeded with *U. ruzizienses*.

Index terms: *Glycine max* (L.) Merrill, no-tillage, integrated systems, soil carbon stock, *Urochloa* spp.

Introdução

Na região Nordeste, uma área com expressão na produção agropecuária recebeu a denominação de Sealba, cuja sigla é formada pela junção das siglas dos estados de Sergipe, Alagoas e Bahia. O principal critério para delimitar essa região agrícola foi a ocorrência de chuva em volumes iguais ou superiores a 450 mm, no período de abril a setembro, em pelo menos 50% da área total do município, o que é um forte indicador da aptidão para o cultivo de grãos. Nas áreas mais próximas ao litoral, são frequentes chuvas superiores a 1.500 mm. A classe de solo predominante da região é a de Argissolos, que apresenta característica de baixa fertilidade natural e presença de horizonte coeso, que conferem a esses solos predisposição à degradação por sistemas de exploração intensivos e inadequados (Procópio et al., 2019).

Em determinadas regiões do Sealba, nas quais o volume pluviométrico permite implementar sistemas integrados, pode-se utilizar a prática da sobressemeadura de espécies gramíneas, seja para formação de forragem ou para cobertura do solo em sistemas conservacionistas, como o plantio direto (Pacheco et al., 2020). A presença de cobertura de solo é fundamental, especialmente nesta região, onde predominam solos de textura média a arenosa com baixos teores de matéria orgânica e alta taxa de decomposição dos resíduos vegetais. De acordo com Lal e Logan (1995), a taxa de decomposição da matéria orgânica em regiões tropicais e subtropicais pode ser de cinco a dez vezes mais acelerada da que a observada em regiões temperadas.

Sistemas de produção com componentes conservacionistas, como o plantio direto, rotação de culturas e sistemas de integração lavoura/pecuária, têm sido amplamente adotados em outras regiões do país para manter a cobertura do solo e preservar sua matéria orgânica e estrutura, contribuindo efetivamente para sustentabilidade dos agrossistemas (Macedo; Araújo, 2014; Ayarza et al., 2022). Sistemas com elevado aporte de biomassa melhoram aspectos físicos, químicos e biológicos do solo e são fundamentais para superação das limitações impostas pelo clima e pelos solos, em algumas safras e situações. Assim, a adoção sustentável de práticas para a formação de cobertura e proteção do solo é essencial para produção de grãos em sistema de plantio direto (SPD).

A sobressemeadura de espécies forrageiras na cultura da soja objetiva à formação de palhada, em pós-colheita, ou a formação de pastagem para o período seco do ano, constituindo-se numa

importante e eficaz estratégia para alimentação animal em áreas de produção integradas com a pecuária (Missio et al., 2023; Manfron et al., 2022).

FORAGEIRAS DO GÊNERO *Urochloa* (sin. *Brachiaria*) são as mais utilizadas para compor os sistemas integrados. Espécies gramíneas como a braquiária (*Urochloa* spp.) apresentam um sistema radicular abundante e profundo e são capazes de fornecer grandes quantidades de biomassa que pode ser utilizada como fonte de forragem na entressafra (Rosolem et al., 2019; Rosolem; Steiner, 2017). Seu uso é justificado pela contribuição no aporte de biomassa tanto acima quanto abaixo da superfície do solo, priorizando, em geral, o crescimento das raízes ao das brotações (Borghetti et al., 2013; Pacheco et al., 2008). A *U. ruziziensis* foi uma das primeiras forrageiras utilizadas nos sistemas integrados em decorrência das características de porte baixo, crescimento estolonífero, estabelecimento rápido com boa produção de forragem e excelente cobertura do solo, tornando-se bastante popular (Carvalho et al., 2011).

Com a introdução e rápida expansão das áreas cultivadas com soja tolerante ao herbicida glifosato, o cultivo simultâneo da cultura com espécies de cobertura se tornou praticamente inviável, uma vez que as plantas de cobertura são sensíveis a esse herbicida. Em decorrência dessa dificuldade, a sobressemeadura tem sido utilizada com sucesso pelos produtores. Neste caso, a espécie de cobertura é semeada antes e durante o início da queda das folhas da soja, entre os estádios fenológicos de R5 a R7, nas fases de início da desfolha até a maturidade fisiológica das vagens (Trecenti, 2005).

As condições favoráveis de temperatura e umidade do solo encontradas no final da fase reprodutiva da cultura da soja, quando ocorre a queda das folhas senescentes, formam um ambiente propício para germinação das sementes e o início do estabelecimento das espécies sobressemeadas (Pacheco et al., 2008). Por se tratar de uma estratégia viável, a sobressemeadura de espécies forrageiras pode ser utilizada para a produção de alimento para os animais e, ou, palhada para o sistema agrícola (Pacheco et al., 2008; Crusciol et al., 2012), dada a alta capacidade de fornecer matéria orgânica, melhorar atributos físico-químicos e manter umidade no solo (Krutzmman et al., 2013).

No monocultivo da soja, a quantidade de cobertura vegetal presente na área, em geral, não é suficiente para o estabelecimento do cultivo em SPD (Borghetti et al., 2017). Neste sentido, a sobressemeadura de espécies forrageiras, além de garantir um adequado aporte de biomassa para a área de

produção de soja, assegurando maior resiliência da cultura, também proporciona alimento aos animais em sistemas integrados de produção.

O objetivo deste trabalho foi determinar a eficiência da sobressemeadura de espécies de braquiária (*Urochloa* sp.) para produção de biomassa e sequestro de carbono no solo, em área de cultivo de soja (*Glycine max* (L.) Merrill), em diferentes estádios de desenvolvimento reprodutivo nas condições edafoclimáticas da Zona da Mata, litoral Norte de Alagoas.

Material e métodos

Foram conduzidos dois experimentos, nas safras agrícolas de 2021 e 2022, envolvendo a sobressemeadura de duas espécies de braquiárias (*Urochloa ruziziensis* e *Urochloa decumbens*), em diferentes estádios de desenvolvimento da soja.

O trabalho foi realizado em área de propriedade particular, na Fazenda Surubana, situada no município de Jundiá, região da Zona da Mata de Alagoas. De acordo com a classificação climática de Köppen-Geiger, a região possui clima tropical úmido tipo 'As', com uma estação mais seca no verão e chuvas do outono ao inverno, cujas médias pluviométricas anuais variam entre 1.500 e 2.200 mm. Em ambas as safras, os volumes de chuva registrados na região foram elevados e, no período de entressafra da cultura da soja, tais condições foram favoráveis ao desenvolvimento das gramíneas (Figura 1).

