

Resíduos de estação de tratamento de esgoto no cultivo de soja: influência no desenvolvimento da cultura

Waste from sewage treatment plants used in soybean cultivation: its influence on crop development

Ana Carolina Barbosa Kummer¹; Cácea Furlan Maggi²; Tatiane Bonametti Veiga¹; Helio Grassi Filho³

¹Professora do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Estadual do Centro-Oeste, Irati, Paraná, Brasil. Orcid: 0000-0002-9415-3029. E-mail: ackummer@unicentro.br;

Orcid: 0000-0002-6919-4013. E-mail: tati.veiga@yahoo.com.br

²Professora da Universidade Federal da Fronteira Sul, Campus de Laranjeiras do Sul, Paraná, Brasil.

Orcid: 0009-0009-4566-9844. E-mail: caceea.maggi@uffs.edu.br

³Professor da Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista "Julio de Mesquita Filho", Botucatu, São Paulo, Brasil. Orcid: 0000-0002-9533-4067. E-mail: helio.grassi@unesp.br

RESUMO: Objetivou-se avaliar o efeito da utilização de lodo de esgoto compostado (LEC) e de efluente de esgoto tratado no desenvolvimento de plantas de soja. Os tratamentos foram avaliados a partir do delineamento inteiramente casualizado em arranjo de parcelas subdivididas e variaram em função de níveis e tipos de adubação nitrogenada e da natureza da água de irrigação – potável (AP) e efluente de esgoto tratado (EET). Os sete níveis de adubação nitrogenada foram distribuídos nas duas parcelas, representadas pela irrigação com AP e EET, sendo assim designados: T0 = sem adubação nitrogenada; T1 = 100% de adubação nitrogenada química; T2 = 50% de adubação nitrogenada química + 50% adubação nitrogenada via LEC; T3, T4, T5 e T6 corresponderam à 100, 150, 200 e 250% da adubação nitrogenada proveniente do LEC, respectivamente. A substituição da adubação nitrogenada convencional pelo LEC não alterou significativamente o comportamento das variáveis: altura de planta e massa de 100 grãos, indicando a possibilidade de economia de insumos por meio da substituição da adubação química pela adubação orgânica. A irrigação com EET promoveu incrementos de 37% na massa de matéria seca e 21% na massa de 100 grãos.

Palavras-chave: Água residuária, composto orgânico, irrigação, reuso.

ABSTRACT: *The aim of the present study is to assess the effect of using composted sewage sludge (CSS) and wastewater from a sewage treatment plant (WW) on soybean plants' development. Treatments were assessed through completely randomized design experiments carried out at split-plot arrangements based on nitrogen fertilization levels and types and on irrigation water nature – potable (WP) and wastewater (WW). Seven nitrogen fertilization levels were distributed into two plots represented by irrigation with WP and WW, namely: T0 = without nitrogen fertilization; T1 = 100% chemical nitrogen fertilization; T2 = 50% chemical nitrogen fertilization + 50% nitrogen fertilization via CSS; T3, T4, T5 and T6 corresponded to 100%, 150%, 200% and 250% CSS nitrogen fertilization, respectively. Conventional nitrogen fertilization replacement by CSS did not significantly change the behavior of the assessed variables: plant height and mass of 100 grains. This finding points towards the possibility of saving inputs by replacing chemical fertilization by organic fertilization. Irrigation with wastewater led to 37% increase in dry matter mass and 21% in mass of 100 grains.*

Keywords: *Wastewater, organic compost, irrigation, reuse.*

INTRODUÇÃO

A destinação adequada dos resíduos oriundos das estações de tratamentos de esgotos (ETE), é necessária a fim de minimizar os impactos ambientais e promover a saúde pública. Dentre os resíduos gerados nessas estações, destacam-se o lodo de esgoto e a água residuária, que possuem grande potencial de aproveitamento na agricultura, uma vez que são ricos em macro e micronutrientes, elementos essenciais ao pleno desenvolvimento das plantas.

O uso agrícola de resíduos pode caracterizar-se como uma destinação ambientalmente sustentável para o lodo de esgoto, pois promove a reciclagem de nutrientes, sendo benéfico ao cultivo de plantas e às características físico-químicas e biológicas do solo. É uma alternativa mundialmente consolidada, que no Brasil está limitada a poucos estados (BITTENCOURT *et al.*, 2017).

