



QUALIDADE DO BIOFERTILIZANTE PRODUZIDO PELA CO-DIGESTÃO ANAERÓBIA DE BAGAÇO DE CANA-DE-AÇÚCAR E DEJETO BOVINO APLICADO EM GERMINAÇÃO DE SEMENTES DE ALFACE

DOI: <http://dx.doi.org/10.55449/conresol.6.23.XII-017>

Igor de Souza Batista*, Edson José Amaral, Eduarda Lorençon, Larissa Maria Silveira Pereira, Thiago Edwiges

* Universidade Tecnológica Federal do Paraná, igor.igor.souza@gmail.com.

RESUMO

O bagaço de cana-de-açúcar e o dejetos bovino gerados nas atividades agropecuárias podem ser tratados por meio da co-digestão anaeróbia, na qual é gerado o digestato que pode, dependendo das características, possuir propriedades agronômicas. Sendo assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar a qualidade agronômica de digestato produzido a partir da co-digestão anaeróbia de bagaço de cana-de-açúcar pré-tratado com solução química alcalina e dejetos bovino em reator de mistura completa. Foram utilizados dois digestatos de composições distintas, sendo T1 o digestato produzido a partir da co-digestão de bagaço de cana-de-açúcar e dejetos bovino, e o tratamento T2 sendo o digestato proveniente da co-digestão dos mesmos substratos, contudo com bagaço pré-tratado. Quatro diluições distintas do digestato foram aplicados em bioensaios de germinação de sementes de alface (*Lactuca sativa*), para obtenção do índice de qualidade de Dickson (IQD). Foi constatado que os tratamentos T2 com diluição digestato:água destilada de 20:80 e T1 com as diluições digestato:água destilada de 10:90 e 20:80 podem ser considerados biofertilizantes, pois obtiveram IQD superior ao tratamento controle. Quando comparado os tratamentos T1 e T2, foi possível observar que o IQD da diluição digestato:água destilada de 20:80 do tratamento T2 foi superior ao IQD das diluições do tratamento T1, indicando que o pré-tratamento químico do bagaço de cana-de-açúcar foi benéfico para a qualidade agronômica do digestato. Sendo assim, a utilização de digestato como biofertilizante depende de aspectos como o substrato utilizado no processo de digestão anaeróbia, das condições operacionais do reator e das diluições de digestato aplicadas à produção vegetal para avaliação de qualidade agronômica do digestato.

PALAVRAS-CHAVE: Digestato; produção vegetal; resíduo agropecuário; sustentabilidade.

ABSTRACT

The sugarcane bagasse and cattle manure generated in agricultural activities can be treated by anaerobic co-digestion, in which the generated digestate can, depending on the characteristics, have agronomic properties. Thus, the objective of this study was to evaluate the agronomic quality of digestate produced from the anaerobic co-digestion of sugarcane bagasse pretreated with alkaline chemical solution and cattle manure in a complete mixture reactor. Two digestates of different compositions were used, T1 being the digestate produced from the co-digestion of sugar cane bagasse and cattle manure, and T2 being the digestate from the co-digestion of the same substrates, but with pre-treated bagasse. Four different dilutions of the digestate were applied in bioassays of lettuce (*Lactuca sativa*) seed germination, to obtain Dickson's quality index (DQI). It was found that treatments T2 with digestate:distilled water dilution of 20:80 and T1 with digestate:distilled water dilutions of 10:90 and 20:80 can be considered biofertilizers, because they obtained a higher DQI than the control treatment. When comparing treatments T1 and T2, it was possible to observe that the DQI of the digestate:distilled water dilution of 20:80 of treatment T2 was higher than the DQI of the dilutions of treatment T1, indicating that the chemical pre-treatment of sugarcane bagasse was beneficial to the agronomic quality of the digestate. Thus, the use of digestate as a biofertilizer depends on aspects such as the substrate used in the anaerobic digestion process, the operating conditions of the reactor, and the dilutions of digestate applied to plant production to evaluate the agronomic quality of the digestate.

KEY WORDS: Digestate; vegetable production; agricultural waste; sustainability.



