

Produção de biomassa residual da soja sob plantio direto e convencional: ausência de diferenças no curto prazo no bioma Amazônia

Residual biomass production of soybean under no-tillage and conventional systems: absence of short-term differences in the Amazon biome

Producción de biomasa residual de soja bajo sistemas de labranza cero y convencional: ausencia de diferencias de corto plazo en el bioma amazónico

DOI: 10.55905/oelv23n10-001

Receipt of originals: 9/1/2025

Acceptance for publication: 9/26/2025

Nieli Eloine Rodrigues

Mestre em Recursos Naturais da Amazônia
Instituição: Universidade Luterana do Brasil
Endereço: Santarém, Pará, Brasil
E-mail: nieli_rodrigues@yahoo.com.br

Raimundo Cosme de Oliveira Junior

Doutor em Geologia e Geoquímica
Instituição: Universidade Federal do Pará
Endereço: Santarém, Pará, Brasil
E-mail: raimundo.oliveira-junior@embrapa.br

Darlisson Bentes dos Santos

Mestre em Energia na Agricultura
Instituição: Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Endereço: Santarém, Pará, Brasil
E-mail: engenheirodbds@hotmail.com

Daniel Rocha de Oliveira

Mestre em Clínica e Reprodução Animal
Instituição: Universidade Federal Fluminense
Endereço: Santarém, Pará, Brasil
E-mail: handvet@yahoo.com.br

RESUMO

A expansão da soja na Amazônia gera preocupações sobre a sustentabilidade dos sistemas de produção. Este estudo quantificou os resíduos culturais (parte aérea e raízes) da soja em sistemas de plantio direto (SPD) e convencional (SPC) no planalto santareno (PA). Os resultados demonstraram que não houve diferenças estatísticas significativas na produção de biomassa entre os sistemas no momento pós-colheita. A quantidade de palhada remanescente foi considerada baixa em ambos os casos, atribuída à rápida decomposição no clima quente e úmido amazônico e à natureza da cultura. Conclui-se que, num SPD ainda jovem e sem diversificação, os benefícios de cobertura do solo podem não se manifestar imediatamente na biomassa residual mensurada. A sustentabilidade na região depende criticamente da adoção de manejos complementares, como a diversificação com culturas de cobertura produtoras de grande volume de palhada, para superar os desafios climáticos e garantir a proteção do solo.

Palavras-chave: Soja, Plantio Direto, Plantio Convencional, Biomassa, Amazônia.

ABSTRACT

The expansion of soybean in the Amazon raises concerns about the sustainability of production systems. This study quantified soybean crop residues (aboveground parts and roots) in no-tillage (NT) and conventional (NT) systems on the Santarém plateau, Pará. The results demonstrated no statistically significant differences in biomass production between the systems post-harvest. The amount of straw remaining was considered low in both cases, attributed to rapid decomposition in the hot and humid Amazonian climate and the nature of the crop. It is concluded that, in a still young and undiversified NTS, the benefits of soil cover may not be immediately evident in the measured residual biomass. Sustainability in the region critically depends on the adoption of complementary management practices, such as diversification with cover crops that produce large volumes of straw, to overcome climate challenges and ensure soil protection.

Keywords: Soybeans, Direct Planting, Conventional Planting, Biomass, Amazon.

RESUMEN

La expansión de la soja en la Amazonía plantea preocupaciones sobre la sostenibilidad de los sistemas de producción. Este estudio cuantificó los residuos del cultivo de soja (partes aéreas y raíces) en sistemas de labranza cero (NT) y convencional (NT) en la meseta de Santarém, Pará. Los resultados no demostraron diferencias estadísticamente significativas en la producción de biomasa entre los sistemas después de la cosecha. La cantidad de paja remanente se consideró baja en ambos casos, debido a la rápida descomposición en el clima cálido y húmedo de la Amazonia y a la naturaleza del cultivo. Se concluye que, en un STN aún joven y poco diversificado, los beneficios de la cobertura del suelo podrían no ser evidentes de inmediato en la biomasa residual medida. La sostenibilidad en la región depende fundamentalmente de la adopción de prácticas de gestión complementarias, como la diversificación con cultivos de cobertura que produzcan grandes volúmenes de paja, para superar los desafíos climáticos y garantizar la protección del suelo.

Palabras clave: Soja, Siembra Directa, Siembra Convencional, Biomasa, Amazonía.

