

Juiz de Fora, MG / Abril, 2025

OBJETIVOS DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL



OBJETIVOS DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL



Produção de biomassa de plantas de cobertura na Zona da Mata Mineira

Mauro Sergio Teodoro ⁽¹⁾, Marcelo Guimarães⁽¹⁾, Karina Neoob de Carvalho Castro⁽²⁾, Fernanda Samarini Machado⁽²⁾, Thierry Ribeiro Tomich⁽²⁾, Luiz Gustavo Ribeiro Pereira⁽²⁾ e Márcio Roberto Silva⁽²⁾

⁽¹⁾Analistas, Embrapa Gado de Leite, Juiz de Fora, MG. ⁽²⁾Pesquisadores, Embrapa Gado de Leite, Juiz de Fora, MG.

Embrapa Gado de Leite

Rua Eugênio do Nascimento, 610
- Bairro Dom Bosco
36038-330 Juiz de Fora, MG
<https://www.embrapa.br/gado-de-leite>
www.embrapa.br/fale-conosco/sac

Comitê Local de Publicações

Presidente
Jorge Fernando Pereira
Secretário-executivo
Carlos Renato Tavares de Castro
Membros
Cláudio Antônio Versiani Paiva, Deise Ferreira Xavier, Edna Froeder Arcuri, Fausto de Souza Sobrinho, Fernando César Ferraz Lopes, Francisco José da Silva Ledo, Frank Ângelo Tomita Bruneli, Heloísa Carneiro, Jackson Silva e Oliveira, Juarez Campolina Machado, Leovegildo Lopes de Matos, Luiz Ricardo da Costa, Márcia Cristina de Azevedo Prata, Marta Fonseca Martins, Pérsio Sandir D'Oliveira, Rui da Silva Verneque, Virginia de Souza Columbiano e William Fernandes Bernardo

Edição executiva

Mauro Sergio Teodoro
Revisão de texto
Carlos Renato Tavares de Castro
Normalização bibliográfica
Rosângela Lacerda Castro (CRB-6/2749)

Projeto gráfico

Leandro Sousa Fazio
Diagramação
Luiz Ricardo da Costa
Publicação digital: PDF

Todos os direitos reservados à Embrapa.

Resumo – Nas áreas agrícolas da Zona da Mata do estado de Minas Gerais há o predomínio de relevo acidentado com áreas de pastagens degradadas e solos das baixadas com histórico de mecanização, que resultaram em camadas compactadas com baixos teores de matéria orgânica. O uso de plantas para a manutenção da cobertura do solo no período da entressafra pode contribuir para a recuperação destas áreas. Avaliaram-se espécies com potencial de uso para cobertura de solo em área de produção de forragem no Campo Experimental José Henrique Bruschi, propriedade da Embrapa Gado de Leite, no município de Coronel Pacheco, Zona da Mata Mineira. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, com cinco tratamentos, sendo: *Cajanus cajan* (cv. Guandu anão); *Canavalia ensiformis* (cv. Feijão de porco); *Crotalaria juncea* (cv. Crotalária juncea); *Bidens sulphurea* (cv. Cosmos); e Mix das leguminosas, com quatro repetições. Foram avaliadas a produtividade de biomassa fresca e seca da parte aérea (BFPA e BSPA) e a biomassa seca da raiz (BSR). Todas as espécies avaliadas apresentaram elevada produtividade de biomassa fresca e seca da parte aérea aos 80 e 110 dias, e da raiz aos 80 dias, indicando boa adaptação às condições edafoclimáticas da região. O melhor desempenho de biomassa e ganho de produtividade (delta entre períodos) foi obtida pela *Crotalária juncea*. O Cosmos, espécie pouco explorada como cobertura vegetal, apresentou produção de biomassa semelhante ao Feijão Guandu e o Feijão de Porco, o que demonstra potencial desta espécie como planta de cobertura, entretanto, ainda serão necessários novos estudos visando recomendar seu cultivo como planta de cobertura.

Termos para indexação: manejo de solo, *crotalária juncea*, feijão de porco, guandu anão, *Bidens sulphurea*.

