

Lodo de frigorífico como fonte de nutrientes para soja cultivada em ambiente protegido

Deivid Flavian Ferreira^{1*}, Norma Schlickmann Lazaretti¹

¹ Curso de Agronomia, Centro Universitário Assis Gurgacz (FAG), Cascavel, Paraná.

^{1*}deividflavian17@gmail.com

Resumo: Este artigo teve como objetivo avaliar os efeitos da aplicação de lodo de frigorífico na disponibilidade de nutrientes e no crescimento da soja cultivada em ambiente protegido, visando também contribuir para a gestão ambiental sustentável dos resíduos gerados pelo setor frigorífico. O experimento foi realizado na Fazenda Escola do Centro Universitário da Fundação Assis Gurgacz (FAG), localizada no município de Cascavel, Paraná, de outubro de 2024 a fevereiro de 2025. O delineamento experimental adotado foi o de blocos casualizados, com cinco tratamentos e cinco repetições, totalizando 25 unidades experimentais: T1 – testemunha sem adição de lodo; T2 – lodo 10%; T3 – lodo 25%; T4 – lodo 50%; e T5 – NPK, sendo que em todos os tratamentos foi acrescentado calcário. O experimento foi conduzido em vasos de 8 litros, nos quais o solo foi previamente coletado, analisado em laboratório e utilizados nos cálculos respectivos para a aplicação de lodo. As análises realizadas foram a altura das plantas, comprimento da raiz, número de vagens e peso dos grãos por planta. Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA), e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de significância, utilizando o software SISVAR. Como resultado, o tratamento com 25% de lodo frigorífico (T3) foi o mais eficaz, promovendo maior altura das plantas, comprimento das raízes, número de vagens e peso de grãos, superando o tratamento com adubação mineral (T5 - NPK). Conclui-se que a utilização do lodo de frigorífico tem grande potencial na agricultura, sempre considerando o conhecimento da qualidade do lodo e a necessidade de fertilizantes do solo e da cultura a ser instalada.

Palavras-chave: *Glycine max*; Resíduos de abatedouros; Fertilizante.

Cold storage sludge on the agronomic characteristics of soybeans in a protected environment

Abstract: This article aimed to evaluate the effects of the application of slaughterhouse sludge on the availability of nutrients and growth of soybeans grown in a protected environment, also aiming to contribute to the sustainable environmental management of waste generated by the slaughterhouse sector. The experiment was carried out at the School Farm of the Assis Gurgacz Foundation University Center (FAG), located in the municipality of Cascavel, Paraná, from October 2024 to February 2025. The experimental design adopted was randomized blocks, with five treatments and five replications, totaling 25 experimental units: T1 - control without addition of sludge; T2 - 10% sludge; T3 - 25% sludge; T4 - 50% sludge; and T5 - NPK, with limestone added to all treatments. The experiment was conducted in 8-liter pots, in which the soil was previously collected, analyzed in the laboratory and used in the respective calculations for the application of sludge. The analyses performed were plant height, root length, number of pods and grain weight per plant. The data were subjected to analysis of variance (ANOVA), and the means were compared by Tukey's test at 5% significance, using the SISVAR software. As a result, the treatment with 25% refrigerated sludge (T3) was the most effective, promoting greater plant height, root length, number of pods and grain weight, surpassing the treatment with mineral fertilizer (T5 - NPK). It is concluded that the use of refrigerated sludge has great potential in agriculture, always considering the knowledge of the quality of the sludge and the need for fertilizers of the soil and the crop to be installed.

Keywords: *Glycine max*; Slaughterhouse waste; Fertilizer.

Introdução

A soja (*Glycine max*) é a principal cultura agrícola do Brasil, desempenhando um papel estratégico na economia nacional e no agronegócio global. De acordo com o 4º Levantamento da Safra de Grãos 2024/25 da Companhia Nacional de Abastecimento (Conab, 2025), a produção brasileira de soja está estimada em 166,33 milhões de toneladas, representando um aumento de 12,82% em relação à safra anterior, que foi de 147,38 milhões de toneladas.