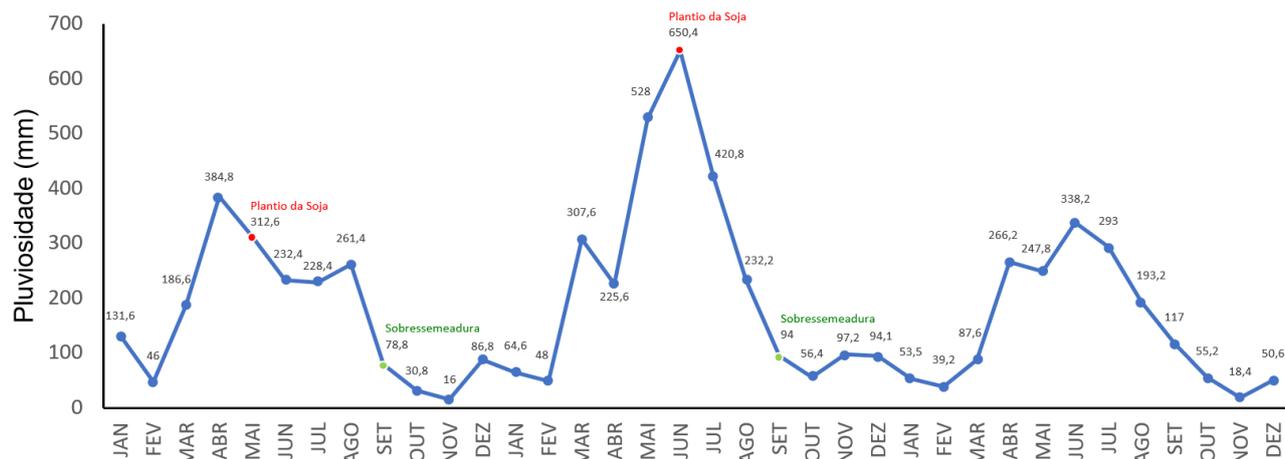


Figura 1. Precipitação pluviométrica da região litoral norte do Estado de Alagoas, nos anos de 2021, 2022 e 2023.

Fonte: Secretaria do Estado de Recursos Hídricos e Meio Ambiente. Maceió, AL.

As características físico-químicas do solo da área experimental, classificado com um Argissolo Amarelo são apresentadas abaixo (Tabela 1).

Tabela 1. Características químicas e composição granulométrica do solo dos experimentos, na camada de 0 a 20 cm de profundidade, coletadas antes do plantio da soja, em Jundiá, Alagoas, em 2021.

Atributos químicos							Granulometria				
K	P	Ca	Mg	H + Al	CTC	pH	V	MO	Areia 0,05-2 mm	Silte 0,002-0,05 mm	Argila ≤ 0,002 mm
mg dm ⁻³		mmolc dm ⁻³				H ₂ O	%		%		
67	13	22	8	38	70,3	6,2	45,1	2,86	57,1	18,3	24,6

*CTC = capacidade de troca de cátions (pH 7); V = saturação por bases e MO = matéria orgânica.

Não foi realizada calagem na área do experimento, uma vez que a mesma havia sido realizada no ano anterior ao cultivo (safra 2020), em sistema de plantio direto, sem incorporação do calcário no perfil do solo.

Para avaliar o efeito da sobressemeadura com braquiária sobre características do solo, seis trincheiras foram abertas, sendo três repetições sob *Uruchloa ruzienses*, sobressemeada na soja, e três sob a vegetação espontânea, a qual se estabeleceu após a segunda safra de soja. Amostras foram coletadas nos intervalos de 0-5, 5-10, 10-20, 20-30, 30-40, 40-60, 60-80 e 80-100 cm, para determinação das características físicas e carbono do solo. As características químicas (fertilidade) foram avaliadas nas camadas até a profundidade de 40 cm. Amostras indeformadas foram retiradas com trado e anéis metálicos com dimensões de 3,0 cm de altura e 5,5 cm de diâmetro interno (71,27 cm³), para determinação da densidade do solo e porosidade total.

Em seguida, coletaram-se as amostras deformadas. Estas últimas foram secas ao ar, passaram por uma limpeza para a retirada de raízes e resíduos de parte aérea, sendo, em seguida, acondicionadas em recipientes plásticos. Parte dessas amostras foi destorroada com um rolo e passada em uma peneira de 2 mm de abertura. Nessas amostras foram determinados: pH (água), Ca, Mg, Al (KCl, 1 M), K e P (Mehlich I) e H + Al (Acetato de cálcio, pH 7), usando-se técnicas padrão descritas em Embrapa. Subamostras do material peneirado a 2 mm foram moídas em almofariz até passar por peneira de 0,10 mm, para determinação do carbono orgânico do solo (C_{org}), por meio da oxidação por via úmida, de acordo com o método de Walkley-Black com aquecimento externo (Teixeira et al., 2017).

Subamostras foram retiradas do solo coletado e armazenadas em recipientes plásticos, para preservação da sua estrutura. As mesmas foram peneiradas cuidadosamente, entre as malhas de

4,7 mm e 2 mm. Os agregados que permaneceram na peneira de 2 mm foram utilizados para determinação da percentagem de macroagregados estáveis em água. Amostras de 50 g de agregados foram saturadas por capilaridade, antes do peneiramento. Foi utilizado o método do peneiramento úmido, em um aparelho de oscilação vertical, do tipo Yoder, ajustado para realizar 35 ciclos por min, com altura de oscilação das peneiras de 4 cm durante 15 min (Salton et al., 2017).

A densidade do solo foi utilizada para calcular a massa de solo de cada camada avaliada e, em seguida, a quantidade C_{org} em cada profundidade. Para a comparação do estoque de carbono entre os tratamentos, procedeu-se a um ajuste nas quantidades de solo até as profundidades avaliadas, tendo como referência a área com menor massa. Tal processo é feito para corrigir o efeito da compactação do solo causada pelo cultivo e tráfego de máquinas (Ellert; Bettany, 1995).

Na safra 2021, a cultura da soja foi implantada em 18 de maio de 2021, e na safra 2022, em 01 de junho de 2022. Em ambas as safras, para implantação dos experimentos conduzidos em sistema de plantio direto, a cobertura de biomassa das gramíneas forrageiras e da vegetação espontânea foi dessecada com uso de glifosato, na dosagem de 3 L ha⁻¹. O espaçamento utilizado para a soja foi de 0,50 m entre linhas, respeitando-se a população de 15 plantas por metro linear. Antes da semeadura, as sementes foram inoculadas com *Bradyrhizobium* em veículo líquido na dosagem de 150 ml ha⁻¹. Na adubação de fundação, na safra 2021, foram usados 80 kg de P₂O₅, como super simples, e 120 kg de K₂O, como cloreto de potássio. Na safra 2022, foram usados 60 kg de P₂O₅ e 120 kg de K₂O, com as mesmas fontes.