Biomass production of cover crops in Zona da Mata Mineira

Abstract – In the agricultural areas of the Zona da Mata in the state of

Minas Gerais, there is a predominance of rugged relief with areas of degraded pastures and lowland soils with a history of mechanization, which resulted in compacted layers with low levels of organic matter. The use of plants to maintain soil cover during the off-season can contribute to the recovery of these areas. Species with potential for use as soil cover in a forage production area in the municipality of Coronel Pacheco, Zona da Mata Mineira, were evaluated. The experimental design used was a randomized block design, with five treatments, as follows: *Cajanus cajan* (cv. pigeon pea); *Canavalia ensiformis* (cv. jack beans); *Crotalaria juncea* (cv. sunn hemp); *Bidens sulphurea* (cv. Cosmos); and Mix of legumes, with four repetitions. The productivity of fresh and dry shoot biomass (BFPA and BSPA) and dry root biomass (BSR) were evaluated. All species evaluated showed high productivity of fresh and dry biomass of the aerial part at 80 and 110 days, and of the root at 80 days, indicating good adaptation to the edaphoclimatic conditions of the region. The best biomass performance and productivity gain (delta between periods) was obtained by *Crotalaria juncea*. Cosmos, a species little explored as a cover crop, showed similar biomass production to pigeon pea and jack bean, which demonstrates the potential of this species as a cover plant. However, further studies will still be needed to recommend its cultivation as a cover plant.

Index terms: soil management; sunn hemp; jack bean; pigeon pea; *Bidens sulphurea*.

Introdução

A sustentabilidade agrícola é um tema de crescente relevância no cenário mundial em virtude da demanda e uso intensivo dos recursos naturais (Araújo et al., 2007). O uso eficiente e a redução da degradação do solo, da poluição da água e da emissão de gases de efeito estufa na agricultura, a reinserção de terras degradadas aos sistemas de produção agropecuários, o desenvolvimento de metodologias de análise de solo e tecido vegetal baseadas nos princípios da química verde, a inovação no desenvolvimento de novas fontes de fertilizantes e insumos agrícolas, tendentes aos bioinsumos, e tecnologias e processos agropecuários para promoção do melhor aproveitamento de nutrientes pelas plantas são temas estratégicos para avanços neste campo (Torres; Campos, 2022).

Por sua vez, o manejo ecológico surge como alternativa para se alcançar um sistema agrícola sustentável (Loss et al., 2009), e a adubação

verde como planta de cobertura pode contribuir, promovendo a melhoria da agregação do solo (Sharma et al., 2018), alterando sua estrutura e promovendo a redução das camadas compactadas (Zhang; Peng, 2021; Griffiths et al., 2022). Dessa forma, o manejo adequado do solo pode favorecer a ciclagem de nutrientes, manutenção da estrutura do solo, e dinâmica de ar e água no solo (Hoffland et al., 2020), entre outros atributos.

Plantas de cobertura ou culturas de cobertura são termos recentes utilizados para designar diferentes espécies de adubos verdes em uso para a formação da camada de matéria orgânica para a cobertura do solo (Calegari, 2014). Sua utilização pode aumentar a produtividade do solo de forma sustentável e econômica, trazendo melhorias em seus atributos físicos, químicos e biológicos, contribuindo para a ciclagem de nutrientes, fixação biológica de nitrogênio, aumento da matéria orgânica e controle de erosão dos solos de diferentes agroecossistemas (Carvalho et al., 2014; Wutke et al., 2014), além de poderem ser recomendadas na supressão de plantas espontâneas, pois provocam efetiva redução da biomassa vegetal dessas plantas (Teodoro et al., 2021).

Contudo, a introdução do adubo verde como planta de cobertura deve ser prática previamente planejada dentro da propriedade, considerando-se as diferentes características das espécies que apresentam potencial de uso, além de aspectos associados ao manejo de corte, ao clima e às propriedades do solo.

O presente documento contribui para o alcance dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) de números 2 (Erradicação da fome) e 15 (Vida Sobre a Terra: Proteger, recuperar e promover o uso sustentável dos ecossistemas terrestres), contidos na Agenda 2030, proposta pela Organização das Nações Unidas, com foco nas metas 2.4 (Garantir sistemas sustentáveis de produção de alimentos e implementar práticas agrícolas resilientes) e 15.3 (Restaurar a terra e o solo degradado).

Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar a produtividade de algumas espécies com potencial de uso como plantas de cobertura cultivadas na entressafra, com dois períodos de corte.

Material e métodos

O ensaio foi desenvolvido durante o período de março a julho de 2023, no Campo Experimental José Henrique Bruschi, da Embrapa Gado de Leite,

situado na Zona Rural do Município de Coronel Pacheco/MG - Brasil, nas coordenadas geográficas 21°32'42 S, 43°15'47 S e 411,0 metros acima do nível médio do mar (Figura 1).

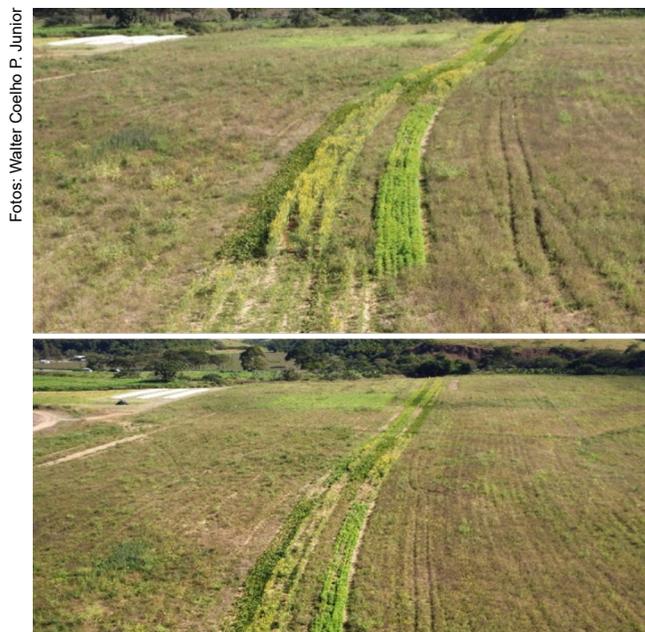


Figura 1. Vista aérea da área experimental em Coronel Pacheco, MG, 2023.

O clima da região é caracterizado como Tropical com Inverno Seco (Aw), possui uma temperatura média anual de 20,6 °C e sua estação chuvosa ocorre no verão – de outubro a março – com precipitação média anual de 1.643 mm, sendo dezembro o mês mais chuvoso e junho o mais seco (Climate Data, 2023).

Os dados de precipitação pluvial e temperatura, referentes ao período de condução do experimento, foram registrados pela estação climatológica localizada no Campo Experimental da Embrapa Gado de Leite, em Coronel Pacheco (Inmet, 2023). Observa-se que este estudo ficou concentrado num período de baixa precipitação pluvial, com um total de 190,4 mm e temperatura média de 22,7 °C (Figura 2).

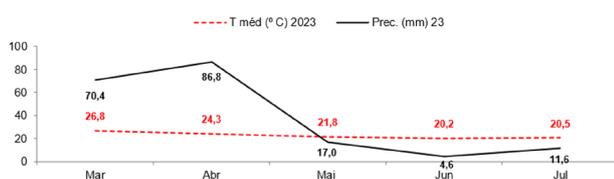


Figura 2. Total de precipitação mensal e temperatura média em Coronel Pacheco, MG, 2023.

O solo da área foi classificado como cambissolo flúvico (Santos et al., 2018), de textura argilosa, com a seguinte caracterização química na camada de 0-20 cm: pH (H₂O) = 4,8; P-Mehlich = 22 mg dm⁻³; K⁺ = 0,2 cmolc dm⁻³; Ca²⁺ = 4,1 cmolc dm⁻³; Mg²⁺ = 2,0 cmolc dm⁻³; Al³⁺ = 0,3 cmolc dm⁻³; matéria orgânica (M.O.) = 3,02%.

As sementes utilizadas no ensaio: Crotalária juncea (*Crotalaria juncea* L.), Feijão de porco (*Canavalia ensiformis* L.) e Guandu anão (*Cajanus cajan*) foram adquiridas de empresa especializada, e as sementes de Cosmos amarelo (*Bidens sulphurea*) foram coletadas localmente.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, com cinco tratamentos: T1 – Guandu anão; T2 – Feijão de porco; T3 – *C. juncea*; T4 – Cosmos amarelo; e T5 – Mix (G. anão + F. de porco + *C. juncea*), com quatro repetições, totalizando 20 unidades experimentais.