Segundo a Conab (2025), cerca de 65% da produção brasileira de soja é destinada à exportação, sendo a China o principal comprador, adquirindo aproximadamente 70% do total exportado. Em 2024, as exportações brasileiras de soja em grão alcançaram 101,87 milhões de toneladas, gerando receitas de US\$ 53,245 bilhões.

A cultura responde positivamente a melhorias na fertilidade do solo, especialmente em ambientes onde as condições edafoclimáticas são controladas, como em ambientes protegidos. Nesses ambientes, a disponibilidade adequada de nutrientes durante os estádios reprodutivos críticos (R3 e R5) é determinante para a maximização do rendimento e da qualidade da produção (Neumaier *et al.*, 2019).

O lodo gerado no tratamento de efluentes de abatedouros de aves é obtido principalmente pela flotação físico-química, onde se adicionam coagulantes e floculantes que promovem a separação dos sólidos do efluente. Através da injeção de microbolhas, forma-se o lodo flotado, que é removido e posteriormente aquecido a cerca de 95 °C. Em seguida, é processado em um decanter centrífugo de três fases, que separa o óleo, a água e o lodo desidratado, este resíduo, com 60% a 70% de umidade, é classificado como Classe II A e pode ser aproveitado como fonte de energia ou destinado de forma ambientalmente adequada (Fagnani, 2017).

O uso de resíduos orgânicos, como o lodo de frigorífico, na agricultura tem ganhado destaque pela sua capacidade de melhorar as características físico-químicas do solo e promover o crescimento das culturas. De acordo com Corrêa *et al.* (2009), o lodo de esgoto é rico em matéria orgânica e nutrientes como nitrogênio e fósforo, favorecendo a fertilidade do solo e a disponibilidade de elementos essenciais para as plantas.

Além disso, Melo e Marques (2019) destacam que a aplicação desse resíduo pode incrementar a matéria orgânica e a atividade microbológica do solo, refletindo positivamente no desenvolvimento da soja. Lopes, Reis e Santos (2016) evidenciam que a adição de resíduos orgânicos melhora características agronômicas da soja, como altura de planta, massa de grãos e produtividade, uso de resíduos orgânicos como fertilizantes alternativos tem se mostrado uma estratégia eficiente para melhorar a fertilidade do solo e promover a sustentabilidade agrícola,

dessa forma, a utilização racional desses resíduos não apenas reduz a dependência de insumos químicos, como também contribui para o reaproveitamento de subprodutos agroindustriais, alinhando a produção agrícola a práticas ambientalmente responsáveis.

O lodo de frigorífico, em particular, destaca-se por apresentar elevada concentração de matéria orgânica, nitrogênio, fósforo e outros nutrientes essenciais ao desenvolvimento vegetal (Corrêa *et al.*, 2009). Além de fornecer nutrientes, sua aplicação pode contribuir para o incremento da matéria orgânica do solo, aumento da capacidade de retenção de água e estímulo à atividade microbiológica (Melo e Marques, 2019).

As práticas sustentáveis que reutilizam resíduos industriais, como o lodo de frigorífico, podem contribuir para a redução de impactos ambientais decorrentes do descarte inadequado desses resíduos (Lopes, Reis e Santos, 2016). A pesquisa científica que avalia o uso desse resíduo na cultura da soja visa não apenas mensurar melhorias agrônômicas, mas também fomentar práticas de manejo mais sustentáveis e ambientalmente responsáveis.

Neste contexto, o objetivo deste experimento é avaliar os efeitos da aplicação de lodo de frigorífico na disponibilidade de nutrientes e no crescimento da soja cultivada em ambiente protegido, visando também contribuir para a gestão ambiental sustentável dos resíduos gerados pelo setor frigorífico.

Material e Métodos

O experimento foi realizado na Fazenda Escola do Centro Universitário da Fundação Assis Gurgacz (FAG) (24°56' 28,9"S 53°30' 34,2"W), localizada no município de Cascavel, Oeste do Paraná. Esta região possui clima classificado como subtropical úmido (Cfa), segundo a classificação de Köppen, com verões quentes e invernos amenos. A precipitação média anual é de cerca de 1800 mm, bem distribuída ao longo do ano, e a temperatura média anual é de cerca de 20 °C (Nitsche *et al.*, 2019).