1 INTRODUÇÃO

O agronegócio brasileiro, alicerçado em uma notável diversidade agrícola e em ganhos de eficiência, consolidou o país como um dos principais fornecedores globais de alimentos. Esta capacidade é fundamental não apenas para a economia nacional, mas também para atender à demanda crescente da população mundial (Brasil, 2010). Historicamente, o atendimento a essa demanda se deu pela expansão da fronteira agrícola, inicialmente deslocando-se da região Sul para o Centro-Oeste e, posteriormente, avançando sobre a região Norte do país (Vieira Filho, 2016).

Na Amazônia Legal, o estabelecimento de polos de produção de grãos, com destaque para a soja, tem sido um vetor central desse avanço desde a década de 1990. Na região do planalto santareno, oeste do Pará, abrangendo os municípios de Santarém, Mojuí dos Campos e Belterra, essa expansão ocorreu de forma acelerada, impulsionada por uma conjugação de fatores como a valorização dos preços das commodities, logística melhorada - com a pavimentação da BR-163 e o porto de Santarém - e políticas indiretas de incentivo (Fearnside, 2006). Dados do IBGE (2014) ilustram a robustez dessa produção na região, que em 2013 totalizou 88.561 toneladas de soja, 59.213 toneladas de milho e 19.645 toneladas de arroz em casca. Dados mais recentes confirmam a consolidação desta região como um novo e dinâmico centro produtor no bioma Amazônico.

Contudo, este modelo de expansão, frequentemente baseado no Sistema de Plantio Convencional (SPC) – caracterizado pelo revolvimento intensivo do solo através de aração e gradagem, gera graves externalidades ambientais e é insustentável a médio e longo prazo. Solos manejados convencionalmente tornam-se sensíveis aos processos de degradação, como erosão, compactação, perda de Matéria Orgânica do Solo (MOS) e declínio da fertilidade natural (Alvim & Oliveira Junior, 2005). Esta realidade é paradoxal, pois muitos solos amazônicos, embora frágeis, possuem potencial produtivo

quando manejados adequadamente, permitindo até múltiplas culturas anuais em algumas localidades. A degradação da base produtiva em poucos anos, portanto, representa um grave problema econômico e ambiental.

A problemática central reside, portanto, na incompatibilidade entre o modelo de produção baseado no SPC e a necessidade de uma agricultura sustentável na Amazônia. A manutenção da cobertura vegetal do solo é o principal mecanismo para mitigar os processos degradativos. Neste contexto, o Sistema de Plantio Direto (SPD) emerge globalmente como o paradigma da agricultura conservacionista. Seus três princípios fundamentais – não revolvimento do solo, cobertura permanente com resíduos vegetais e rotação de culturas – visam precisamente preservar e melhorar as condições do ecossistema solo (Wei *et al.*, 2014).

O estado da arte atual da ciência do solo evidencia os múltiplos benefícios de um SPD bem conduzido. A palhada proveniente dos resíduos culturais é a principal responsável por: proteger o solo, amortecendo o impacto das gotas de chuva, reduzindo drasticamente as perdas por erosão hídrica e eólica e modera a temperatura e a umidade do solo; melhorando a qualidade física, favorecendo a agregação, a porosidade e a infiltração de água, reduzindo o escoamento superficial e o risco de compactação (Debiasi *et al.*, 2008); Formando os resíduos que são a matéria-prima para a formação da MOS, que é o maior reservatório de carbono terrestre. Práticas que aumentam a MOS são estratégicas tanto para a produtividade agrícola quanto para a mitigação das mudanças climáticas (Soares *et al.*, 2024; Zhang *et al.*, 2024) e; a manutenção da vida no solo, a cobertura permanente e a ausência de revolvimento criam um habitat ideal para uma vasta e diversa comunidade biológica - macrofauna, mesofauna e microbiota - essencial para processos como a ciclagem de nutrientes e a biorremediação (Baretta *et al.*, 2014).

Entretanto, a implantação bem-sucedida do SPD na região Amazônica enfrenta desafios específicos. O clima quente e úmido acelera extremamente a taxa de decomposição dos resíduos culturais, dificultando a manutenção de uma cobertura adequada do solo ao longo do ano (Freitas e Landers, 2014; Souza *et al.*, 2021). Além disso, a quantificação precisa da contribuição das raízes para a formação de MOS e para a estrutura do solo é um aspecto frequentemente negligenciado, mas de extrema

importância, uma vez que as raízes podem representar uma fração significativa do carbono incorporado ao sistema.