A semeadura das espécies de braquiária foi realizada de forma manual, a lanço, na dose de 5 kg de sementes viáveis por hectare, proporcionalmente ao tamanho da parcela útil do experimento, cujas dimensões foram de 20 x 12 m (240 m²), correspondendo a 24 linhas de cultivo no espaçamento de 0,5 m entre linhas. Na primeira safra (2021/2022), a sobressemeadura foi realizada em 1º de setembro de 2021, aos 108 dias após a semeadura da soja, nos seguintes estádios fenológicos de desenvolvimento das cultivares de soja, de acordo com a escala proposta por Fehr e Caviness (1977): Pampeana 90, em R 5.5 (76 a 100% de granação); BRS 9383 e PV Alagoana, em R7 (início da maturação) e FT 4182 e BRS 7981, em R8 (95% das vagens maduras). Na segunda safra (2022/2023), a sobressemeadura foi realizada em 10 de setembro de 2022, aos 104 dias

após a semeadura da soja, quando as cultivares se encontravam nos seguintes estádios fenológicos: PV Alagoana, em R6 (granação completa), Pampeana 90 e BRS 8383, em R7 (início da maturação) e BRS 7482 e RK8317, em R8 (95% das vagens maduras).

As quantidades de biomassa das duas espécies de braquiária (*U. ruziziensis* e *U. decumbens*) sobressemeadas na fase final de desenvolvimento da soja, bem como a quantidade de biomassa da vegetação espontânea nos dois períodos de entressafra da soja (2021/2022 e 2022/2023) foram determinadas aos 180 dias após o plantio das gramíneas. Para estimativa da quantidade de biomassa, utilizou-se um molde em madeira (50 x 50 cm), o qual foi lançado cinco vezes, aleatoriamente, na área útil de cada parcela (Salman; Soares; Canezin, 2006). Após a pesagem das amostras de forragem, foram coletadas subamostras, com cerca de 300 g, as quais foram secas em estufa à 65° C por 72 h para a determinação dos teores de umidade e o cálculo das produções de massa seca de forragem (MSF) (Silva; Queiroz, 2002). O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, com quatro repetições. Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Scott-Knott (5%), com auxílio do programa SISVAR (Ferreira, 2019). A análise das características do solo sob os tratamentos (*U. ruziziensis* x vegetação espontânea) foi realizada por meio da estatística descritiva.

Resultados e discussão

Características do solo

Os valores de densidade do solo, porosidade total e macroagregados (> 2mm) estáveis em água de um Argissolo Amarelo sob sobressemeadura com braquiária e sob vegetação espontânea encontram-se na Tabela 4. Menores valores de densidade e maiores valores de porosidade ocorreram na camada superficial do solo (0-5 cm), camada esta, que apresentou teores de C_{org} mais elevados no perfil. A partir da camada de 10-20 cm, até os 60 cm do perfil, observam-se valores de densidades mais elevados sob os dois tratamentos, variando de 1,50 a 1,63 g/cm³, o que pode impactar mais fortemente o desenvolvimento das raízes da soja. Tais valores são indicação do processo de compactação do solo, causado por máquinas, nas camadas mais superficiais, já que a área foi cultivada com cana de açúcar anteriormente e o plantio da soja foi mecanizado. Para as camadas mais profundas (até 60 cm),

tais valores de densidade mais elevados podem ser indicação de coesão do solo, uma vez que tais camadas revelam sua expressão máxima entre 20 e 100 cm de profundidade (Araújo Filho et al., 2001). Após 60 cm, o valor de densidade diminuiu e a porosidade voltou a se elevar, sob os dois tratamentos, indicando um caráter latossólico deste solo.

Em todo o perfil do solo, as médias de percentuais de macroagregados (>2mm) estáveis em água tenderam a se apresentar mais elevadas sob o tratamento de sobressemeadura, indicando, possivelmente, uma melhor proteção física para a matéria orgânica desse solo. Em profundidade, tal característica pode ser consequência da presença de raízes e do seu papel na agregação do solo (Silva; Mielniczuk, 1997; Salton et al., 2008); adicionalmente, mecanismos como ciclos de umedecimento e secagem, produção de exsudatos, indução à atividade microbiana e a decomposição das raízes são citados como responsáveis pelo processo de agregação do solo (Salton et al., 2008).

Nas camadas mais superficiais do solo, a maior biomassa aérea quantificada foi na área sobressemeada com *U. ruziziensis*, elevando o aporte de material orgânico no solo (Tabelas 2 e 3), com possível elevação nos níveis de agregação e a estabilidade desses agregados, como observado em solos de tabuleiros costeiros sob outros cultivos (Ivo, 2012, Sant'ana et al., 2009).

As características químicas do solo encontram-se descritas na Tabela 5. O pH variou de 6,1 a 5,6, nas duas primeiras camadas, chegando a 4,8 aos 40 cm. No geral, o solo das áreas apresentou Ca e Mg trocáveis com teores de alto a médio, até a profundidade de 10 cm, e baixos entre 10 e 40 cm (Sobral et al., 2007). Destaca-se que, os coeficientes de variação para magnésio apresentaram-se elevados, indicando grande variabilidade dos teores determinados. Como consequência, a saturação por bases só se apresentou em níveis indicados para a cultura da soja nos primeiros 5 cm do perfil. Tal condição deve ter influenciado, juntamente com o excesso de chuvas nos anos avaliados (Figura 1), nas produtividades mais baixas da soja (1.431 e 1.777 kg ha⁻¹) quando comparadas com as médias históricas da região (Procópio et al., 2018).

A disponibilidade de potássio apresentou-se mais elevada em 0-5 cm, sendo reduzida de forma mais acentuada após os 20 cm de profundidade. Após o cultivo da soja e a sobressemeadura da gramínea, esta não foi muito alterada em relação ao teor médio inicial que se encontrava no solo (Tabela 1). Destaca-se que foram aplicados ao solo 120 kg de K₂O/safra, nas safras 2021 e 2022, por ocasião do plantio da soja, totalizando 200 kg de K/ha. No entanto, pelos índices pluviométricos alcançados no período de crescimento da cultura (Figura 1), o processo de lixiviação deve ter ocorrido

Tabela 2. Densidade do solo, porosidade total e macroagregados (>2mm) estáveis em água de Argissolo sob sobressemeadura de *Uruchloa ruzizienses*, em soja, e sob vegetação espontânea, após o cultivo da soja, no município de Jundiá, região do litoral norte dos Tabuleiros Costeiros do Estado de Alagoas. Jundiá, AL, 2022.