O delineamento experimental adotado foi em blocos casualizados, com cinco tratamentos e cinco repetições, totalizando 25 unidades experimentais: T1 – testemunha (sem lodo); T2 – lodo 10%; T3 – lodo 25%; T4 – lodo 50% e T5 - NPK. Todos os vasos receberam calcário.

A cultivar utilizada foi TORQUE (571X60RSF I2X) da safra 2023/2024, com semeadura manual de 10 sementes por vaso a 3 cm de profundidade.

O experimento foi realizado em casa de vegetação (estufa), onde os vasos foram organizados para minimizar variações ambientais. O solo utilizado nos vasos de 8 litros é classificado como Latossolo Vermelho, de acordo com a Embrapa (2018), caracterizado por

elevada acidez e altos teores de alumínio trocável, fatores que limitam o desenvolvimento adequado de muitas culturas agrícolas.

Desse modo, este tipo de solo requer a aplicação de modificações para neutralizar o alumínio e melhorar a fertilidade, o que justifica a escolha da aplicação de calcário dolomítico com poder relativo de neutralização total (PRNT) de 85%, adequado para a correção de solos ácidos e fornecimento de magnésio, nutriente essencial ao desenvolvimento das plantas. A aplicação manual do calcário e do lodo sobre a superfície do solo nos vasos, com posterior mistura em saco de rafia garantiu distribuição homogênea.

O lodo utilizado no experimento foi obtido de um frigorífico localizado na região de Cascavel / PR. Antes da aplicação no solo, o lodo passou por análise laboratorial detalhada, visando a determinação de suas características físico-químicas (Tabela 1).

Tabela 1 – Resultados da análise realizada no lodo, Cascavel/ PR, 2024.

Nutriente	Categoria	Unidade	Valor	Função Agronômica
Nitrogênio (N)	Macronutriente	%	N.D.	Crescimento vegetativo
Fósforo (P)	Macronutriente	mg	989,7	Desenvolvimento radicular e floração
Potássio (K)	Macronutriente	mg	144,9	hídrica e resistência a doenças
Cálcio (Ca)	Macronutriente	mg	22,3	Formação de paredes celulares
Magnésio (Mg)	Macronutriente	mg	13,11	Fotossíntese
Zinco (Zn)	Micronutriente	mg	0,41	Hormônios de crescimento (auxinas)
Ferro (Fe)	Micronutriente	mg	36,73	Síntese de clorofila
Manganês (Mn)	Micronutriente	mg	307,9	Fotossíntese e metabolismo do nitrogênio

Fonte: Elaborado pelo autor com base na análise do lodo (2024).

Com base nos resultados obtidos na análise do lodo e do solo, demonstradas na Tabela 1 e 2 respectivamente, foram realizados os cálculos da necessidade de aplicação de fertilizantes, onde foi determinado que a quantidade a ser adicionado no solo era de 0,166 kg de lodo em cada vaso com capacidade de 8 kg, e os tratamentos foram determinados acrescentando mais 10%, 25% e 50% de lodo.

Tabela 2 – Análise físico-química do solo. Cascavel / PR, 2024.

Amostra	pH	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H+Al	SB	T	t	K	Al	V
(CaCl ₂)									mg/dm ³	%	%
0-20 cm	4,71	4,3	1,18	0,09	7,92	5,88	13,80	5,97	0,39	0,07	42,59

Fonte: Laudo ID 39788/2024 do SBS Análises Agronômicas e Veterinárias.

Adicionalmente, foi incluído um tratamento com fertilizante mineral NPK (0-21-0), aplicado de forma localizada no momento da semeadura, conforme as exigências nutricionais

da soja.

As variáveis avaliadas foram a altura das plantas, comprimento da raiz, número de vagens e peso dos grãos por planta.

Para avaliar a altura das plantas foi utilizada uma fita métrica, medindo-se desde o nível do solo da planta até o ponta mais elevado. O comprimento da raiz foi determinado através da medição da ponta da raiz até o nível do solo na planta. Os resultados foram expressos em centímetros.