Não foram efetuadas calagem nem adubação química da área experimental, com histórico de cultivo convencional de milho para silagem. A semeadura foi realizada com revolvimento mínimo do solo. Cada parcela teve como área disponível 180,00 m² (60,0 x 3,0 m). O espaçamento utilizado foi de 0,5 m entre linhas, totalizando sete linhas de 60,0 m linear/tratamento. O semeio foi mecanizado para as leguminosas, com densidade média de 19 sementes/metro linear para o guandu anão, 16 sementes/metro linear para a *C. juncea*, 6,5 sementes/metro linear para o feijão de porco, e o mix (guandu anão + *C. juncea* + feijão de porco) com média de 12 sementes/metro linear. O semeio foi manual para o Cosmos amarelo, com densidade média de 33 sementes/metro linear.

Durante o período de avaliação foi realizada uma capina manual nas áreas de todos os tratamentos. Não foi realizada irrigação durante o período de desenvolvimento das plantas.

Aos 80 dias de desenvolvimento e início da fase de florescimento, realizaram-se as avaliações de biomassa fresca e seca das plantas (parte aérea) de todas as parcelas experimentais (Figura 3A). Cada parcela teve como área disponível 0,5 m² (0,5 x 1,0 m), observando-se a uniformidade de desenvolvimento das espécies avaliadas e da homogeneidade da área amostrada dentro de cada parcela. Os cortes da parte aérea foram realizados manualmente, com tesoura de poda rente ao solo, separadas, identificadas e acondicionadas em sacos de papel. Foram realizadas amostragens das plantas de cada tratamento para mensuração da biomassa das raízes. As raízes foram retiradas manualmente da mesma área onde foi realizada a

amostragem da biomassa aérea, com o auxílio de ferramenta do tipo “enxada”, à profundidade de 0,20 m, e foram também acondicionadas em sacos de papel.

Aos 110 dias de desenvolvimento (Figura 3 B) realizou-se a segunda avaliação de biomassa da parte aérea das plantas de cobertura, seguindo o mesmo procedimento descrito acima.



Figura 3. Área experimental aos 80 e 110 dias de desenvolvimento em Coronel Pacheco, MG, 2023.

Com o material proveniente dos cortes, determinou-se a biomassa fresca da parte aérea dos tratamentos. A biomassa seca foi determinada após a secagem das amostras, em estufa com circulação de ar forçada, a 65 °C por 72 horas, até que fosse atingido peso constante. Avaliou-se a produtividade de biomassa fresca da parte aérea (BFPA) e a biomassa seca da parte aérea (BSPA) para todos os tratamentos aos 80 e 110 dias, e da raiz (BSR) aos 80 dias.

Os dados foram submetidos à análise de variância, usando como teste complementar de comparação de médias, o teste t de Student, com nível de significância de 5%.

Resultados e discussão

As variáveis BFPA e BSPA aos 80 dias após a emergência são apresentadas na Tabela 1. As espécies *C. juncea* (T3) e o feijão de porco (T2) apresentaram maior produção de biomassa fresca (BFPA), não havendo diferenças significativas entre si. Quanto à BSPA, as médias obtidas para a *C. juncea* foram maiores numericamente, diferindo significativamente das médias obtidas pelo guandu anão (Tabela 1).

Tabela 1. Produção de biomassa fresca e seca (t/ha) da parte aérea e das raízes dos tratamentos, aos 80 dias após a emergência. Coronel Pacheco, MG, 2023.

	Guandu anão	Feijão-de-porco	Crotalária juncea	Cosmos amarelo	Mix	Valor de p (teste F)	Coefficiente de variação (%)
BFPA	9,85C	27,00A	28,25A	22,55AB	13,25BC	0,023	41,63
BSPA	2,75B	5,36AB	6,88A	3,61AB	3,44AB	0,151	54,45
BSR	0,34B	0,45AB	0,76A	0,76A	0,39B	0,02	38,54

Ao avaliar o desempenho agrônomo de três leguminosas no município de Matias Barbosa, Zona da Mata Mineira, Mares Guia et al. (2018) obtiveram 36,4 e 31,3 t/ha de biomassa fresca, e 8,5 e 10,06 t/ha de biomassa seca para o feijão de porco e *C. juncea*, respectivamente, 128 dias após o semeio. Trabalho de Leal et al. (2012) obteve produção de 2,2 e 2,4 t/ha de MS de *C. juncea* aos 90 e 120 dias quando o plantio foi realizado no final do verão. De acordo com Lima Filho et al. (2014) a produção de biomassa de *C. juncea* é variável, sendo, em geral, entre 15 e 60 t/ha de biomassa fresca e entre 4,0 e 15 t/ha de biomassa seca.