INTRODUÇÃO

O setor agropecuário é um dos pilares da economia brasileira sendo responsável por 24,8% do PIB do país (CEPEA, 2022). Dentre as atividades do ramo, a produção de cana-de-açúcar no Brasil representa cerca de 8% do valor total agrícola, com uma produção que gira em torno de 700 milhões de toneladas por ano. Além disso, a prática de bovinocultura também possui dados expressivos no setor econômico do país com uma produção anual de 9 milhões de toneladas por ano (IBGE, 2021).

Em consequência da dimensão destas atividades, o bagaço da cana-de-açúcar e o dejetos bovino tomam proporções significativas no quesito resíduo sólido. Contudo, a biomassa gerada por essas atividades pode ser aproveitada para produção de biofertilizante por meio da co-digestão anaeróbia. O processo consiste na combinação de diferentes tipos de resíduos de forma com que aumente a eficiência da digestão anaeróbia e equilibre as condições do reator, além de obter melhor aproveitamento do resíduo e diminuir o risco de inibição do processo (MATA-ALVAREZ et al., 2014).

O digestato é um dos produtos do processo da co-digestão anaeróbia contendo alto teor de nutrientes que, quando verificada sua eficácia e característica bioestimulante, pode ser utilizado como biofertilizante. Sua utilização possui o potencial de evitar o uso de fertilizantes minerais, melhorar a qualidade do solo e reduzir custos. Entretanto, deve-se associar a determinação de sua composição e toxicidade, pois pode conter patógenos dependendo do resíduo utilizado na co-digestão (SIMON et al., 2022). Dentre os testes realizados com o digestato, o teste de germinação avalia a capacidade e a viabilidade germinativa das sementes em relação ao biofertilizante. O experimento utiliza a alface (*Lactuca sativa*) para análise por ser uma hortaliça altamente sensível ao estresse químico, além de apresentar rápida reidratação e germinação garantindo a reprodução do ensaio (YOUNG et al., 2011).

OBJETIVOS

Avaliar a qualidade agrônômica do digestato produzido a partir do processo de co-digestão anaeróbia de bagaço de cana-de-açúcar pré-tratado com solução química alcalina e dejetos bovino em reator de mistura completa aplicado em bioensaios de germinação de sementes de alface (*Lactuca sativa*).

METODOLOGIA

Foram avaliados diferentes digestatos gerados pela co-digestão anaeróbia utilizando bagaço de cana-de-açúcar pré-tratado com solução de NaOH 5% (m/v) e dejetos bovino em reator de mistura completa em escala de bancada (volume operacional de 5 L), operado em temperatura mesofílica de 37 °C. Deste modo, foram definidos os seguintes tratamentos: dejetos bovino com bagaço de cana-de-açúcar sem pré-tratamento (T1) e dejetos bovino com bagaço de cana-de-açúcar com pré-tratamento de NaOH 5% (T2).

Para determinar a qualidade agrônômica dos digestatos foram utilizadas adaptações da metodologia de Dickson, Leaf e Hosner (1960), em que as amostras de digestato foram diluídas em água destilada nas proporções de 1:99, 10:90, 20:80, 100:0 (digestato:água destilada), sendo divididos em dois tratamentos e quatro níveis, o tratamento T1 sendo o digestato produzido a partir da co-digestão de bagaço de cana-de-açúcar e dejetos bovino, e o tratamento T2 sendo o digestato proveniente da co-digestão dos mesmos substratos, contudo o bagaço foi pré-tratado, já os níveis se referem as proporções de diluição, 1:99 (A), 10:90 (B), 20:80 (C), 100:0 (D), para o controle (CT) foi utilizada a diluição de 0:100. Posteriormente, foram determinados o pH pelo método 4500 H⁺ (APHA, 2005) e a condutividade elétrica (CE) (PARRON et al., 2011) de cada diluição dos digestatos.

Para a montagem do experimento foram utilizadas bandejas plásticas de mudas de hortaliças com furos na parte inferior, os quais foram vedados de modo que não permitissem a passagem de sólidos e/ou líquidos. Foi utilizada areia como material estruturante, sendo esta previamente autoclavada em temperatura de 121 °C durante 15 min.