O número de vagens por planta foi determinado com a contagem das vagens em cada planta e expresso em número de vagens. O peso dos grãos foi obtido após a debulha das vagens e pesagem e expresso em gramas por planta.

Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de significância, utilizando o programa SISVAR 5.6 (Ferreira, 2019).

Resultados e Discussão

A Tabela 3 apresenta os resultados das principais características agronômicas da soja cultivada em ambiente protegido, submetida a diferentes tratamentos: uma testemunha sem adubação, tratamentos com doses de lodo de frigorífico (10%, 25% e 50%), além de um tratamento com adubação mineral (NPK).

O tratamento (T3) apresentou os melhores desempenhos em altura de plantas, comprimento radicular, número de vagens por planta e peso de grãos, superando inclusive o tratamento com adubação mineral convencional (T5 - NPK) em quase todos os parâmetros avaliados.

Tabela 3 – Resultados das características agronômicas da soja cultivada em ambiente protegido sob doses de lodo de frigorífico e NPK. Cascavel / PR, 2025.

Tratamentos	Altura das plantas (cm)	Comprimento da raiz (cm)	Vagens por planta (nº)	Peso dos grãos por planta (g)
T1 - Testemunha	27,4c	15,8 b	71,6 bc	18,0 bc
T2 - Lodo 10%	29,8 bc	13,2 b	65,0 d	13,0 c
T3 - Lodo 25%	37,6 a	20,2 a	90,2 a	26,4 a
T4 - Lodo 50%.	32,8 ab	14,4 b	73,2 b	20,4 b
T5 - NPK	35,0 a	13,2 b	66,4 cd	16,4 bc
Média geral	32,5	15,4	73,3	18,8
CV (%)	7,96	12,21	4,63	15,27
DMS	4,9	3,6	6,4	5,4

CV = Coeficiente de variação. DMS = Diferença mínima significativa. Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si a 5% de significância pelo teste de Tukey.

O tratamento com 25% de lodo frigorífico (T3) apresentou os melhores resultados,

alcançando a maior altura das plantas (37,6 cm), o maior comprimento das raízes (20,2 cm), o maior número de vagens por planta (90,2) e o maior peso de grãos por planta (26,4 g). Isso indica que essa concentração de lodo forneceu nutrientes de forma equilibrada e melhorou as condições do solo, promovendo crescimento e produtividade superiores aos da soja. O tratamento com 50% de lodo (T4) resultou na altura das plantas intermediárias (32,8 cm), sugerindo que doses elevadas podem gerar efeitos negativos, possivelmente por acúmulo de sais ou contaminantes que dificultam a absorção de nutrientes. Por sua vez, a adubação mineral (T5) proporcionou altura das plantas próxima à do T3 (35,0 cm), evidenciando eficácia no crescimento vegetativo, embora a menor produtividade em outros aspectos possa estar relacionada à falta dos benefícios da matéria orgânica presente no lodo.

Os resultados deste estudo, que apontam o melhor desempenho da soja com 25% de lodo frigorífico, corroboram os achados de Lemainski e Silva (2006), que verificaram aumento significativo na produtividade da soja com a aplicação de biossólido na dose de 30 Mg ha⁻¹. Ambos os estudos atribuem esse ganho à liberação gradual de nutrientes e à melhora das características físicas do solo, que favorecem o desenvolvimento das plantas.

De forma semelhante, Lobo *et al.* (2012) identificaram que doses intermediárias de lodo de esgoto compostado aumentaram a massa seca da parte aérea, o número de nódulos e os teores de nitrogênio foliar da soja, indicando que resíduos orgânicos promovem o crescimento vegetativo e a fixação biológica de nitrogênio. Esses efeitos estão alinhados com os resultados observados no tratamento com 25% de lodo, enquanto doses inferiores não supriram as necessidades nutricionais e doses elevadas podem ter causado efeitos negativos por excesso de nutrientes ou contaminantes.

Assim, este estudo reforça que a aplicação correta de lodo orgânico, como o lodo frigorífico, pode trazer benefícios semelhantes aos observados com biossólidos e lodos compostados, melhorando a fertilidade do solo e a produtividade da soja.