Muitos trabalhos têm apontado para os benefícios da utilização do lodo e água residuária de ETE em cultivos agrícolas, com reflexos positivos no desenvolvimento e produção de diversas culturas, tais como: aveia, trigo, triticale, girassol, milho, feijão e soja (LOBO, 2010; LACERDA *et al.*, 2011; FREITAS *et al.*, 2012; LOBO *et al.*, 2013; FEITOSA *et al.*, 2015; GOMES, 2016; SILVA, 2022).

Sabe-se que o lodo de esgoto é rico em matéria orgânica e nutrientes, em especial o nitrogênio (N), com potencial de aproveitamento por algumas culturas, entre elas a soja e, segundo Lobo *et al.* (2012), o lodo de esgoto é, em média, 18% mais eficiente do que o fertilizante químico como fonte de nutrientes para cultivo de soja. Além disso, o resíduo pode estimular a formação de nódulos nas raízes das plantas de soja (VIEIRA; TANAKA; SILVA, 2004) e incrementar as taxas de fixação biológica de N na cultura (CURRIE, ANGLE; HILL, 2003), favorecendo o desenvolvimento e a produtividade.

A soja (*Glycine max* (L.) Merrill), uma das mais importantes culturas na economia mundial, é a oleaginosa mais cultivada no mundo (COSTA NETO; ROSSI, 2000), cujo crescimento no Brasil, está associado não somente à expansão de terras com potencial agrícola, mas também aos avanços tecnológicos e científicos no setor produtivo, seja pelo manejo de pragas e doenças ou principalmente pelo manejo dos solos, adubação e calagem (FREITAS, 2011).

De acordo com a Embrapa (2021) o Brasil superou os Estados Unidos na produção de soja, destacando-se que a soja foi considerada o grão do século, dado o crescimento da área cultivada e da produção de grãos, devido a sua versatilidade de uso na alimentação humana, animal e na produção de biocombustível.

O rendimento de grãos da soja depende do potencial genético da cultivar e de fatores como região, clima, solo, disponibilidade hídrica e de nutrientes, que podem limitar a fotossíntese e consequentemente a produtividade da cultura (KUSS *et al.*, 2006). Dessa forma, a literatura sobre o manejo da soja é extensa (EMBRAPA, 1994; FARIAS; NEPOMUCENO; NEUMAIER, 2007), existindo poucas informações sobre o estudo dessa espécie vegetal cultivada com adubação nitrogenada orgânica. De acordo com Taiz e Zieger (2004), o N nas leguminosas é absorvido na forma de N_2 e transformado em NH_4 , a partir do processo simbiótico com bactérias; havendo relatos de que o uso de lodo de esgoto como fertilizante pode estimular ou inibir o processo de nodulação, e mesmo assim promover elevada produtividade.

Segundo Lobo *et al.* (2012), como fonte de nutrientes para cultivo de soja, o lodo de esgoto é, em média, 18% mais eficiente do que o fertilizante químico.

Em estudo desenvolvido por Behling *et al.* (2009) com a cultura da soja, os autores concluíram que o uso de lodo em doses crescentes, em substituição à adubação mineral, incrementou em até 1.224 kg.ha⁻¹ a produção e grãos, melhorando o potencial produtivo da área. Os mesmos autores relataram que a elevada oferta de N mineral para as plantas de soja, pode acarretar, em alta absorção de N do solo, implicando, na redução da fixação biológica de nitrogênio, pois em condições de alta disponibilidade de N, as plantas reduzem a fixação nos nódulos. No entanto Lobo *et al.* (2012) observaram aumento no número de nódulos em função do incremento de lodo de esgoto no solo, até a dose de 20 t.ha⁻¹, com decréscimos a partir desse valor.

Sendo de grande importância os estudos que avaliem os efeitos decorrentes da aplicação de resíduos orgânicos ricos em nitrogênio em leguminosas, este estudo teve como objetivo avaliar o efeito da utilização de lodo de esgoto compostado e água residuária de estação de tratamento de esgoto no desenvolvimento de soja (*Glycine max* L.).