A produção de biomassa pela crotalária juncea varia em função de vários fatores, havendo interação entre eles, mas, de modo geral, os que mais influenciam são: condições climáticas como nictoperíodo (comprimento da noite); disponibilidade hídrica; radiação solar; temperaturas diurnas e noturnas; época de semeadura (primavera ou verão); práticas culturais e fertilidade do solo (Leal, 2006; Lima et al., 2010; Padovan et al., 2014; Oliveira et al., 2021).

Quanto ao feijão de porco, os mesmos autores relataram que esta espécie produz de 20 a 25 t/ha de biomassa fresca e de 5,0 a 8,0 t/ha de biomassa seca. Assim, os resultados obtidos apresentam similaridade com os relatos da literatura, ressaltando que o experimento foi conduzido fora do período considerado ideal, pois as espécies estudadas são indicadas para cultivo de verão, havendo, portanto, um maior potencial de produção.

A menor produção de biomassa seca para o guandu anão em relação às outras espécies pode estar relacionada ao seu desenvolvimento inicial lento (Borges et al., 2016), ou devido às condições ambientais inadequadas (falta de chuva, temperatura baixa e fotoperíodo curto) ocorrido durante o período experimental (Keatinge et al., 1998; Kittur; Guggari, 2017).

Quanto à variável BSR, os tratamentos que mais produziram biomassa seca da raiz ($p=0,02$) aos 80 dias foram a *C. juncea* (T3) e o Cosmos amarelo

(T4), que apresentaram a mesma média de 0,76 t ha⁻¹, semelhante à produção de BSR do feijão de porco (Tabela 1). A Crotalária juncea possui um sistema radicular do tipo pivotante e profundo (Lima Filho et al., 2014), mesmo sistema radicular observado para o Cosmos amarelo (Figura 4)



Foto: Mauro Sérgio Teodoro

Figura 4. Sistema radicular do Cosmos amarelo aos 80 dias de desenvolvimento em Coronel Pacheco, MG, 2023.

Espindola et al. (1998) obtiveram a produção de 0,57 t/ha de biomassa seca de raízes de *C. juncea*, enquanto, Teodoro et al. (2016) alcançaram a produtividade média de 1,65 t/ha, com ambas as amostras retiradas a 0,20 cm de profundidade. De acordo com Calegari et al. (1992), é possível que os dados sobre a produção de raízes possam ser subestimados, em razão da dificuldade de se coletar todo o sistema radicular, principalmente porque algumas leguminosas podem penetrar vários metros na profundidade do perfil do solo. Assim, a *C. juncea* pode apresentar raízes a até 4,5 m de profundidade, aos 130 dias de idade, e que 79% de seu peso se encontra nos primeiros 0,30 cm (Wutke, 1993).

As variáveis BFPA e BSPA aos 110 dias após a emergência são apresentadas na Tabela 2. A BRS não foi pesquisada no período 2.

Tabela 2. Produção de biomassa fresca e seca (t/ha) da parte aérea dos tratamentos, aos 110 dias após a emergência. Coronel Pacheco, MG, 2023.

	Guandu anão	Feijão-de-porco	Crotalária juncea	Cosmos amarelo	Mix	Valor de p (teste F)	Coefficiente de variação (%)
BFPA	12,1C	38,7AB	46,1A	24,5BC	22,8BC	0,012	43,86
BSPA	3,60B	7,15B	13,3A	6,35B	5,45B	0,040	41,47

Verificou-se um incremento de acúmulo de biomassa de 93,3 % para a *C. juncea* entre os cortes aos 110 e 80 dias após a semeadura. As outras espécies variaram de 75,9 % a 22,4 % de incremento de biomassa (Figura 5).