A justificativa para este estudo apoia-se, portanto, em múltiplas dimensões, sendo a técnico-agronômica, gerando dados concretos sobre a produção de biomassa (área e raiz) na região, fundamental para o planejamento da adubação verde, do manejo da palhada e da viabilidade do SPD; a ambiental, podendo contribuir para o entendimento do potencial de sequestro de carbono na região sob diferentes sistemas de manejo, um tópico de relevância global e; a econômica e mercadológica, oferecendo subsídios científicos para práticas que aumentem a resiliência e a sustentabilidade dos sistemas produtivos, atendendo às crescentes exigências dos mercados consumidores por commodities produzidas com baixo impacto ambiental e livres de desmatamento (Lapola *et al.*, 2023).

Diante deste contexto, a hipótese deste trabalho é de que o cultivo de soja sob SPD produz uma quantidade significativamente maior de resíduos culturais (biomassa da parte aérea e do sistema radicular) em comparação ao SPC, resultando em uma maior cobertura do solo e um maior aporte de carbono ao sistema.

Para testar esta hipótese, o objetivo geral desta pesquisa é quantificar e comparar a produção de resíduos culturais (matéria seca) da parte aérea e das raízes da cultura da soja, quando cultivada sob os sistemas de plantio direto e convencional, na região do planalto santareno, Pará. A obtenção destes dados é um passo primordial e essencial para avaliar o real potencial de conservação do solo e a sustentabilidade dos diferentes sistemas de produção agrícola em expansão na Amazônia.

2 METODOLOGIA

2.1 ÁREA DE ESTUDO E CARACTERIZAÇÃO DOS SÍTIOS EXPERIMENTAIS

O estudo foi conduzido no município de Mojuí dos Campos, Pará. Foram selecionadas duas propriedades agrícolas adjacentes com solos e clima semelhantes, porém manejadas sob diferentes sistemas de cultivo. A primeira área foi manejada

sob SPD há cinco anos, com sucessão soja-milho safrinha e manutenção de cobertura vegetal permanente. Suas coordenadas geográficas são 02°40'09,75" S e 54°39'21,17" W. A segunda área é manejada sob SPC, com preparo do solo via aração e gradagem antes de cada cultivo de soja. Suas coordenadas são 02°44'19,38" S e 54°37'00,60" W.

A região possui clima Ami segundo Köppen, com temperatura média anual de 25,6°C, umidade relativa acima de 80% e precipitação média anual de 2.000 mm, com estação chuvosa definida entre dezembro e junho (Oliveira Junior e Correa, 2001; Pará, 2011). O solo de ambas as áreas foi classificado como Latossolo Amarelo Distrófico de textura argilosa. Análises de solo realizadas na camada de 0-20 cm antes da instalação da cultura mostraram que as áreas não diferiam significativamente em seus atributos químicos fundamentais (pH, teores de P, K e Matéria Orgânica), garantindo a comparabilidade dos sítios experimentais.

2.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E COLETA DE DADOS

O delineamento utilizado foi inteiramente casualizado, considerando cada sistema de manejo como um tratamento com 10 repetições (amostras). As amostragens foram realizadas um dia após a colheita da soja (estádio R8).

2.2.1 Coleta e quantificação da palhada (parte aérea)

A quantificação dos resíduos culturais da palhada foi realizada utilizando um gabarito metálico de 0,25 m² (0,50 x 0,50 m). Em cada um dos 10 pontos amostrais por área, o gabarito foi lançado aleatoriamente, e todo o material vegetal remanescente no interior foi coletado manualmente, acondicionado em sacos de papel Kraft e identificado. As amostras foram secas em estufa de ventilação forçada a 65°C até peso constante. Após a secagem, o material foi peneirado em peneira de malha de 2 mm para remover partículas de solo aderidas e subsequentemente pesado em balança de precisão (0,01 g). A produção de massa seca de palhada foi expressa em Mg ha⁻¹ (toneladas por hectare) (Freschet *et al.*, 2021).

2.2.2 Coleta e quantificação do sistema radicular

A coleta das raízes foi realizada nos mesmos pontos da palhada. Utilizou-se um trado de caneco com diâmetro interno de 7,5 cm para coletar amostras de solo nas profundidades de 0-10 cm e 10-20 cm, totalizando 30 amostras por profundidade por sistema (3 amostras por ponto x 10 pontos). Este método permite uma amostragem localizada e eficiente (Salton e Tomazi, 2014). As amostras foram acondicionadas em sacos plásticos e levadas ao laboratório. As raízes foram separadas do solo por lavagem em jato de água sobre um conjunto de peneiras, sendo a de malha de 1,18 mm utilizada para reter as raízes. Após a separação manual de impurezas, as raízes foram secas em estufa (65°C) até peso constante e pesadas. A densidade de raízes foi calculada pela razão entre a massa seca radicular e o volume de solo amostrado, expressa em g cm^{-3} (Crusciol *et al.*, 2016).