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi desenvolvido em vasos (43L) dispostos em estufa agrícola não climatizada, no Departamento de Solos e Recursos Ambientais da Faculdade de Ciências Agrônomicas – FCA/UNESP, Botucatu-SP.

O preparo do solo, classificado como Latossolo Vermelho Distrófico de textura média (SANTOS *et al.*, 2013), foi realizado com adubações químicas complementares de P₂O₅ e K₂O, de maneira a satisfazer a necessidade nutricional da cultura quanto aos elementos P e K, de acordo com as recomendações propostas por Cantarella *et al.* (2022). Utilizou-se a cultivar Monsoy 7211 RR, adotando-se 8 sementes por vaso, restando 3 plantas após o desbaste.

Os tratamentos foram avaliados a partir do delineamento inteiramente casualizado em arranjo de parcelas subdivididas e variaram em função de níveis e tipos de adubação nitrogenada da natureza da água de irrigação – potável (AP) e efluente de esgoto tratado (EET), utilizando-se 10 repetições por tratamento.

A adubação nitrogenada necessária para o pleno desenvolvimento da cultura (100% do que a planta necessita) foi baseada no trabalho de Lobo *et al.* (2012), resultando numa recomendação de 66 kg.ha⁻¹ de N. Os sete níveis de adubação nitrogenada foram distribuídos nas duas parcelas, representadas pela irrigação com AP e EET, sendo assim designados: T0 = sem adubação nitrogenada; T1 = 100% de adubação nitrogenada química; T2 = 50% de adubação nitrogenada química + 50% adubação nitrogenada via lodo de esgoto compostado (LEC); T3, T4, T5 e T6 corresponderam à 100, 150, 200 e 250% da adubação nitrogenada proveniente do LEC, respectivamente. No cálculo da dose de lodo considerou-se a quantidade de N presente do resíduo (1,10%, **Tabela 1**) em uma taxa de mineralização de 30%.

Tabela 1. Caracterização química do lodo de esgoto compostado.

N (%)	P ₂ O ₅ (%)	MO (%)	C/N	pH
1,10	1,28	20,16	10/1	6,2

O efluente de esgoto tratado (EET) foi proveniente da saída da estação de tratamento de esgotos de Botucatu-SP, enquanto a água potável foi derivada da rede de abastecimento público do próprio município. No decorrer do período experimental (11 semanas), amostras do EET foram coletadas para caracterização em termos de pH, condutividade elétrica, nitrogênio e fósforo. A preservação das amostras ocorreu segundo APHA (2005) e a determinação dos parâmetros físico-químicos segundo metodologia adaptada de Malavolta et. al (1997). Os resultados da caracterização do EET, encontram-se na **Tabela 2**.

Tabela 2. Resultados da caracterização físico-química do efluente de esgoto tratado.

	pH	CE (mS.cm ⁻¹)	N (mg.L ⁻¹)	P (mg.L ⁻¹)
Média geral	7,7	0,4	18,1	3,8

Para distribuição das águas utilizou-se a irrigação localizada por meio de gotejadores autocompensantes, visando repor a evapotranspiração de cultivo, mantendo-se os vasos à 70% da capacidade de campo.

As análises na cultura compreenderam: mensuração de altura de planta (cm) e determinação da massa de matéria seca (MMS) aos 60 dias após a emergência (DAE) (g.planta⁻¹), além da avaliação da massa de 100 grãos (g), ao final do ciclo produtivo, com coleta dos grãos aos 97 DAE.

Todos os resultados foram submetidos à análise de variância e teste de comparação de médias (Tukey) a 5% de significância. Para os tratamentos que receberam somente lodo de esgoto (T3, T4, T5 e T6), adotou-se a análise de regressão na presença de significância a 5%.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

O LEC e o EET impactaram significativamente no crescimento da soja, com interação significativa entre os dois fatores para a variável altura de planta, onde obteve-se maior média no T0 irrigado com EET (**Tabela 3**). Ainda em relação aos tratamentos controle (T0), é observado que o EET proporcionou incremento de 23% na altura de plantas, se comparado à parcela irrigada com AP.