Também foram avaliadas às variáveis: ganho de produção de BFPA (Delta BFPA) e ganho de produção de BSPA (Delta BSPA) em t/ha, entre os períodos estudados (80 e 110 dias) (Tabela 3).

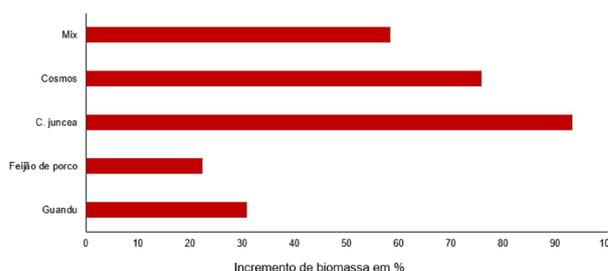


Figura 5. Incremento de biomassa seca 30 dias após o 1º corte, em Coronel Pacheco, MG, 2023.

Tabela 3. Comparação das médias dos ganhos de produtividade (delta entre períodos) de plantas de cobertura por tratamentos. Coronel Pacheco, MG, 2023.

	Guandu anão	Feijão de porco	Crotalária juncea	Cosmos amarelo	Mix	Valor de p (teste F)	Coefficiente de variação (%)
Delta BFPA	2,25B	11,70AB	17,90A	1,95B	9,55AB	0,180	115,6
Delta BSPA	0,85B	1,78B	6,41A	2,73B	2,00B	0,001	57,38

Conclusões

As espécies avaliadas apresentaram boa produtividade de biomassa fresca e seca da parte aérea aos 80 e 110 dias, e da raiz aos 80 dias, indicando boa adaptação às condições edafoclimáticas da região do estudo. O melhor desempenho de biomassa e ganho de produtividade (delta entre períodos) foi obtido pela *C. juncea*. O Cosmos amarelo, espécie pouco explorada como cobertura vegetal, apresentou considerável produção de biomassa em relação às demais espécies, o que indica o potencial desta espécie como planta de cobertura, recomendando-se mais estudos que possam indica-la para esta finalidade.

Agradecimentos

Aos colegas Claudio M. L. Nogueira, Ronaldo de Assis, José M. Tres, Antônio A. Valério, e Walter Coelho P. Junior, pelo apoio na condução deste experimento. A Nestlé Brasil LTDA pelo suporte financeiro – SEG 20.22.00.189.00.00 e ao pesquisador Marcelo Dias Muller pela cessão de sementes de adubos verdes utilizadas no presente trabalho.

Referências

ARAÚJO, J. C.; MOURA, E. G.; AGUIAR, A. C. F.; MENDONÇA, V. C. M. Supressão de plantas daninhas por leguminosas anuais em sistema agroecológico na Pré-Amazônia. **Planta Daninha**, v. 25, n. 2,

p. 267-275, 2007. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-83582007000200005>.

BORGES, W. L.; SOUZA, D. C. de J.; RODRIGUES, D. M. de S.; RIOS, R. da M. Avaliação da cobertura do solo e acúmulo de biomassa e de nutrientes em leguminosas. **Cadernos de Agroecologia**, v. 10, n. 3, 2016. Edição dos resumos do IX Congresso Brasileiro de Agroecologia, Belém, 2015. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/handle/doc/1038700>. Acesso em: 18 jan. 2025.

CALEGARI, A.; MONDARDO, A.; BULIZANI, E. A.; COSTA, M. B. B. da; MIYASAKA, S.; AMADO, T. J. C. Aspectos gerais da adubação verde. In: COSTA, M. B. B. da (coord.). **Adubação verde no sul do Brasil**. Rio de Janeiro: AS-PTA, 1992. p. 1-55.

CALEGARI, A. Perspectivas e estratégias para a sustentabilidade e o aumento da biodiversidade dos sistemas agrícolas com o uso de adubos verdes. In: FILHO, O. F. de L.; AMBROSANO, E. J.; ROSSI, F.; CARLOS, J. A. D. **Adubação Verde e plantas de cobertura no Brasil: fundamentos e prática**. Brasília, DF: Embrapa, 2014. p. 21-36.