Profundidade (cm)	SOBRESSEMEADURA			VEGETAÇÃO ESPONTÂNEA		
	Densidade do solo (g cm ⁻³)	Porosidade total (%)	Agregados (%)	Densidade do solo (g cm ⁻³)	Porosidade total (%)	Agregados (%)
0-5	1,15 ± 0,06	0,48 ± 0,04	92,2 ± 1,1	1,13 ± 0,18	0,51 ± 0,05	82,4 ± 5,7
5-10	1,46 ± 0,07	0,35 ± 0,03	80,1 ± 6,6	1,48 ± 0,05	0,36 ± 0,03	75,0 ± 6,6
10-20	1,50 ± 0,05	0,36 ± 0,02	82,9 ± 6,6	1,58 ± 0,06	0,36 ± 0,02	71,4 ± 6,6
20-30	1,58 ± 0,08	0,38 ± 0,02	77,3 ± 8,8	1,50 ± 0,06	0,38 ± 0,01	66,9 ± 9,5
30-40	1,54 ± 0,06	0,37 ± 0,00	74,3 ± 10,5	1,45 ± 0,06	0,41 ± 0,02	72,9 ± 9,6
40-60	1,63 ± 0,04	0,39 ± 0,01	71,1 ± 5,6	1,57 ± 0,04	0,39 ± 0,01	63,2 ± 5,6
60-80	1,42 ± 0,05	0,39 ± 0,02	85,9 ± 13,4	1,35 ± 0,03	0,44 ± 0,04	66,9 ± 13,4
80-100	1,36 ± 0,02	0,45 ± 0,02	78,3 ± 11,8	1,34 ± 0,02	0,46 ± 0,02	61,6 ± 11,8

• Média ± desvio padrão.

Tabela 3. Características químicas de Argissolo Amarelo sob sobressemeadura de *Uruchloa ruzizienses*, em soja, e sob vegetação espontânea, após o cultivo da soja, no município de Jundiá, região do litoral norte dos tabuleiros costeiros do Estado de Alagoas. Jundiá, AL, 2022.

Prof. (cm)	C _{org}	pH H ₂ O	Ca	Mg	H+Al	Al	P	K	SB	CTC	V
	g kg ⁻¹		mmolc dm ⁻³			mg dm ⁻³		mmolc dm ⁻³		%	
SOBRESSEMEADURA											
0-5	18,7	6,1	35,2	17,7	44,1	0,3	26,4	61,6	53,1	97,2	55,0
5-10	17,4	5,8	25,9	13,8	53,9	2,3	29,6	38,9	39,9	93,9	40,0
10-20	11,3	5,1	8,0 b	4,2	68,2	7,3	6,0	42,8	12,3	80,4	15,4
20-30	8,7	4,9	6,6	2,5	56,5	8,5	2,9	21,7	8,7	65,2	13,3
30-40	6,3	4,8	6,1	2,5	47,3	6,5	1,2	14,3	8,6	55,9	15,4
VEGETAÇÃO ESPONTÂNEA											
0-5	21,8	5,6	68,2	22,7	46,9	0,2	52,2	70,5	91,1	138,0	66,4
5-10	13,2	5,8	26,6	15,3	84,2	0,9	21,5	47,3	42,0	126,2	34,0
10-20	10,7	5,7	15,4 a	9,9	91,2	4,2	5,5	49,0	25,5	116,7	21,9
20-30	8,3	5,5	9,3	5,7	61,3	5,5	2,6	26,2	15,1	76,4	21,9
30-40	5,4	5,2	7,8	4,1	67,7	5,6	0,9	26,6	11,9	79,6	15,8

de forma intensa na área, não possibilitando a elevação do teor deste elemento no perfil; além da exportação do K pela cultura da soja, que é elevada. Para o fósforo, apenas nas camadas superficiais (até 10 cm), seu teor mostrou-se elevado, ocorrendo aumento nos teores do P, em função da adição de 80 kg de P₂O₅ e 60 kg de P₂O₅, o que equivale a 61 Kg de P/ha adicionados por ocasião do plantio da soja, em 2021 e 2022.

A produtividade da soja nos dois anos avaliados foi afetada negativamente, principalmente, pelos elevados índices pluviométricos. No ano de 2021, apenas nos três primeiros meses do cultivo da soja (maio, junho e julho), a precipitação acumulada foi de 925 mm e o total anual das chuvas alcançou

1.997 mm. Já em 2022, em três meses da safra da soja choveu 1.598 mm, com um acumulado anual de 2.819 mm. Em relação à produtividade média de soja estimada para o Sealba alagoano, que fica em torno de 3.000 kg ha⁻¹ (Procópio et al., 2018), houve redução de 35% e 50%, nos anos de 2021 e 2022, respectivamente.

Não houve diferença significativa entre os tipos de sistemas de produção estabelecidos (sobressemeadura com braquiária e vegetação espontânea) em relação aos teores de C_{org}, cuja distribuição em profundidade seguiu um padrão de redução em sua concentração com o aumento da profundidade do perfil (Figura 3).

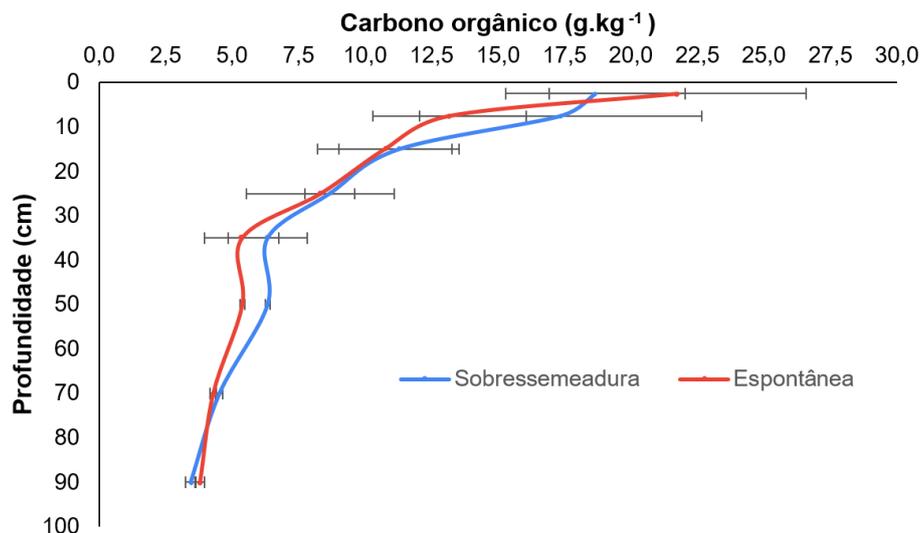


Figura 3. Teores de carbono orgânico em Argissolo Amarelo sob sobressemeadura de *Urochloa ruzizienses*, em área de cultivo de soja, e sob vegetação espontânea, no município de Jundiá, Alagoas. 2022. Barras representam o desvio padrão das médias.