As células da bandeja (com capacidade de 22,5 mL cada) foram preenchidas com a areia e após seu preenchimento duas sementes de alface foram enterradas a aproximadamente 2 cm de profundidade, sendo realizadas 5 repetições para cada tratamento (Figura 1). Posteriormente, as células foram umidificadas com as diluições dos digestatos e a bandeja foi incubada em estufa B.O.D. (SOLAB/SL-225) durante 30 dias em temperatura de 19 °C e exposta à iluminação artificial intermitente, configurada para manter 16 horas com iluminação e 8 horas sem iluminação. Durante os 30 dias de experimento a bandeja foi rotacionada diariamente para manter as condições de iluminação para toda as células. Além



disso, cada célula foi umidificada diariamente com adição de 3 mL de água destilada para manter as condições de germinação e desenvolvimento das mudas.

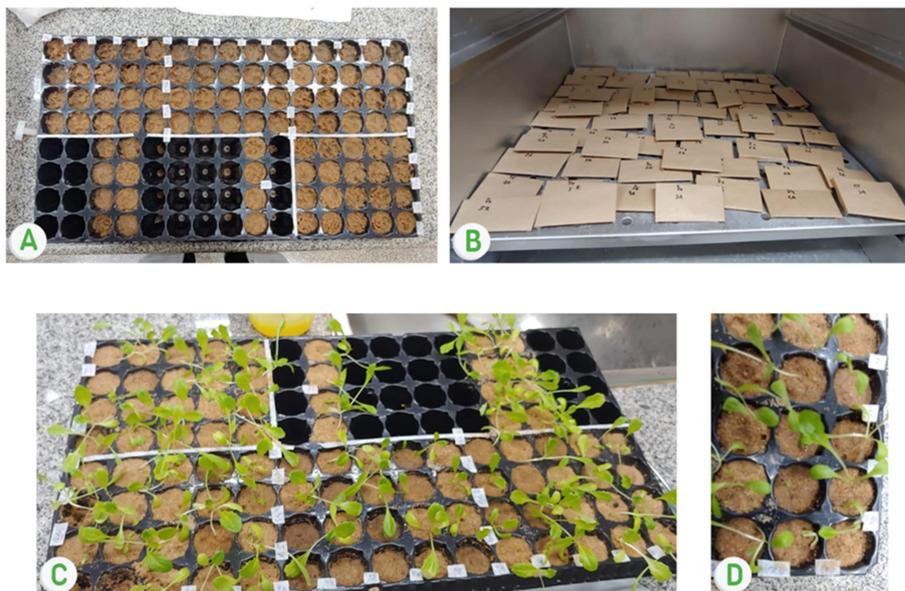


Figura 1: Experimento de avaliação da qualidade agrônômica dos digestatos (A, C e D) e determinação da massa seca das plantas (B). Fonte: Autor do Trabalho.

Após o período de 30 dias do plantio das sementes, foram determinados os seguintes parâmetros fitométricos: altura da parte aérea (HPA), altura da raiz (HR), massa fresca da parte aérea (MFPA), massa fresca da raiz (MFR), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca da raiz (MSR) e diâmetro do coleto (DC). O diâmetro do coleto foi medido por meio da utilização de paquímetro digital com precisão de 0,01 mm e a altura da parte aérea e da raiz foi utilizada régua milimetrada, medindo-se da base do colo até o ápice da planta. Após isto, a parte aérea foi separada da raiz por meio de corte na base do colo, seguido da lavagem em água corrente. Posteriormente, as amostras vegetais (parte aérea e raiz) foram acondicionadas separadamente em sacos de papel kraft e colocadas em estufa com circulação de ar forçada em temperatura de 60 °C durante 24 horas ou até atingimento de massa constante.

Por fim, para o cálculo do índice de qualidade de mudas (índice de qualidade de Dickson - IQD) foi utilizada a Eq. 1 (DICKSON; LEAF; HOSNER, 1960).

$$\text{IQD} = \frac{\text{MST}}{\frac{\text{HPA}}{\text{DC}} + \frac{\text{MSPA}}{\text{MSR}}} \quad \text{Equação (1)}$$

Em que:

IQD: índice de qualidade de Dickson;

MST: massa seca total (g);

HPA: altura da parte aérea (cm);

DC: diâmetro do coleto (mm);

MSPA: massa seca da parte aérea (g);

MSR: massa seca da raiz (g).