CARVALHO, A. M. de; BUSTAMANTE, M. M. C da; ALMONDES, Z. A. P. do; FIGUEIREDO, C. C. de. Forms of phosphorus in an oxisol under different soil tillage systems and cover plants in rotation with maize. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 38, n. 3, p. 972-979, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-06832014000300029>.

CLIMATE DATA. **Dados climatológicos para Coronel Pacheco**. Disponível em: <https://pt.climate-data.org/america-do-sul/brasil/minas-gerais/coronel-pacheco-24935/#climate-table>. Acesso em: 3 jul. 2023.

- ESPINDOLA, J. A. A.; ALMEIDA, D. L. de; GUERRA, J. G. M.; SILVA, E. M. R. da; SOUZA, F. A. de. Influência da adubação verde na colonização micorrízica e na produção da batata-doce. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 33, n. 3, p. 339-347, 1998.
- GRIFFITHS, M.; DELORY, B. M.; JAWAHIR, V.; WONG, K. M.; CODY BAQNAL, G.; DOWD, T. G.; NUSINOW, D. A.; MILLER, A. J.; TOPP, C. N. Optimisation of root traits to provide enhanced ecosystem services in agricultural systems: a focus on cover crops. **Plant, Cell Environment**, v. 45, n. 3, p. 751-770, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1111/pce.14247>.
- HOFFLAND, E.; KUYPER, T. W.; COMANS, R. N. J.; CREAMER, R. E. Eco-functionality of organic matter in soils. **Plant Soil**, v. 455, p. 1-22, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11104-020-04651-9>.
- INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. **Coronel Pacheco**. Disponível em: <https://tempo.inmet.gov.br/TabelaEstacoes/A557>. Acesso em: 3 jul. 2023.
- KEATINGE, J. D. H.; AIMING, Q. I.; WHEELER, T. R.; ELLIS, R. H.; SUMMERFIELD, R. J. Effects of temperature and photoperiod on phenology as a guide to the selection of annual legume cover and green manure crops for hillside farming systems. **Field Crops Research**, v. 57, n. 2, p. 139-152, 1998. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0378-4290\(97\)00122-6](https://doi.org/10.1016/S0378-4290(97)00122-6).
- KITTUR, C. N.; GUGGARI, A. K. Effect of sowing time and planting geometry on growth and yield of pigeonpea in northern dry zone (Zone 3) of Karnataka. **Journal of Farm Sciences**, v. 30, n. 3, p. 334-337, 2017.
- LEAL, M. A. de A. **Produção eficiência agrônômica de compostos obtidos com a palhada de gramíneas e leguminosas para o cultivo de hortaliças orgânicas**. 2006. 26 f. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica. Disponível em: <https://rima.ufrj.br/jspui/handle/20.500.14407/9103>. Acesso em: 18 jan. 2025.
- LEAL, M. A. de A.; GUERRA, J. G. M.; PEIXOTO, R. T. dos G.; ALMEIDA, D. L. de. Desempenho de crotalária cultivada em diferentes épocas de semeadura e de corte. **Revista Ceres**, v. 59, n. 3, p. 386-391, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0034-737X2012000300014>.
- LIMA, J. D.; SAKAI, R. K.; ALDRIGHI, M.; SAKAI, M. Arranjo espacial, densidade e época de semeadura no acúmulo de matéria seca e nutrientes de três adubos verdes. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 40, n. 4, p. 531-540, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1983-40632010000400015>.
- LIMA FILHO, O. F. de; AMBROSANO, E. J.; WUTKE, E. B.; ROSSI, F.; CARLOS, J. A. D. **Adubação verde e plantas de cobertura no Brasil: fundamentos e prática**. Brasília, DF: Embrapa, 2014. v. 1, 507 p.
- LOSS, A.; PEREIRA, M. G.; SCHULTZ, N.; ANJOS, L. H. C. dos; SILVA, E. M. R. da. Carbono e frações granulométricas da matéria orgânica do solo sob sistemas de produção orgânica. **Ciência Rural**, v. 39, n. 4, p. 1067-1072, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0103-84782009005000036>.
- MARES GUIA, A. P. de O.; ARAÚJO, E. S.; GUERRA, J. G. M.; ESPINDOLA, J. A. A. Avaliação de três espécies de leguminosas quanto ao potencial de produção de biomassa em um sistema de produção familiar no município de Matias Barbosa-MG. **Cadernos de Agroecologia**, v. 13, n. 1, p. 1-7, 2018. Edição dos anais do VI Congresso Latino-Americano de Agroecologia; X Congresso Nacional de Agroecologia; V Seminário de Agroecologia do Distrito Federal e Entorno, Brasília, DF, 2017.
- OLIVEIRA, M. W.; NASCIF, C.; OLIVEIRA, T. B. A.; RODRIGUES, T. C.; ASSIS, W. O.; SANTOS, D. de F.; MOURA, S. C. de S. Adubação verde com crotalária juncea em áreas de implantação ou reforma de canais, em pequenas propriedades rurais. In: OLIVEIRA, R. J. (org.). **Extensão rural: práticas e pesquisas para o fortalecimento da agricultura familiar**. Guarujá: Científica Digital, 2021. Disponível em: <https://downloads.editoracientifica.org/articles/201102246.pdf>. Acesso em: 17 jan. 2025.
- PADOVAN, M. P.; CARNEIRO, L. F.; MOITINHO, M. R.; FELISBERTO, G.; CARNEIRO, D. N. M.; MOTTA, I. de S. Dinâmica de acúmulo de massa e de nutrientes pela Crotalaria juncea para fins de adubação verde e o estágio adequado para seu manejo. **Cadernos de Agroecologia**, v. 9, n. 4, p. 1-12, 2014. Disponível em: <https://aba-agroecologia.org.br/revista/cad/article/view/16322/10322>. Acesso em: 17 jan. 2025. Edição dos anais do I Seminário de Agroecologia da América do Sul; V Seminário de Agroecologia de Mato Grosso do Sul; IV Encontro de Produtores Agroecológicos de Mato Grosso do Sul; I Seminário de Sistemas Agroflorestais em Bases Agroecológicas de Mato Grosso do Sul, Dourados, MS, 2014.
- SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. A.; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A.; ARAÚJO FILHO, J. C.; OLIVEIRA, J. B.; CUNHA, T. J. F. (ed.). **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5. ed. rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2018. 356 p.
- SHARMA, P.; SINGH, A.; KAHN, C. S.; BRAR, A.; GROVER, K.; DIA, M.; STEINER, R. The role of cover crops towards sustainable soil health and agriculture: a review paper. **American Journal of Plant Sciences**, v. 9, n. 9, p. 1935-1951, 2018. DOI: <https://doi.org/10.4236/ajps.2018.99140>.