2.3 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os dados de produção de massa seca de palhada e de raízes (por profundidade) foram submetidos à análise de homogeneidade de variâncias (teste de Levene) e normalidade (teste de Shapiro-Wilk). Em seguida, analisados por meio de análise de variância (ANOVA one-way), as diferenças entre as médias dos dois sistemas de manejo foram comparadas pelo teste t de Student para amostras independentes, adotando-se um nível de significância de 5% ($p < 0,05$). Todas as análises foram realizadas com o auxílio do software R (versão 4.3.1).

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 PRODUÇÃO DE RESÍDUOS CULTURAIS DA PARTE AÉREA

A produção de resíduos culturais da palhada no período pós-colheita foi de $2814,24 \pm 299,39 \text{ kg ha}^{-1}$ no SPC e $2607,04 \pm 375,68 \text{ kg ha}^{-1}$ no SPD. Não foram

verificadas diferenças estatisticamente significativas ($p > 0,05$) entre os sistemas de manejo.

Estes valores são inferiores aos reportados por outros autores (Simon, 2009; Pacheco *et al.*, 2011), que encontraram produções entre 6243 e 8000 kg ha⁻¹ para a soja em estágio de maturação fisiológica em Santa Maria-RS. Esta discrepância é atribuível, em grande parte, à época de coleta. Enquanto os estudos citados quantificaram a biomassa aérea total da planta inteira - incluindo grãos e folhas ainda não senescidas. Esta pesquisa quantificou especificamente os restos culturais remanescentes após a colheita mecânica, que sofreram perdas por senescência, decomposição e pela ação da colhedora.

O fato de não haver diferença significativa na quantidade de palhada remanescente entre SPD e SPC é um dado importante, sugerindo a necessidade de análise aprofundada. Em regiões de clima temperado, é comum observar maior acúmulo de palhada no SPD. No entanto, nas condições edafoclimáticas da Amazônia, caracterizadas por temperaturas elevadas e umidade alta ao longo do ano, a taxa de decomposição dos resíduos vegetais é extremamente acelerada (Freitas e Landers, 2014). Dessa forma, mesmo que o SPD possa gerar ligeiramente um maior aporte de biomassa, a rápida decomposição no período entre a maturação e a pós-colheita (e após) pode equalizar a quantidade de resíduo presente na superfície no momento da amostragem. Além disso, a relativa juventude do SPD (5 anos) e a sucessão de culturas adotadas (soja-milho) podem não ser ainda suficientes para promover diferenças marcantes na produção total de biomassa em relação a um sistema convencional manejado de forma intensiva. A introdução de culturas de cobertura com alta produção de biomassa de lenta decomposição, como braquiárias, no sistema é apontada como uma estratégia fundamental para superar este desafio e garantir a cobertura permanente do solo (Crusciol *et al.*, 2016).

3.2 PRODUÇÃO DE MASSA SECA DE RAÍZES

Em relação ao sistema radicular, a produção de massa seca de raízes na camada de 0-20 cm foi de $112,6 \pm 25,11$ kg ha⁻¹ no SPC e $75,8 \pm 13,86$ kg ha⁻¹ no SPD. Assim

como observado para a palhada, não houve diferença estatística significativa ($p > 0,05$) entre os sistemas.

Estes valores estão alinhados com os encontrados por Bordin *et al.* (2008), que também não observaram diferenças significativas entre os sistemas de preparo do solo. É importante ressaltar que a quantificação da biomassa radicular é um desafio metodológico, e o momento de coleta (pós-colheita) captura um sistema radicular em estágio avançado de senescência. A expectativa teórica é de que o SPD, ao melhorar a estrutura física do solo ao longo do tempo, promova um ambiente mais favorável para o aprofundamento e desenvolvimento do sistema radicular (Calonego *et al.*, 2017).