Freitas *et al.* (2012), ao estudarem os efeitos do uso de esgoto doméstico tratado e água de poço em plantas de girassol, também observaram que as médias de altura de planta foram superiores quando se utilizou água de reuso. Em estudo realizado por Alves *et al.* (2018), os autores não verificaram diferença de crescimento na cultura do milho, entre o tratamento controle (água limpa) e os tratamentos com efluente de esgoto tratado (EET). Por outro lado, Gomes (2016), estuando o efeito da irrigação com EET na cultura da soja, em vasos, não observou diferença nas médias de altura de plantas, aos 55 e 75 DAE, entre os tratamentos que receberam EET e AP. No entanto, foi observado que aos 95 DAE, houve diferença significativa, onde o EET promoveu incrementos de aproximadamente 48% na altura de planta em relação à irrigação com AP.

Comparando-se os tratamentos que receberam a mesma quantidade de N (T1, T2 e T3), nota-se que, quando irrigados com AP, o melhor resultado de altura foi obtido no T1 (100% de adubação nitrogenada química) sem diferir estatisticamente do T2 (metade química + metade orgânica). Já na parcela irrigada com EET, não foi observada diferença

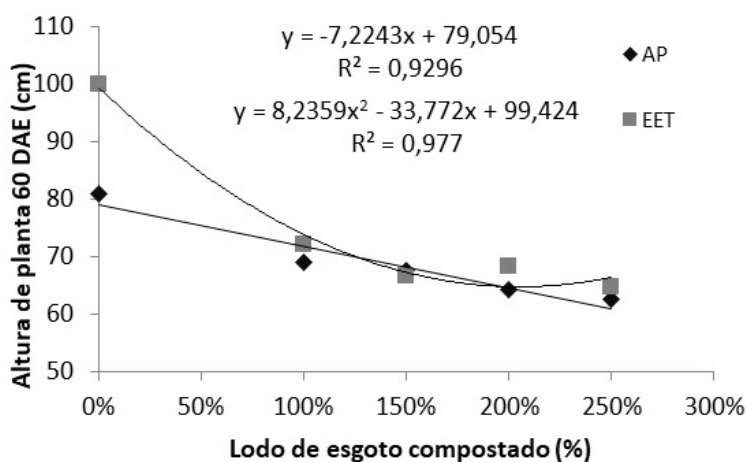
estatística entre as médias de altura de planta entre esses tratamentos (T1, T2 e T3), sinalizando para a possibilidade de substituição da adubação química pela orgânica, sem prejuízos ao desenvolvimento da cultura. No mais, doses crescentes de LEC no solo limitaram o crescimento da soja (**Figura 1**).

Tabela 3. Resultados médios da altura de plantas de soja, massa de matéria seca e massa de 100 grãos.

Tipo de Água	Tratamentos							Média
	T0	T1	T2	T3	T4	T5	T6	
Altura de planta 60 DAE (cm)								
AP	81,0 ^{Ba}	91,1 ^{Aab}	73,2 ^{Abc}	69,1 ^{Abcd}	67,6 ^{Acdd}	64,3 ^{Ad}	62,7 ^{Ad}	-
AR	100,0 ^{Aa}	75,1 ^{Bb}	79,8 ^{Ab}	72,2 ^{Ab}	66,6 ^{Ab}	68,4 ^{Ab}	64,7 ^{Ab}	-
CV1(%) = 16,1; CV2(%) = 12,5; DMS1 = 9,6; DMS2 = 13,0								
Massa de matéria seca 60 DAE (g.planta ⁻¹)								
AP	-	-	-	-	-	-	-	12,1 ^B
AR	-	-	-	-	-	-	-	16,6 ^a
CV1(%) = 17,4; DMS3 = 0,9								
Massa de 100 grãos (g)								
AP	-	-	-	-	-	-	-	15,2 ^B
AR	-	-	-	-	-	-	-	18,6 ^a
Média	13,6 ^b	17,3 ^a	17,3 ^a	17,3 ^a	16,7 ^a	17,1 ^a	19,0 ^a	
CV1(%) = 7,9; CV2(%) = 13,0; DMS3 = 0,5; DMS4 = 2,4								