**RESULTADOS**

Os valores de pH dos biofertilizantes ficaram entre 7,27 e 8,02 (Tabela 1), os quais são similares aos encontrados por Oliveira Júnior et al. (2020) entre 6,41 e 7,64, no qual avaliou a qualidade da muda de alface a partir da aplicação de diferentes concentrações de composto orgânico. Ademais, ressalta-se que já eram previstos valores de pH mais elevados no tratamento T2 por conta do digestato ser oriundo de bagaço de cana-de-açúcar pré-tratado com solução de NaOH. Em relação à CE dos biofertilizantes, os valores ficaram na faixa de 0,09 a 18,74 mS/cm. Contudo, Meng et al. (2019) recomenda valores de CE abaixo de 4,0 mS/cm, ou seja, somente a metade das amostras diluídas de digestato e o controle obtiveram CE apropriada segundo o autor. Destaca-se que valores elevados de CE como dos tratamentos T1D e T2C, podem impactar tanto nas propriedades do solo, quanto na germinação de sementes devido ao excesso de nutrientes, principalmente sais como NaCl, NaNO₃ e CaSO₄.

Tabela 1: Parâmetros obtidos inicialmente de condutividade elétrica e pH dos digestatos conforme suas diluições. Fonte: Autor do Trabalho.

Parâmetro	Biofertilizantes								
	CT	T1				T2			
Diluição	(0:100)	A (1:99)	B (10:90)	C (20:80)	D (100:0)	A (1:99)	B (10:90)	C (20:80)	D (100:0)
CE	0,09 ±0,01	N.D.	0,69 ±0,01	1,42 ±0,01	6,21 ±0,02	0,24 ±0,01	0,68 ±0,01	7,28 ±0,01	18,74 ±0,03
pH	8,45 ±0,01	7,89 ±0,01	8,02 ±0,01	7,94 ±0,01	7,80 ±0,01	7,96 ±0,01	7,89 ±0,01	7,27 ±0,01	7,92 ±0,01

Legenda: CT – Controle; T1 – Dejeito bovino e bagaço sem pré-tratamento; T2 – Dejeito bovino e bagaço com pré-tratamento de NaOH; CE – Condutividade Elétrica (mS/cm); CE; pH – Potencial Hidrogeniônico; ND – Não detectado.

Foram percebidas que as maiores médias dos valores de IQD foram de 0,0019 g, 0,0014 g e 0,0014 g para os tratamentos T2C, T1B e T1C, respectivamente (Figura 2). Além disso, o tratamento T2C obteve o maior teor de massa seca total (MSPA + MSR) quando comparado aos outros tratamentos e ao controle. Em comparação à pesquisa de Viegas e Maran (2019), foram notados que os maiores valores de IQD foram de 0,0034 e 0,0026 para a alface americana e cresa, respectivamente. Segundo Caldeira et al. (2007), o valor de IQD pode ser considerado um parâmetro adequado para indicação de qualidade de mudas, de modo que quanto maior esse indicador, melhor seria sua qualidade. Além disso, o cálculo pela equação do IQD se destaca por considerar os dados referentes a parte aérea e raízes, como altura e teor de massa seca.