A partir dos dados de densidade e das concentrações de C_{org} foram calculados os estoques de carbono no perfil, com as devidas correções da massa do solo (Tabela 4). Observa-se que nas áreas de integração da soja com a *U. ruzizienses* sobressemeada estabeleceu-se maior estoque de carbono. Apesar do curto tempo de instalação dos tratamentos, a presença de maior quantidade de matéria orgânica particulada, o sistema radicular mais vigoroso da braquiária, com elevada biomassa e produção de exsudatos no solo (Salton et al., 2014), presença de agregados mais estáveis em água e a textura do solo (média em superfície e argilosa, em profundidade), criam condições para aumentar o armazenamento de carbono no solo.

Tabela 4. Estoque de carbono em Argissolo em sistema de produção integrado, com soja sobressemeada com *Urochloaruzizienses* e vegetação espontânea desenvolvida após a colheita da soja, nos Tabuleiros Costeiros de Alagoas, em 2022. Jundiá, AL.

CAMADAS	SOBRESSEMEADURA	VEGETAÇÃO ESPONTÂNEA
	Mg ha ⁻¹	Mg ha ⁻¹
0 - 40 cm	62,9	58,7
0 - 100 cm	102,3	98,1

Elevadas taxas anuais de acumulação de carbono no solo, chegando até valores na faixa de 4,3 Mg C ha⁻¹ (0-80 cm) são relatadas na revisão sobre acúmulo de carbono em solos ácidos de Savana

na Colômbia, sob sistemas de Integração Lavoura Pecuária (ILP) (Ayarza et al., 2022). Nesta revisão sobre acúmulo de carbono em ILP, nos solos da América do Sul, para os solos do Brasil, as taxas anuais mais elevadas citadas giram em torno de 1,67 Mg C ha⁻¹, até 20 cm do perfil, em solo argiloso, e 2,7 Mg ha⁻¹, até 100 cm de profundidade, para solo de textura variando de mais arenosa, na superfície, a argilosa, em profundidade. Para solos dos tabuleiros costeiros de Alagoas, Ivo (2012) quantificou taxas de 1,3 a 0,7 Mg de C ha⁻¹ano⁻¹, até 100 cm de profundidade, em sistemas com elevado aporte de resíduos de cana colhida crua; e taxa de 1,6 Mg de C ha⁻¹ano⁻¹, quando áreas de cana queimada foram convertidas em pastagens (Ivo et al., 2018). Em Jundiá, nas áreas de cultivo de soja com sobressemeadura de *U. ruziziensis*, a taxa foi de 2,1 Mg de C ha⁻¹ano⁻¹, até 100 cm de profundidade. Mesmo sendo uma taxa inicial que deve envolver muito mais a elevação do estoque de carbono relacionado a fração da matéria orgânica particulada (MOP), a tendência é que a estabilidade desta MOS aumente ao longo do tempo, uma vez que mecanismos de proteção química e bioquímica no C_{org} atuarão com maior intensidade, indicando que sistemas integrados de produção tendem a apresentar maior sustentabilidade. O aumento do C_{org} deve se traduzir em elevação da produtividade dos grãos e forrageiras cultivados nestes solos, com o decorrer do tempo.

Produção da biomassa das gramíneas e produtividade da soja

Nos dois anos de avaliação (safras 2021 e 2022), foi observado um alto potencial de utilização

da prática de sobressemeadura com *U. ruziziensis* e *U. decumbens* entre os estádios de desenvolvimento da soja avaliados (R 5.5 até R8), em função da biomassa produzida pelas duas espécies de gramíneas.

Os aportes de biomassa ao sistema de produção foram significativamente superiores às quantidades de palhada produzidas na área do sistema convencional de cultivo (vegetação espontânea). No primeiro ano (2021), independentemente do estágio fenológico das cultivares (R5.5, R7 e R8), as produções médias de biomassa de *U. decumbens* (7,8 Mg ha⁻¹) e de *U. ruziziensis* (9,8 Mg ha⁻¹), foram superiores às produções da testemunha não sobressemeada (4,3 Mg ha⁻¹) (Tabela 5).

Tabela 5. Produção de massa seca em área de sobressemeadura de *Urochloa ruziziensis* e *U. decumbens* na fase reprodutiva de cinco cultivares de soja (safra 2021), nas condições da Zona da Mata do Estado de Alagoas. Jundiá, AL, 2021.

Cultivar / Estádio fenológico	<i>Urochloa decumbens</i>	<i>Urochloa ruziziensis</i>
BRS 7981 / R8	7,63 a	9,67 a
BRS 9383 / R7	8,79 a	9,67 a
FT4182 / R8	8,07 a	9,06 a
PV Alagoana / R7	6,87 a	9,57 a
PAM 90 / R5.5	7,64 a	11,19 a
Média	7,8 a	9,83 a
Vegetação espontânea	4,34 b	4,34 b

*Médias distintas entre linhas, dentro da mesma coluna, diferem entre si pelo teste de Skott-Knott à 5% de probabilidade ($p \leq 0,05$).

No segundo ano de sobressemeadura das gramíneas (safra 2022), assim como no ano anterior, independentemente do estágio fenológico das cultivares (R6, R7 ou R8), as produções de biomassa das duas espécies, *U. decumbens* (9,55 Mg ha⁻¹) e *U. ruziziensis* (7,41 Mg ha⁻¹), foram superiores às da testemunha (4,19 Mg ha⁻¹) (Tabela 6).

Tabela 6. Produção de biomassa seca (Mg ha⁻¹) de *Urochloa ruziziensis* e *U. decumbens* sobressemeadas na fase reprodutiva de cinco cultivares de soja (safra 2022) na região da Zona da Mata do Estado de Alagoas. Jundiá, AL, 2022.

Cultivar / Estádio fenológico	<i>Urochloa decumbens</i>	<i>Urochloa ruziziensis</i>
BRS 8383 / R7	9,37 a	8,00 a
RK8317 / R7	9,78 a	7,17 a
BRS 7482 / R8	9,14 a	6,54 a
PV Alagoana / R6	9,14 a	7,40 a
PAM 90 / R5.5	10,32 a	7,93 a
Média	9,55 a	7,41 a
Vegetação espontânea	4,19 b	4,19 b

**Médias distintas entre linhas, dentro da mesma coluna, diferem entre si pelo teste de Skott-Knott à 5% de probabilidade ($p \leq 0,05$).

Esses valores são superiores aos do levantamento da produção de forragem de braquiária realizado no município de Nossa Senhora das Dores, SE, nos quais constam produções de biomassa de 3,4 a 5,3 Mg ha⁻¹ em ano com menor pluviosidade, e de 6,58 e 7,33 kg ha⁻¹, em ano com maior volume de chuvas (Pacheco et al., 2020).