T0: sem adubação nitrogenada; T1: 100% de adubação nitrogenada química; T2: 50% de adubação nitrogenada química + 50% de adubação nitrogenada via lodo de esgoto compostado - LEC; T3, T4, T5 e T6: 100, 150, 200 e 250% da adubação nitrogenada via LEC, respectivamente. AP: água potável; AR: água residuária; CV1: coeficiente de variação da parcela; CV2: coeficiente de variação da subparcela; DMS1: diferença mínima significativa da parcela dentro da subparcela; DMS2: diferença mínima significativa da subparcela dentro da parcela; DMS3: diferença mínima significativa da parcela; DMS4: diferença mínima significativa da subparcela. Médias seguidas de mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Figura 1. Altura de planta aos 60 dias após a emergência, em função da aplicação de 0, 100, 150, 200 e 250% de lodo de esgoto compostado, equivalente a 0, 66, 99, 132 e 165 kg ha⁻¹ de N.



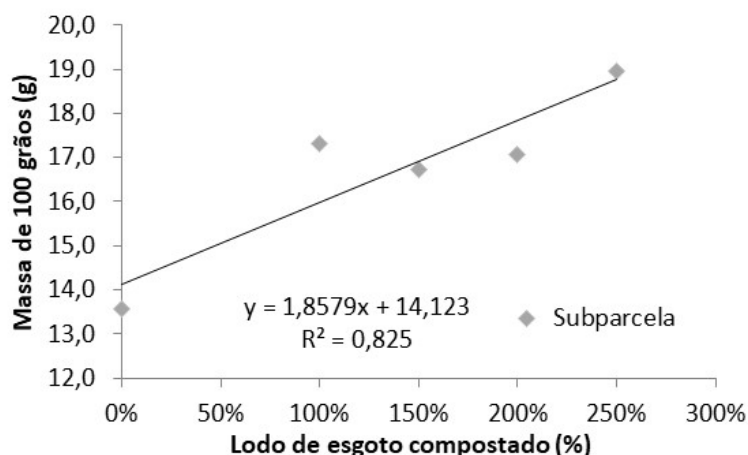
Tanto para a massa de matéria seca quanto para a massa de 100 grãos (M100), não foi constatada interação significativa entre parcela e subparcela, indicando que somente os tipos de água e/ou os níveis de adubação tiveram influência sobre essas variáveis (**Tabela 3**). Nesse sentido, o EET proporcionou incrementos de 37% na MMS e 21% na M100, quando comparado com a irrigação com AP.

Resultados divergentes foram encontrados por Melo *et al.* (2020), estudando água residuária de ETE como alternativa na irrigação do feijão. Os autores observaram decréscimos nas médias de altura de planta e MMS ao utilizarem água residuária. Por outro lado, Lacerda *et al.* (2011), verificaram aumento significativo na altura e fitomassa seca de plantas de feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis*) irrigadas com água residuária de lagoa de estabilização de tratamento de esgoto doméstico em comparação às plantas irrigadas com água de abastecimento. Feitosa *et al.* (2015) também observaram efeitos significativos na massa seca de folhas de feijão caupi irrigadas com água residuária, encontrando resultados superiores quando comparado à irrigação com água de poço. Gomes (2016) também verificou incremento de mais de 100% na MMS em plantas de soja irrigadas com água residuária de ETE em relação à AP.

Freitas *et al.* (2012) e Lacerda *et al.* (2011), ainda sugerem que os nutrientes presentes na água residuária podem ser responsáveis pelo melhor desempenho vegetativo de algumas culturas, como o observado neste estudo por meio das variáveis altura de planta (T0), MMS e M100 (**Tabela 3**).

Para a variável M100, ao se comparar todos os tratamentos, nota-se que, somente o T0 diferiu significativamente dos demais tratamentos (**Tabela 3**), com a menor média, e que não houve diferença entre os tratamentos com LEC. No entanto, ao se realizar a análise de variância para o teste de regressão, somente entre os tratamentos que receberam lodo de esgoto e o controle (T0), verificou-se diferença significativa (p -valor < 0,05) na subparcela (**Figura 2**).

Figura 2. Massa de 100 grãos, em função da aplicação de 0, 100, 150, 200 e 250% de lodo de esgoto compostado, equivalente a 0, 66, 99, 132 e 165 kg ha⁻¹ de N.