TEODORO, M. S.; SANTOS, F. J. de S.; LACERDA, M. N. de; ARAÚJO, L. M. da S. Biomass yield of *Crotalaria juncea* after thinning and at varied sowing densities in the Coastal Plateau of Piauí State, Brazil. **Revista Caatinga**, v. 29, n. 4, p. 878-884, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1590/1983-21252016v29n412rc>.

TEODORO, M. S.; MENDES, M. R. A.; SILVA, T. C.; BRITO, L. A. de; SIQUEIRA, D. B. de; FREITAS, L. de O. Capacidade de supressão da vegetação espontânea por plantas de cobertura na região da Planície Litorânea do Piauí. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, v. 38, n. 2, e26458, 2021. DOI: <https://doi.org/10.35977/0104-1096.cct2021>.

TORRES, L. A.; CAMPOS, S. K. (ed.). **Megatendências da Ciência do Solo 2030**. Brasília, DF: Embrapa, 2022.

ZHANG, Z.; PENG X. Bio-tillage: a new perspective for sustainable agriculture. **Soil and Tillage Research**, v. 206, 104844, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.still.2020.104844>.

WUTKE, E. B. **Adubação verde**: manejo da fitomassa e espécies utilizadas no estado de São Paulo. Campinas: Instituto Agronômico, 1993. 37 p. (IAC. Documentos, 35).

WUTKE, E. B.; CALEGARI, A.; WILDNER, L. do P. Espécies de adubos verdes e plantas de cobertura e recomendações para seu uso. In: LIMA FILHO, O. F. de; AMBROSANO, E. J.; ROSSI, F.; CARLOS, J. A. D. (ed.). **Adubação verde e plantas de cobertura no Brasil**: fundamentos e prática. Brasília, DF: Embrapa, 2014. v. 1, p. 59-168.