O comprimento das raízes no tratamento T3 (20,2 cm) foi significativamente maior do que nos demais tratamentos, o que sugere uma melhor exploração do solo pelas plantas e, conseqüentemente, maior eficiência na absorção de água e nutrientes. Essa característica é especialmente relevante em sistemas protegidos, onde o volume de solo é limitado e a competição por recursos pode afetar o desempenho das plantas.

Silva (2017) verificou que a aplicação de fertilizantes organominerais compostos por lodo de esgoto e torta de filtro na cultura da soja favoreceu o aumento da massa seca de raízes aos 30 dias após a semeadura, indicando um desenvolvimento radicular mais vigoroso e eficiente na absorção de nutrientes.

Souza *et al.* (2009) relataram que a aplicação de doses de lodo de esgoto (3 a 6 Mg ha⁻¹) sustentou níveis adequados de produtividade da soja, preservou atributos biológicos do solo e favoreceu a nodulação, fatores que indiretamente contribuem para um sistema radicular mais ativo e eficiente.

Os resultados obtidos no tratamento T3, com aplicação de 25% de lodo frigorífico, destacaram-se pelo maior número de vagens por planta (90,2) e maior peso de grãos (26,4 g), indicando que o lodo frigorífico, além de favorecer o crescimento vegetativo, também contribui para o aumento da produtividade.

Em contrapartida, a aplicação de 10% de lodo (T2) resultou em reduções significativas em todos os parâmetros analisados, sugerindo que doses muito baixas podem ser insuficientes para suprir as necessidades nutricionais da cultura. Já o tratamento com 50% de lodo (T4) apresentou desempenho intermediário, sugerindo que o excesso de matéria orgânica pode ter limitado o aproveitamento dos nutrientes ou provocado efeitos tóxicos.

Esses achados são consistentes com estudos anteriores que avaliaram o uso de biossólidos na cultura da soja. Por exemplo, Lemainski e Silva (2006) observaram que a aplicação de biossólido em doses de 30 Mg ha⁻¹ proporcionou incremento expressivo na produtividade de grãos de soja, com rendimentos de 3.602 e 3.183 kg ha⁻¹ em dois anos consecutivos, conforme já destacado acima.

Vieira *et al.* (2005) indicaram que a adubação com lodo de esgoto, como fonte de fósforo, pode aumentar a produtividade da soja e melhorar a qualidade dos grãos, sem aumentar o potencial de lixiviação de nitrato.

Desse modo, o tratamento com 25% de lodo frigorífico (T3) foi o mais eficaz, promovendo maior altura das plantas, comprimento das raízes, número de vagens e peso de grãos, superando o tratamento com adubação mineral (T5 - NPK). Isso indica que o lodo, na dose adequada, favorece o crescimento e a produtividade da soja. Em contraste, o tratamento com 10% de lodo (T2) não atendeu às necessidades nutricionais, resultando em menor desempenho, enquanto o tratamento com 50% de lodo (T4) teve desempenho intermediário, sugerindo que doses excessivas podem prejudicar a absorção de nutrientes.

O tratamento com adubação mineral (T5 - NPK) apresentou bom desempenho, mas ficou abaixo do obtido com 25% de lodo, possivelmente porque a adição mineral não melhora a matéria orgânica e a atividade biológica do solo como o lodo.

Os benefícios observados com 25% de lodo estão relacionados à oferta balanceada de nutrientes essenciais, que favorece a fertilidade do solo e o desenvolvimento das plantas. Já a baixa dose de 10% não supriu adequadamente as necessidades nutricionais da soja, enquanto a

alta dose de 50% pode ter causado acúmulo de sais ou metais pesados, prejudicando a absorção e provocando efeitos tóxicos. No caso do NPK, o crescimento foi beneficiado pela disponibilização direta de nutrientes minerais, porém sem o acréscimo dos efeitos positivos da matéria orgânica presente no lodo.

Conclusão

A utilização do lodo de frigorífico tem grande potencial na agricultura, sempre considerando o conhecimento da qualidade do lodo e a necessidade de fertilizantes do solo e da cultura a ser instalada.