Dessa forma, foi possível observar que, independentemente da água utilizada na irrigação, o lodo de esgoto teve efeito positivo sobre a M100, onde o incremento do composto orgânico no solo elevou as médias dessa variável. Para MMS, a análise de variância para o teste de regressão não foi significativa (p -valor > 0,05).

Gomes (2022), verificou que o uso de biossólido reduziu a média da M100 de plantas de feijoeiro. Lobo *et al.* (2013), concluíram que o aumento da dose de lodo no solo proporcionou incremento no rendimento de grãos de triticale e não influenciou no rendimento de matéria seca e massa de 1000 grãos. Já Silva (2022), estudando os efeitos na soja decorrentes da aplicação de doses crescentes de composto de lodo de esgoto no solo, verificou que o resíduo orgânico elevou as médias da M100 e altura de planta, assim como neste estudo.

CONCLUSÕES

A substituição da adubação nitrogenada química pelo lodo de esgoto compostado (LEC) não alterou significativamente o comportamento das variáveis: altura de planta e massa de 100 grãos, indicando a possibilidade de economia de insumos através da substituição da adubação química pela adubação orgânica.

O LEC em doses crescentes no solo, limitou o crescimento das plantas de soja, não influenciou significativamente o comportamento da massa de matéria seca e teve efeito positivo sobre a massa de 100 grãos.

A irrigação com efluente de esgoto tratado (EET) promoveu incrementos de 37% na massa de matéria seca e 21% na massa de 100 grãos.

Nos tratamentos que não receberam adubação nitrogenada complementar (química ou orgânica no solo), o uso de EET elevou as médias de altura de planta.

REFERÊNCIAS

ALVES, P. F. S.; SANTOS, S. R.; KONDO, M. K.; ARAÚJO, E. D.; OLIVEIRA, P. M. Fertirrigação do milho com água residuária sanitária tratada: crescimento e produção. **Revista Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 23, n. 5, p. 833-839, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1413-41522018136152>

APHA - American Public Health Association. **Standard Methods of the Examination of Water and Wastewater**. USA: Washington, 2005.

BEHLING, M.; DIAS, F. C.; AMARAL SOBRINHO, N. M. B.; OLIVEIRA, C.; MAZUR, N. Nodulação, acúmulo de nitrogênio no solo e na planta e produtividade de soja em solo tratado com lodo de estação de tratamento de resíduos industriais. **Bragantia**, v. 68, p. 453-462, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0006-87052009000200020>

BITTENCOURT, S.; AISSE, M.M.; SERRAT, B.M. Gestão do uso agrícola do lodo de esgoto: estudo de caso do estado do Paraná, Brasil. **Revista Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 22, n. 6, p. 1129-1139, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1413-41522017156260>

COSTA NETO, P. R.; ROSSI, L. F. S. Produção de biocombustível alternativo ao óleo diesel através da transesterificação de óleo de soja usado em fritura. **Revista Química Nova**, v. 23, p. 4, 2000. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-40422000000400017>

CURRIE, V. C.; ANGLE, J. S.; HILL, R. L. Biosolids application to soybeans and effects on input and output of nitrogen. **Agriculture, ecosystems & environment**, v. 97, n. 1, p. 345-351, 2003. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0167-8809\(03\)00134-8](https://doi.org/10.1016/S0167-8809(03)00134-8)

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Brasil: líder mundial na produção de soja**. 2021. Londrina: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária Soja. Disponível em: <https://blogs.canalrural.com.br/embrapasoja/2021/05/17/brasil-lider-mundial-na-producao-de-soja/>. Acesso em: 01 set. 2023.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Soja: recomendações técnicas para o Mato Grosso do Sul e Mato Grosso**. Dourados: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 1994, 121p. (Circular técnica, 1).

FARIAS, J. R.; NEPOMUCENO, A. L.; NEUMAIER, N. **Ecofisiologia da soja**. 1 ed. Londrina: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 2007. (Circular técnica).