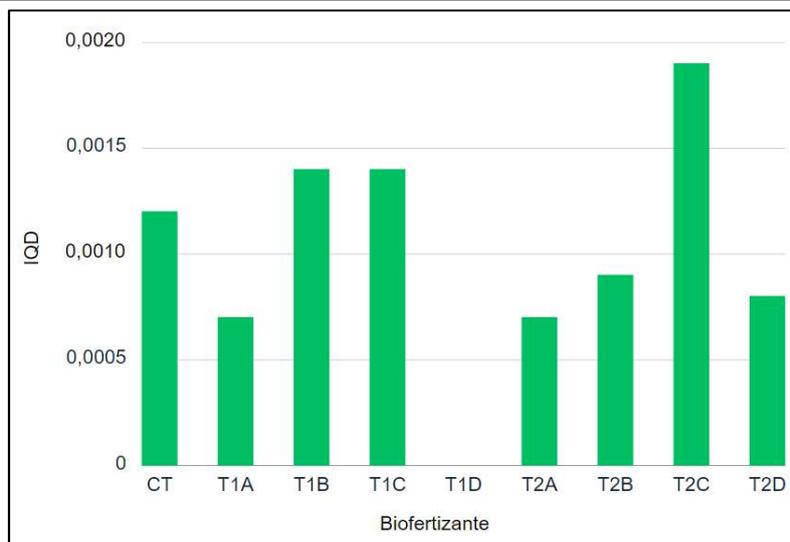


Figura 2: Índice de qualidade de Dickson (IQD) dos digestatos conforme suas diluições. Fonte: Autor do Trabalho.

Outro fator que fora observado ao final do experimento foi que os maiores valores de IQD não resultaram necessariamente em maiores teores de massa seca total, visto que a segunda e a terceira maior média de IQD, referente aos tratamentos T1B e T1C, obtiveram valor de massa seca total de 0,019 g, valor este menor do que o teor de massa seca total do controle que foi de 0,023 g. Também foi notada que não houve semelhança quanto à constatação de Carneiro (1995), que observou que quanto maior o diâmetro do coleto, maior seria o crescimento em altura visto a necessidade da sustentação adequada das plantas, devido ao crescimento de sua parte aérea.

Tabela 2: Parâmetros fitométricos médios das plantas e índice de qualidade de Dickson dos digestatos conforme suas diluições. Fonte: Autor do Trabalho.

Biofertilizante	DC*	HPA*	HR	MFPA*	MFR*	MSPA*	MSR*	IQD*
	(mm)	(cm)	(cm)	(g)	(g)	(g)	(g)	
CT	0,922	7,880	4,640	0,108	0,011	0,021	0,002	0,0012
T1A	0,554	6,100	3,880	0,070	0,011	0,010	0,002	0,0007
T1B	0,732	5,806	3,224	0,082	0,016	0,016	0,003	0,0014
T1C	0,746	5,888	4,978	0,110	0,015	0,016	0,003	0,0014
T1D	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	N.D.
T2A	0,640	5,140	3,620	0,045	0,008	0,008	0,001	0,0007
T2B	0,738	6,200	4,120	0,068	0,011	0,010	0,002	0,0009
T2C	0,676	4,330	3,300	0,111	0,017	0,022	0,003	0,0019
T2D	0,652	5,476	4,260	0,055	0,008	0,011	0,002	0,0008

Legenda: DC – Diâmetro do coleto (mm), HPA – Altura da parte aérea (cm); HR – Altura da raiz (cm); MFPA – Massa fresca da parte aérea (g); MFR – Massa fresca da raiz (g); MSPA – Massa seca da parte aérea (g); MSR – Massa seca da raiz (g); IQD – Índice de qualidade de Dickson; N.D. – Não determinado; * – Parâmetros que apresentaram diferença significativa por meio de teste estatístico de ANOVA ($p < 0,05$).

Essas diferenciações identificadas referentes às variações de IQD, da relação entre diâmetro do coleto e crescimento em altura quando comparados a outros pesquisadores, além da não germinação do tratamento T1D, podem ser justificadas pelos diferentes tratamentos, que poderiam ser fitoestimulantes ou apresentar fitotoxicidade de acordo com suas características. Além disso, destaca-se que na presente pesquisa, o meio suporte para o experimento foi areia (material inerte), fato este não visto em algumas outras pesquisas, como, por exemplo, a desenvolvida por Viegas e Maran (2019)



onde foi utilizado como meio suporte solo, este que pode propiciar melhores condições para o desenvolvimento por meio de sua composição mineralógica e sendo fonte de nutrientes aos vegetais.