Observando-se os resultados da produtividade da soja em áreas sobressemeadas com braquiárias, nas duas safras avaliadas, é possível inferir que as gramíneas não afetaram o desenvolvimento da soja quando comparadas com sistema convencional. Na safra 2021, a produtividade da soja nas áreas sobressemeadas com *U. decumbens* foi de 1.918 kg ha⁻¹, enquanto nas áreas com *U. ruziziensis* a produtividade foi de 1.777 kg ha⁻¹ e nas áreas cultivadas em sistema convencional (vegetação espontânea) a produtividade média observada foi de 1.820 kg ha⁻¹. Da mesma forma, na safra 2022, as produtividades da soja não foram afetadas pela sobressemeadura das gramíneas, cujas produções de grãos ficaram em 1.431 kg ha⁻¹ nas áreas sobressemeadas com *U. decumbens*, em 1.404 kg ha⁻¹ para áreas sobressemeadas com *U. ruziziensis* e em 1.724 kg ha⁻¹ sob sistema convencional de cultivo (sem sobressemeadura).

A biomassa produzida pelas gramíneas sobressemeadas na soja pode servir para o pastoreio animal e/ou para a formação de palhada em adequação ao SPD, de forma que, a quantidade adicional de palhada proporcionada pela sobressemeadura das espécies *Urochloa ruziziensis* e *U. decumbens*

seria suficiente para a implantação e condução adequada do sistema plantio direto, além de exercer um papel supressivo no controle de plantas daninhas no ciclo subsequente da soja (Pacheco et al., 2009).

As gramíneas forrageiras tropicais produzem grandes quantidades de palha, com aumento no conteúdo de matéria orgânica do solo (Bossolani et al., 2020). Além disso, durante o processo de decomposição do material vegetal, uma grande quantidade de nutrientes é ciclada para o sistema de cultivo (Nuñez et al., 2018).

Os resultados obtidos evidenciam que a sobressemeadura das espécies *U. ruziziensis* e *U. decumbens*, independentemente do estágio fenológico avaliado neste estudo (R5.5 a R8) sobre a soja, foi eficiente para a formação de palhada bem como para uso na alimentação animal, em um sistema de integração lavoura-pecuária (ILP), nas condições edafoclimáticas da Zona da Mata do Estado de Alagoas.

Com relação ao efeito da época de sobressemeadura, assim como no presente trabalho, Montagner et al. (2018) avaliando a semeadura com *U. ruziziensis* em diferentes estádios de desenvolvimento da soja (plantio, V2, V4 e R6), obtiveram respostas positivas apenas quando a semeadura ocorreu no estágio R6, comprovando, também, que a semeadura da gramínea *U. ruziziensis* deve ocorrer em estádios finais de desenvolvimento da soja. Outros estudos também demonstraram que a sobressemeadura de *U. ruziziensis* resultou em maior estabelecimento de plantas e subsequente cobertura do solo, especialmente quando é realizada no estágio fenológico R5.5 da cultura da soja (Volf et al., 2021; Silva et al., 2013). De acordo com estes autores, em R5.5, a incidência de luz abaixo do dossel é baixa porque as plantas de soja ainda têm um alto índice de área foliar. Assim, no caso de cultivares tardias, que no momento da sobressemeadura se encontram em estádios menos avançados (R5.5 e R6), a menor incidência de luz solar, associada às menores temperaturas do solo, poderia garantir, por um lado, um maior teor de umidade do solo, resultando em menor desidratação das radículas e dos coleótilos recém-formados das sementes (Tozer et al., 2016). Por outro lado, a baixa luminosidade atrasaria a germinação das sementes, havendo a necessidade de se aumentar a densidade de semeadura para promover um estabelecimento satisfatório da cultura na área. Já no caso da sobressemeadura ser realizada em estádios mais avançados (R7 e R8), o índice de área foliar é baixo devido à senescência das folhas, fazendo com que a incidência de luz e as amplitudes térmicas abaixo

do dossel sejam maiores, o que estimularia a germinação e o estabelecimento das sementes das espécies gramíneas (Costa et al., 2014).

O plantio de espécies forrageiras consorciadas com culturas anuais tem se mostrado uma técnica eficiente e economicamente viável (Pacheco et al., 2020). Após a colheita da cultura anual, tem-se a pastagem formada, disponível para utilização animal ou para servir como cobertura vegetal em adequação ao sistema de plantio direto na palha (Jakelaitis et al., 2004).

O primeiro passo para se atingir sistemas de produção com elevado acúmulo de C é o estabelecimento da cobertura permanente no solo, seja com resíduos de cultivos (parte aérea e raízes) ou sistemas intercalares com cultivo em desenvolvimento como ocorreu nesta pesquisa. A sobressemeadura das gramíneas possibilitou a produção de biomassa na entressafra da soja, servindo de palhada para o cultivo subsequente. Este aporte de biomassa, favoreceu as condições de cultivo pela formação de uma camada de palhada sobre o solo, essencial para o sistema plantio direto (SPD) (Figura 2).



Foto: Anderson Carlos Marafon

Figura 2. Cobertura morta em área de cultivo de soja sobressemeada com *Urochloa* spp. Jundiá, AL.

No planejamento da rotação com a sucessão de culturas, deve-se priorizar a manutenção de uma cobertura mínima de palha no solo e, para isso, buscam-se espécies de cobertura adaptadas a cada região e com a habilidade em crescer num

ambiente menos favorável, uma vez que as culturas de maior retorno comercial ocupam as áreas nas épocas mais propícias. Entre as opções de plantas de cobertura, estão espécies forrageiras, como as do gênero *Urochloa*, que podem ser implantadas em diferentes estações do ano, em sistema consorciado com cultivos de grãos, em sobresemeadura ou semeadura solteira. As vantagens proporcionadas por sistemas consorciados são o aproveitamento do efeito residual de fertilizantes aplicados no cultivo anual, a diminuição de infestação de plantas daninhas, a proteção do solo contra a erosão e o aumento da produção de forragem (Alvarenga et al., 2001).

Conclusões

Recomenda-se a adoção da prática de sobresemeadura de *Urochloa ruziziensis* e *U. decumbens* em áreas de cultivo de soja, a partir do estágio de desenvolvimento R5.5 da soja, nos Tabuleiros Costeiros do litoral Norte de Alagoas.

A sobresemeadura das espécies de braquiária *U. ruziziensis* e *U. decumbens* a partir de R5.5 (76% a 100% de enchimento dos grãos) até o R8 (R8 (95% das vagens maduras) possibilitam a produção de biomassa durante a entressafra da cultura da soja com formação de pastagem ou fenação, bem como palhada para o cultivo subsequente.

A taxa de sequestro de carbono em Argissolo da região litoral norte dos tabuleiros costeiros de Alagoas, para sistemas de cultivo da soja com sobresemeadura de *U. ruziziensis*, é de 2,1 Mg de C ha⁻¹ ano⁻¹.