A ausência de diferença neste estudo pode indicar que, dentro dos primeiros 20 cm de profundidade e no estágio de pós-colheita, a biomassa radicular total é similar. É possível que as diferenças entre os sistemas se manifestem mais em termos de dinâmica (maior taxa de renovação de raízes finas no SPD) e de distribuição em profundidade (maior aprofundamento de raízes no SPD em camadas abaixo de 20 cm), aspectos não capturados pela metodologia empregada (Bodner *et al.*, 2007). O confinamento radicular na camada superficial, possivelmente devido a algum grau de compactação mesmo no SPD, também não pode ser descartado como fator equalizador.

4 CONCLUSÃO

O estudo evidenciou que não houve diferenças significativas na produção de massa seca de palhada e raízes de soja, na camada de 0–20 cm, entre os sistemas de plantio direto e convencional. Em ambos os casos, a quantidade de palhada remanescente foi insuficiente para garantir cobertura permanente do solo, resultado atribuído ao clima quente e úmido da Amazônia, que acelera a decomposição, aliado à própria natureza da cultura da soja, produtora de biomassa de rápida degradação.

A ausência de diferenças radiculares indica que, em um plantio direto ainda recente, os benefícios podem se manifestar em outros aspectos não avaliados, como maior

profundidade das raízes, renovação de raízes finas ou melhorias na estrutura do solo. Assim, a simples adoção do sistema, sem manejo complementar, mostra-se insuficiente para assegurar cobertura e proteção adequadas.

Nesse sentido, a sustentabilidade da produção de grãos no planalto santareno depende da adoção de estratégias integradas e diversificadas, como a inclusão de culturas de cobertura capazes de gerar maior volume e palhada mais duradoura, bem como do acompanhamento de longo prazo de atributos do solo, incluindo qualidade estrutural, estoque de carbono e infiltração de água, além da investigação da dinâmica radicular em profundidade e da decomposição da biomassa ao longo do tempo.

Dessa forma, reforça-se que a consolidação de sistemas produtivos sustentáveis na região exige não apenas a escolha do tipo de plantio, mas sobretudo o manejo adequado e diversificado da cobertura vegetal.

AGRADECIMENTOS

Ao Projeto Fluxus, Embrapa Amazônia Oriental.

REFERÊNCIAS

- ALVIM, M. I. S. A.; OLIVEIRA JUNIOR, L. B. Análise da competitividade da produção de soja no sistema de plantio direto no Estado de Mato Grosso do Sul. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, Rio de Janeiro, v. 43, n. 03, p. 505-528, jul./set., 2005.
- BARETTA, D.; BARTZ, M. L. C.; FACHINI, I.; ANSELM, R.; ZORTÉA, T.; BARETTA, C. R. D. M. Soil fauna and its relation with environmental variables in soil managements systems. **Rev. Ciênc. Agron.**, v. 45, n. 5spe, 2014. <https://doi.org/10.1590/S1806-66902014000500002>.
- BODNER, G.; LOISKANDL, W.; KAUL, H. P. Cover crop evapotranspiration under semi-arid conditions using FAO dual crop coefficient method with water stress compensation. **Agricultural Water Management**, v. 93, n. 3, p. 85-98, 2007. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2007.06.010>.
- BORDIN, I.; NEVES, C. S. V. J.; MEDINA, C. C.; SANTOS, J. C. F.; TORRES, E.; URQUIAGA, M. Matéria seca, carbono e nitrogênio de raízes de soja e milho em plantio direto e convencional. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 43, n. 12, p. 1785-1792, dez., 2008. <https://doi.org/10.1590/S1678-3921.pab2008.v43.1087>.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Agronegócio brasileiro: uma liderança global**. Brasília: MAPA, 2010.
- CALONEGO, J. C. *et al.* Soil compaction management and soybean yields with cover crops under no-till and occasional chiseling. **European Journal of Agronomy**, v. 85, p. 31-37, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2017.02.001>.
- CRUSCIOL, C. A. C. *et al.* Soil fertility, plant nutrition, and grain yield of upland rice affected by surface application of lime, silicate, and phosphogypsum in a no-tillage system. **Catena**, v. 137, p. 87-99, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2015.09.009>.
- DEBIASI, H.; FRANCHINI, J. C.; GONÇALVES, S. L. Manejo da compactação do solo em sistemas de produção de soja sob semeadura direta. Embrapa Soja. **Circular técnica**, 63, 2008. <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/470946>.
- FEARNSIDE, P. M. **O cultivo da soja como ameaça para o meio ambiente na Amazônia brasileira**. In: FORLINE, L. C.; MURRIETA, R. S. S.; VIEIRA, I. C. G. (Ed.). *Amazônia além dos 500 anos*. Belém, Pará: Museu Paraense Emílio Goeldi, 2006. p. 281-324.
- FREITAS, I. C. de; LANDERS, J. N. The Transformation of Agriculture in Brazil Through Development and Adoption of Zero Tillage Conservation Agriculture. **International Soil and Water Conservation Research**, v. 2, n. 1, p. 35-46, 2014. [https://doi.org/10.1016/S2095-6339\(15\)30012-5](https://doi.org/10.1016/S2095-6339(15)30012-5).