CONCLUSÕES

Comparando os tratamentos T1 e T2, foi possível verificar que a diluição digestato:água destilada de 20:80 do tratamento T2 (T2C) foi superior ao controle e aos melhores desempenhos de IQD do tratamento T1, indicando que foi possível obter um melhor desempenho com aplicação do pré-tratamento químico. Foi observado que apenas os tratamentos T2C, T1B e T1C podem ser considerados biofertilizantes, pois tiveram desempenho superior ao controle (CT), indicando uma possível diluição ideal com proporção de 10:90 ou 20:80 para utilização do digestato proveniente da co-digestão sem pré-tratamento e de 20:80 para o digestato proveniente da co-digestão com pré-tratamento (DICKSON, LEAF E HOSNER, 1960), visto seu efeito fitoestimulante aos vegetais. Sendo assim, conclui-se que a digestão anaeróbia gera efluentes que podem ou não apresentarem características fitoestimulantes, sendo classificados então como biofertilizante. A qualidade agrônômica e o efeito na produção vegetal dependem do substrato utilizado, das configurações do reator e das diluições aplicadas para a posterior aplicação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. APHA. AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. Standard methods for the examination of water and wastewater. 21st ed. Washington: American Water Works Association, 2005. 1368 p.
2. CALDEIRA, Marcos Vinicius Winckler; MARCOLIN, Moacir; MORAES, Eclair; SCHAADT, Suélen Schaad. Influência do resíduo da indústria do algodão na formulação de substrato para produção de mudas de *Schinus terebinthifolius* Raddii, *Archontophoenix alexandrae* Wendl. et Drude e *Archontophoenix cunninghamiana* Wendl. ET Drude. *Ambiência*, Guarapuava, v. 3, n. 3, p. 311-323, 2007.
3. CEPEA. CENTRO DE ESTUDOS AVANÇADOS EM ECONOMIA APLICADA. PIB do agronegócio brasileiro. São Paulo, 2022.
4. CARNEIRO, José Geraldo de Araújo Produção e controle de qualidade de mudas florestais. UFPR/FUPEF/Campos: UNEF, 1995, 451 p.
5. DICKSON, Alexander.; LEAF, Albert. L.; HOSNER, John. F. Quality appraisal of white spruce and white pine seedling stock in nurseries. *The Forestry Chronicle*, v. 36, n. 1, p. 10-13, 1960.
6. IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Produção agropecuária: Produção de bovinos abatidos. Rio de Janeiro, 2021.
7. MENG, Xingyao; LIU, Bin; ZHANG, Huan; WU, Jingwei; YUAN, Xufeng; CUI, Zongjun. Co-composting of the biogas residues and spent mushroom substrate: Physicochemical properties and maturity assessment. *Bioresource Technology*, v. 276, p. 281-287, 2019.
8. OLIVEIRA JÚNIOR, Porfírio Ponciano de; FERREIRA, Regina Lúcia Félix; ARAÚJO NETO, Sebastião Elviro de; ANDRADE, Shumacher; LIMA, Fábio Batista de; LEITE, Kelly Nascimento. Diferentes composições e volume de substrato na produção e qualidade de mudas de alface. *Scientia Naturalis*, v. 2, n. 2, p. 488-498, 2020.
9. PARRON, Lucila Maria; MUNIZ, Daphne Heloísa de Freitas; PEREIRA, Cláudia Maria. Manual de Procedimentos de Amostragem e Análise Físico-Química de Água. 1. ed. Colombo: Embrapa Florestas, 2011. 69 p.
10. SIMON, Flora Würth; JUNIOR, Armando Borges de Castilho; LOSS, Arcângelo; MALINOWSKI, Carina. Evaluation of the potential of food waste digestate in lettuce seeds: germination and growth. *InterEspaço: Revista de Geografia e Interdisciplinaridade*, v. 8, e202201, 2022.
11. VIEGAS, Fernando Cacheffo; MARAN, José Leonardo Oliveira. Produção de mudas de alface Americana e Crespa em diferentes substratos. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, MS, 2019.
12. YOUNG, B., J., RIERA, N., I., BEILY, M., E.; BRES, P. A., CRESPO, D., C., RONCO, A., E. Toxicity of the effluent from anaerobic bioreactor treating cereal residues on *Lactuca sativa*. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, v.76, p.182–186, 2011.