Agradecimentos

Ao produtor Sr. Sérgio Papini Uchoa de Mendonça Filho, pela cessão da área experimental, maquinário agrícola, instalações rurais e o apoio técnico operacional na condução das atividades, especialmente ao técnico agrícola Edinaílson da Silva Pereira.

Referências

- ALVARENGA, C. R.; LARA CABEZAS, W. A.; CRUZ, J. C.; SANTAN, D. P. Plantas de cobertura de solo para sistema plantio direto. **Informe Agropecuário**, v. 22, n. 208, p. 25-36, 2001.
- ARAÚJO FILHO, J. C. de; CARVALHO, A.; SILVA, F. B. R. Investigações preliminares sobre a pedogênese de horizontes coesos em solos de Tabuleiros Costeiros do Nordeste do Brasil. In: WORKSHOP COESÃO EM SOLOS DOS TABULEIROS COSTEIROS, Aracaju, 2001, **Anais...** Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2001. p. 123-142.
- AYARZA, M.; RAO, I.; VILELA, L.; LASCANO, C.; VERA INFANZÓN, R. Soil carbon accumulation in crop-livestock systems in acid soil savannas of South America: a review. **Advances in Agronomy**, v. 173, p. 1-64, 2022.
- BORGHI, E.; CRUSCIOL, C. A. C.; MATEUS, G. P.; NASCENTE, A. S.; MARTINS, P. O. Intercropping time of corn and palisadegrass or guineagrass affecting grain yield and forage production. **Crop Science**, v. 53, n. 2, p. 629-636, 2013.
- BORGHI, E.; BORTOLON, L.; BORTOLON, E. S. O.; CAMARGO, F. P.; SILVA, R. R. da; AVANZI, J. C.; ANDRADE, C. A. O. de; FIDELIS, R. R.; GUARDA, V. D. A.; SIMON, J.; CAMPOS, L. J. M.; CUNHA, M. K.; LIMA, A. de O.; BARBOSA, R. P. P.; ROCHA, P. H. F.; CONCEIÇÃO, W. S. S. da; FERREIRA JUNIOR, O. J.; SILVA, F. H.; SOUZA, O. R. de; PEREIRA, M. H. M.; SOUZA, J. P. de. **Sobresemeadura de capins na soja para sistemas de Integração Lavoura-Pecuária**. Palmas: Embrapa Pesca e Aquicultura, 2017. 34 p. (Embrapa Pesca e Aquicultura. Documentos, 34).
- BOSSOLANI, J. W.; CRUSCIOL, C. A. C.; MERLOTI, L. F.; MORETTI, L. G.; COSTA, N. R.; TSAI, S. M.; KURAMAE, E. E. Long-term lime and gypsum amendment increase nitrogen fixation and decrease nitrification and denitrification gene abundances in the rhizosphere and soil in a tropical no-till intercropping system. **Geoderma**, v. 375, e 114476, 2020.
- CARVALHO, A. M.; SOUZA, L. L. P.; GUIMARÃES JÚNIOR, R. Cover plants with potential use for crop-livestock integrated systems in the Cerrado region. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, n. 10, p. 1200-1205, 2011.
- COSTA, A. G. F.; SOFIATTI, V.; MACIEL, C. D. de G.; POLETINE, J. P.; SOUSA, J. I. de. Weed management strategies for castor bean crops. **Acta Scientia Agronomy**, v. 36, n. 2, p. 135-145, 2014.
- CRUSCIOL, C. A. C.; MATEUS, G. P.; NASCENTE, A. S.; MARTINS, P. O.; BORGHI, E.; PARIZ, C. M. An Innovative crop-forage intercrop system: early cycle soybean cultivars and palisadegrass. **Agronomy Journal**, v. 104, n. 4, p. 1085-1095, 2012.
- ELLERT, B. H.; BETTANY, J. R. Calculation of organic matter and nutrients stored in soils under contrasting management regimes. **Canadian Journal of Soil Science**, v. 75, n. 4, p. 529-538, 1995.
- FEHR, W. R.; CAVINESS, C. E. **Stages of soybean development**. Iowa: Ames Iowa State University of Science and Technology, 1977. 11 p. (Special report, 80).

FERREIRA, D. F. SISVAR: A computer analysis system to fixed effects split plot type designs. **Revista Brasileira de Biometria**, v. 37, n. 4, p. 529-535, 2019.

IVO, W. M. P. de M. **Dinâmica da matéria orgânica em áreas de produção de cana-de-açúcar colhida crua e queimada, no Nordeste do Brasil**. 2012 140 f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2012.

IVO, W. M. P. de M.; SANTOS, C. C.; NEVES, J. A.; SILVA, P. A.; AMARAL, A. F. C. Estoques de carbono do solo em razão da conversão de cana-de-açúcar em pastagem e eucalipto. In: Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia, 75., **Anais...** Maceió: Confea, 2018.

JAKELAITIS, A.; SILVA, A. A.; FERREIRA, L. R.; SILVA, A. F.; FREITAS, F. C. L. Manejo de plantas daninhas no consórcio de milho com capim-braquiária (*Brachiaria decumbens*). **Planta Daninha**, v. 22, n. 3, p. 553-560, 2004.

KRUTZMANN, A.; CECATO, U.; SILVA, P. A.; TORMENA, C. A.; IWAMOTO, B. S.; MARTINS, E. N. Palhadas de gramíneas tropicais e rendimento da soja no sistema de integração lavoura-pecuária. **Bioscience Journal**, v. 29, n. 4, p. 842-851, 2013.

LAL, R.; LOGAN, T. J. Agricultural activities and greenhouse gas emissions from soils of the tropics. In: LAL, R.; KIMBLE, J. M.; LEVINE, E.; STEWART, B. A. (ed.). **Soil management greenhouse effect**. Boca Raton: CRC Press, 1995. p. 293-307.

MACEDO, M. C. M.; ARAÚJO, A. R. Integrated Crop and Livestock Systems as an alternative to recover degraded pasture. In: BUNGENSTAB, D. J.; ALMEIDA, R. G. **Integrated crop-livestock-forest systems: a brazilian experience for sustainable farming**. Brasília-DF: Embrapa, 2014. p. 43-63.

MANFRON, A. C. A.; BONDAN, C.; FONTANELI, R. S.; ZENI, M. Overseeding of forages in the grain off-season in Brazil. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 5, e10111527914, 2022.

MISSIO, R. L.; SEVERO, I. K.; CANDIOTTO, L.; CANDIOTTO, F.; NIELSEN FILHO, P. R.; SOARES, L. F.; ELEJALDE, D. A. G.; SOSA, H. G.; ARENHARDT, M. E.; SOARES, A. B. Overseeding annual summer pastures on soybean crops to overcome the autumnal forage shortage. **Ciência Rural**, v. 54, n. 1, p. e20220588, 2023.