FRESCHET, G. T. *et al.* A starting guide to root ecology: strengthening ecological concepts and standardising root classification, sampling, processing and trait measurements. **New Phytologist**, v. 232, n. 3, p. 973-1122, 2021. <https://doi.org/10.1111/nph.17572>.

IBGE. **Produção Agrícola Municipal**. 2014. Disponível em: <https://sibra.ibge.gov.br/pesquisa/pam/tabelas>. Acesso em: 28 out. 2023.

LAPOLA, D. M. *et al.* The drivers and impacts of Amazon forest degradation. **Science**, v. 379, n. 6630, 2023. <https://doi.org/10.1126/science.abp8622>. Acesso em: 03 set. 2025.

OLIVEIRA JUNIOR, R. C. de; CORREA, M. E. **Caracterização pedológica e zoneamento agroecológico do município de Santarém, Pará**. Belém: EMBRAPA Amazônia Oriental, 2001. (Documentos, 80).

PACHECO, L. P.; LEANDRO, W. M.; MACHADO, P. L. O. de A.; DE ASSIS, R. L.; COBUCCI, T.; MADARI, B. E.; PETTER, F. A. Produção de fitomassa e acúmulo e liberação de nutrientes por plantas de cobertura na safrinha. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, n. 1, p. 17-25, 2011. <https://doi.org/10.1590/S1678-3921.pab2011.v46.9443>.

PARÁ. Secretaria de Estado de Meio Ambiente (SEMA). **Zoneamento ecológico-econômico da área de influência da rodovia BR-163 (Cuiabá-Santarém)**. Belém: SEMA, 2011.

SALTON, J. C.; TOMAZI, M. **Sistema radicular de plantas e qualidade do solo**. EMBRAPA Agropecuária Oeste. Comunicado Técnico, 198, 2014.

SIMON, J. **Culturas bioenergéticas: produção de biomassa, decomposição e liberação de nitrogênio dos resíduos culturais**. 2009. 51 f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria – RS, 2009.

SOARES, S.; SOUZA, W.; HOMEM, B.; RAMALHO, I.; BORRÉ, J.; PEREIRA, M.; PINHEIRO, É.; MARCHAO, R.; ALVES, B.; BODDEY, R. The Use of Integrated Crop–Livestock Systems as a Strategy to Improve Soil Organic Matter in the Brazilian Cerrado. **Agronomy**, v. 14, p. 2547, 2024. <https://doi.org/10.3390/agronomy14112547>.

SOUZA, F. R.; BERGAMIN, A. C.; FIORELLI, E. C.; SCHLINDWEN, J. A.; VENTURORO, L. A. C.; VENTUROSOS, L. R.; ALMEIDA, W. S. **Sistema plantio direto no sudoeste da Amazônia Ocidental: aspectos físicos, químicos e biológicos**. In: SILVA, L. M. da; *et al.* (eds.). Solos da Amazônia Ocidental: base da sustentabilidade agrícola e ambiental. Brasília, DF: Embrapa, 2021. p. 45. [file:///C:/Users/Usuario/Downloads/Solos-da-Amazonia-Occidental-2021%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/Usuario/Downloads/Solos-da-Amazonia-Occidental-2021%20(1).pdf).

VIEIRA FILHO, J. E. R. **Expansão da fronteira agrícola no Brasil: desafios e perspectivas**. Brasília: IPEA, 2016. 28 p. (Texto para Discussão, n. 2223).

WEI, X.; HUANG, L.; XIANG, Y.; SHAO, M.; ZHANG, X.; GALE, W. The dynamics of soil OC and N after conversion of forest to cropland. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 194, n. 15, p. 188-196, 2014.
<https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2014.04.008>.

ZHANG, K.; LIU, Z.; McCARL, B. A.; FEI, C. J. Enhancing agricultural soil carbon sequestration: a review with some research needs. **Climate**, v. 12, n. 10, p. 151, 2024.
<https://www.mdpi.com/2225-1154/12/10/151>.