Referências Bibliográficas

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB). **Produção de grãos 2024/25 é estimada em 322,3 milhões de toneladas com clima favorável para as culturas de 1ª safra.** Brasília: Companhia Nacional de Abastecimento, 2025.

CORRÊA, J. C.; BÜLL, L. T.; CRUSCIOL, CA. A. C.; TECCHIO, M. A. Aplicação superficial de escória, lama cal, lodos de esgoto e calcário na cultura da soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 44, n. 12, p. 1631–1639, 2009.

EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema brasileiro de classificação de solos.** 5. ed., Brasília, 2018. 356 p.

FAGNANI, Kátia Cristina. **Comparação do potencial energético do lodo gerado no tratamento físico-químico de efluentes provenientes do abate de aves utilizando diferentes coagulantes.** Dissertação (Mestrado em Tecnologia em Bioprodutos Agroindustriais) – Universidade Federal do Paraná, Setor Palotina, Palotina, 2017. 146 f.

FERREIRA, Daniel Furtado. SISVAR: um sistema de análise de variância para dados balanceados. **Revista Symposium**, Lavras, v. 6, n. 2, p. 36–41, 2019.

LEMAINSKI, J.; SILVA, J. E da. Avaliação agronômica e econômica da aplicação de biossólido na produção de soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, n. 10, p. 1513–1520, 2006. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/pab/a/6xHkhLZFCCgQzJjXD8wFzJS/>. Acesso em: 11 maio 2025.

LOBO, T. F.; GRASSI FILHO, H.; CARDOSO, E. J. B. N.; ALMEIDA, L de S.; NOMIYAMA JUNIOR, N. Crescimento e fixação biológica do nitrogênio em soja cultivada com doses de lodo de esgoto compostado. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 33, n. 4, p. 1333–1342, 2012.

LOPES, A. S.; REIS, A. R.; SANTOS, D. B. Efeito de resíduos orgânicos na produção e qualidade de soja. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 40, p. e0150067, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1590/18069657rbcS20150067>.

MELO, W. J.; MARQUES, M. O. Impacto da aplicação de resíduos orgânicos na matéria orgânica e atividade microbiana do solo. **Revista de Agricultura Sustentável**, v. 9, n. 2, p.

45–52, 2019.

NEUMAIER, N.; NEPOMUCENO, A. L.; FARIAS, J. R. B.; OYA, T. Estádios de desenvolvimento da cultura de soja. *In*: EMBRAPA. **Cultura da soja: desenvolvimento e produtividade**, p. 21-44, 2019.

NITSCHKE, P. R.; PAULO HENRIQUE CARAMORI, P. H.; RICCE, W. DA S.; LARISSA FERNANDES DIAS PINTO, L. F. D. **Atlas climático do estado do Paraná** [recurso eletrônico] Londrina (PR): Instituto Agronômico do Paraná, 2019. 210 p.

SILVA, T. S. A. **Torta de filtro e lodo de esgoto na composição de fertilizantes organominerais para a cultura da soja**. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) – Universidade Federal de Uberlândia, 2017. Disponível em: <https://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/23151/5/TortaFiltroLodo.pdf>. Acesso em: 11 maio 2025.

SOUZA, C. A de; REIS JUNIOR, F. B dos; MENDES, I de C.; LEMAINSKI, J.; SILVA, J. E da. Lodo de esgoto em atributos biológicos do solo e na nodulação e produção de soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 44, n. 10, p. 1313–1320, 2009. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/pab/a/6rNV3nx9t7MMWQGmzVwrLhw/>. Acesso em: 11 maio 2025.

VIEIRA, R. F.; TANAKA, R. T.; TSAI, S. M.; PÉREZ, D. V.; SILVA, C. M. M. de S. Disponibilidade de nutrientes no solo, qualidade de grãos e produtividade da soja em solo adubado com lodo de esgoto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 40, p. 919–926, 2005. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/pab/a/GhJ3XwwxC6V63cqnCYh4YjN/>. Acesso em: 11 maio 2025