MONTAGNER, A. E. A. D.; CASTRO, G. S. A.; ALVES, L. W. R.; PEREIRA, J. F. **Época e densidade de plantio da *Brachiaria ruziziensis* em consórcio com a cultura da soja no Cerrado do Amapá**. Macapá: Embrapa Amapá, 2018. 16 p. (Boletim de pesquisa e desenvolvimento, 101).

NUÑEZ, J.; AREVALO, A.; KARWAT, H.; EGENOLF, K.; MILES, J.; CHIRINDA, N.; CADISCH, G.; RASCHE, F.; RAO, I.; SUBBARAO, G.; ARANGO, J. Biological nitrification inhibition activity in a soil-grown biparental population of the forage grass, *Brachiaria humidicola*. **Plant Soil**, v. 426, p. 401-411, 2018.

PACHECO, E. P.; BARROS, I.; FERNANDES, M. F.; RANGEL, J. H. A.; TEIXEIRA, A. H. **Viabilidade econômica de sistemas de produção de milho, soja e pasto para o agreste do Sealba**. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2020. 28 p. (Embrapa Tabuleiros Costeiros. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 151).

PACHECO, L. P.; PIRES, F. R.; MONTEIRO, F. P.; PROCÓPIO, S. D. O.; ASSIS, R. L. de; CARMO, M. L. do; PETTER, F. A. Desempenho de plantas de cobertura em sobressemeadura na cultura da soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 43, n. 7, p. 815-823, 2008.

PACHECO, L. P.; PIRES, F. R.; MONTEIRO, F. P.; PROCÓPIO, S. O.; ASSIS, R. L.; CARGNELUTTI FILHO, A.; CARMO, M. L.; PETTER, F. A. Sobressemeadura da soja como técnica para supressão da emergência de plantas daninhas. **Planta Daninha**, v. 27, n. 3, p. 455-463, 2009.

PROCÓPIO, S. O.; SANTIAGO, A. D.; CARVALHO, H. W. L. **Desempenho e recomendação de cultivares de soja BRS para a região dos Tabuleiros Costeiros do SEALBA**. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2018. 18 p. (Embrapa Tabuleiros Costeiros. Circular Técnica, 87).

PROCÓPIO, S. O.; CRUZ, M. A. S.; ALMEIDA, M. R. M.; JESUS JÚNIOR, L. A.; NOGUEIRA JÚNIOR, L. R.; CARVALHO, H. W. L. **Sealba: região de alto potencial agrícola no Nordeste brasileiro**. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2019, 62 p. (Embrapa Tabuleiros Costeiros. Documentos, 221).

ROSOLEM, C. A.; NETO, L. O., COSTA, V. E., da SILVA GRASSMANN, C. Ruzigrass root persistence and soybean root growth. **Plant Soil**, v. 442, p. 333-341, 2019.

ROSOLEM, C. A.; STEINER, F. Effects of soil texture and rates of K input on potassium balance in tropical soil. **European Journal Soil Science**, v. 68, p. 658-666, 2017.

SALMAN, A. K. D.; SOARES, J. P. G.; CANESIN, R. C. **Métodos de amostragem para avaliação quantitativa de pastagens**. Porto Velho: Embrapa Rondônia, 2006. 6 p. (Embrapa Rondônia. Circular Técnica, 84).

SALTON, J. C.; MIELNICZUK, J.; BAYER, C.; BOENI, M.; CONCEIÇÃO, P. C.; FABRÍCIO, A. C.; MACEDO, M. C. M.; BROCH, D. L. Agregação e estabilidade de agregados do solo em sistemas agropecuários em Mato Grosso do Sul. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, p. 11-21, 2008.

SALTON, J. C.; SILVA, W. M.; TOMAZI, M.; HERNANI, L. C. Agregação do solo e estabilidade de agregados. In: TEIXEIRA, P. C.; DONAGEMMA, G. K.; FONTANA, A.; TEIXEIRA, W. G. (Ed.). **Manual de métodos de análise de solo**. 3. ed. rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2017, p. 130-139.

SALTON, J. C.; TOMAZI, M. **Sistema radicular de plantas e qualidade do solo**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2014. 6 p. (Embrapa Agropecuária Oeste. Comunicado Técnico, 198).

SANT'ANNA, S. A. C.; FERNANDES, M. F.; IVO, W. M. P. de M., COSTA, J. L. S. Evaluation of soil quality indicators in sugarcane management in sandy loam soil. **Pedosphere**, v. 19, p. 312-322, 2009.

SILVA, I. F.; MIELNICZUK, J. Ação do sistema radicular de planta na formação e estabilização de agregados do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 21, p. 113-117, 1997.

SILVA, D. J.; QUEIROZ, A. C. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. 3. ed., Viçosa, MG: UFV, 2002. 235 p.

SILVA, W. B.; PETTER, F. A.; LIMA, L. B. de; ANDRADE, F. R. A. Initial development of *Urochloa ruziziensis* and agronomic performance of soybean in different space arrangements in the cerrado of Mato Grosso. Brazil. **Bragantia**, v. 72, n. 2, p. 146-153, 2013.

SOBRAL, L. F.; VIÉGAS, P. R. A.; SIQUEIRA, O. J. W.; ANJOS, J. L.; BARRETO, M. C. V.; GOMES, J. B. V. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes no Estado de Sergipe**. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2007. 251 p.

TOZER, K.; MOSS, R. A.; CAMERON, C. A.; RENNIE, G. M.; DOUGLAS, G. B. Litter can enhance pasture establishment on non-cultivable hill country. **NZGA: Research and Practice Series**, v. 16, n. 243-249, 2016.

TEIXEIRA, P. C.; DONAGEMMA, G. K.; FONTANA, A.; TEIXEIRA, W. G. **Manual de métodos de análise de solo**. 3. ed. rev. Brasília, DF: Embrapa, 2017. 574 p.

TRECENTI, R. **Avaliação de características agrônômicas de espécies de cobertura vegetal do solo em cultivos de entressafra e sobresemeadura, na região central do Cerrado**. 2005. Dissertação. (Mestrado) - Universidade de Brasília, Brasília, 2005.

VOLF, M. R.; C. A. A.; CUSTÓDIO, C. C.; BOSSOLANI, J. W.; MACHADO, F. G.; WRUCK, F. J.; COSTA, C. H. M.; RIBEIRO, J. F. SILVA, L. S. Interseeding of ruzigrass into soybean: strategies to improve forage cultivation in no-till systems, **Annals of Agricultural Sciences**, v. 66, n. 1, p. 16-24, 2021.