FEITOSA, S. O.; SILVA, S. L.; FEITOSA, H. O.; CARVALHO, C. M.; FEITOSA, E. O. Crescimento do feijão caupi irrigado com diferentes concentrações efluente tratado e água salina. **Revista Agropecuária Técnica**, v. 36, n. 1, p. 146-155, 2015. DOI: <https://doi.org/10.25066/agrotec.v36i1.23360>

FREITAS, C. A. S.; SILVA, A. R. A.; BEZERRA, F. M. L.; ANDRADE, R. R.; MOTA, F. S. B.; AQUINO, B. F. Crescimento da cultura do girassol irrigado com diferentes tipos de água e adubação nitrogenada. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 16, n. 10, p. 1031-1039, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1415-4366201200100001>

FREITAS, M. C. M. A cultura da soja no Brasil: o crescimento da produção brasileira e o surgimento de uma nova fronteira agrícola. **Enciclopédia Biosfera**, v. 7, n. 12, p. 01-12, 2011.

GOMES, E. R. **Aplicação de água residuária e deficiência hídrica em espécies de interesse agrônomo**. 157 p. Tese (Doutorado em Agronomia – Irrigação e Drenagem) – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Faculdade de Ciências Agrônomicas, Botucatu, SP, 2016.

GOMES, J. W. S. **Uso de biossólido em feijoeiro submetido a deficiência hídrica**. 106 p. Tese (Doutorado em Agronomia – Irrigação e Drenagem) – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Faculdade de Ciências Agrônomicas, Botucatu, SP, 2022.

KUSS, R. C. R. **Populações de plantas e estratégias de irrigação na cultura da soja**. 80 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de água e Solo) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2006.

LACERDA, P. M.; RODRIGUES, R. F.; NALINI JÚNIOR, H. A.; MALAFAIA, G.; RODRIGUES, A. S. L. Influência da irrigação com águas residuárias no desenvolvimento de feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis*). **Revista Acadêmica: Ciências Agrárias e**

Ambientais, v. 9, n. 2, p. 159-168, 2011. DOI:
<https://doi.org/10.7213/cienciaanimal.v9i2.11768>

LOBO, T. F. **Manejo de lodo de esgoto em rotações de culturas no sistema de plantio direto**. 198 f. Tese (Doutorado em Agricultura) - Universidade estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2010.

LOBO, T. F.; GRASSI FILHO, H.; BULL, L. T.; OLIVEIRA, M. R. Influência do lodo de esgoto compostado e do N mineral na produtividade e nutrição do triticale. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 8, n. 4, p. 223-231, 2013.

LOBO, T. F.; GRASSI FILHO, H.; CARDOSO, E. J. B., N.; ALMEIDA, L. S.; NOMIYAMA JUNIOR, N. Crescimento e fixação biológica do nitrogênio em soja cultivada com doses de lodo de esgoto compostado. **Revista Semina: Ciências Agrárias**, v. 33, n. 4, p. 1333-1342, 2012. DOI: <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2012v33n4p1333>

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2.ed. Piracicaba: Potafos, 1997. 319p.

MELO, M. R. M.; SOUSA, F. G. G.; CARVALHO, R. S. C.; GRASSI FILHO, H.; KLAR, A. E. Água residuária como alternativa de irrigação em duas cultivares de feijão. **Revista Irriga**, v. 25, n. 2, p. 388-401, 2020. DOI: <https://doi.org/10.15809/irriga.2020v25n2p388-401>

CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; MATTOS JR., D.; BOARETTO, R. M.; VAN RAIJ, B. Van et al. **Boletim 100: Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. Campinas: Instituto Agrônomo/ Fundação IAC. 2022.

SANTOS, H. G. dos; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C. dos; OLIVEIRA, V. A. de; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R. et al. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3. ed. rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2013. 353 p.

SILVA, M. B. **Efeito residual do composto de lodo de esgoto na ciclagem e no metabolismo de nitrogênio na rotação feijão-*urochloa brizantha*-soja em sistema plantio direto no Cerrado**. Dissertação (Mestrado Sistemas de Produção) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Ilha Solteira, SP, 2022.

TAÍZ, L.; ZIEGER, E. **Fisiologia vegetal**. Trad. SANTARÉM, E.R. et al., 3º ed., Porto Alegre: Artmed, 2004, p.719.

VIEIRA, R. F.; TANAKA, R. T.; SILVA, C. M. M. S. **Utilização do lodo de esgoto na cultura da soja**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente. 2004. 26 p. (Embrapa Meio Ambiente. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 21).

Recebido em: 14/09/2023

Aprovado em: 29/12/2023