

<https://doi.org/10.31533/pubvet.v19n01e1720>

Análise estatística da produção de cana-de-açúcar em diferentes espaçamentos de plantio

Guilherme Hungria Nicos de Pádua¹, Nathan Ferreira¹, Aurélio Ferreira Melo², Stephanie Vicente de Bessa³, Juracy Mendes Moreira³, Elielton Olimpio da Silva Junio⁴

¹Licenciados em Engenharia Civil, Centro Universitário Brasília de Goiás. São Luís de Montes Belos-GO

²Professor, Doutor, Faculdade SOBRESP – Santa Maria, Rio Grande do Sul.

³Professor Mestre, Centro Universitário Brasília de Goiás. São Luís de Montes Belo, Goiânia.

⁴Professor Especialista, Centro Universitário Brasília de Goiás. São Luís de Montes Belos, Goiânia.

*Autor para correspondência, e-mail: juramendes94@gmail.com.

Resumo. A cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* spp.) é uma cultivar da família Poaceae, sendo seu cultivo um fator socioeconômico muito importante. Além disso, a maior parte da produção é destinada à fabricação de etanol e açúcar, mas também pode ser usado como fertilizante orgânico e na alimentação animal. O experimento foi implantado e conduzido entre abril de 2022 e abril de 2023, em uma área situada na BR 020, Km 18. O clima da região é classificado como tropical estacional, caracterizado por duas estações bem definidas: seca e chuvosa. A área experimental foi preparada para o plantio convencional, sendo uma gradagem e uma subsolagem. O plantio foi realizado de forma manual em 18 de abril de 2022. Para a adubação de plantio foi aplicada a dose de 600 kg ha⁻¹ de NPK na formulação 04-30-16 em toda a área experimental. O experimento foi realizado com cinco variedades de cana-de-açúcar como tratamento principal e dois espaçamentos de plantio sendo os tratamentos secundários e quatro repetições no delineamento (BDC) blocos inteiramente casualizados em um arranjo de parcela subdividida. As variedades testadas foram: V1 - RB867515; V2 - RB966928; V3 - TC4; V4 - RB92579 e V5 - CTC9001, os espaçamentos foram E1 - 1,50 m x 0,9 m e E2 - 1,40 m x 0,5 m. Para variedades, o valor da estatística F (32,83) supera o valor crítico no nível de 1% de probabilidade (5,41), ele é significativo nesse nível ($P < 0,01$), rejeitamos a hipótese nula e concluímos que o efeito de variedade difere do efeito de produtividade da cultivar. Para espaçamento, o valor da estatística F (10,79) supera o valor crítico no nível de 1% de probabilidade (8,68), ele é significativo nesse nível ($P < 0,01$), rejeitamos a hipótese nula e concluímos que o efeito de espaçamento difere do efeito de produtividade da cultivar, para a interação (espaçamento x variedade) o valor da estatística F(0,70) para interação é inferior ao valor crítico no nível de 5% de probabilidade (3,06), ele não é significativo nesse nível ($P > 0,05$), por isso não se rejeita a hipótese nula, e, concluímos, que o efeito dos fatores espaçamento e variedade atua de forma independente sobre a produtividade da cultivar.

Palavras-chave: Canavial, densidade de plantio, produtividade

Statistical analysis of sugarcane production in different planting spaces

Abstract. Sugarcane (*Saccharum officinarum* spp.) is a cultivar from the Poaceae family, and its cultivation is a very important socioeconomic factor, with most of its production destined for ethanol and sugar, as well as organic fertilizers and animal feed. The experiment was implemented and conducted between April 2022 and April 2023 in an area located on BR 020, Km 18, where the climate is classified as seasonal tropical,

characterized by two well-defined seasons: dry and rainy. The experimental area was prepared for conventional planting, with harrowing and subsoiling. Planting was carried out manually on April 18, 2022; for pre-plant fertilization, a dose of 600 kg ha⁻¹ of NPK was applied to the 04-30-16 formulation throughout the experimental area. The experiment was carried out with 5 varieties of sugar cane as the main treatment, 2 planting spacings being the secondary treatments, and 4 replications in a completely randomized block design (BDC) in a split-plot arrangement. The tested varieties were: V1 - RB867515; V2 - RB966928; V3 - TC4; V4 - RB92579 and V5 - CTC9001. The spacings were E1 - 1.50m x 0.9m and E2 - 1.40m x 0.5m. For varieties, the value of the F statistic (32.83) exceeds the critical value at the 1% probability level (5.41) it is significant at this level ($P < 0.01$), so we reject the null hypothesis and conclude that the variety effect differs from the productivity effect of the cultivar. For spacing, the value of the F statistic (10.79) exceeds the critical value at the 1% probability level (8.68) it is significant at this level ($P < 0.01$), so we reject the null hypothesis and conclude that the spacing effect differs from the cultivar productivity effect. For the Interaction (Spacing x Variety), the value of the F statistic (0.70) was lower than the critical value at the 5% probability level (3.06) it is not significant at this level ($P > 0.05$), therefore the null hypothesis cannot be rejected and we conclude that the effect of the factors spacing and variety act independently on the productivity of the cultivar.

Keywords: Sugarcane field, planting density, productivity

Introdução

A cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.) é uma cultivar da família Poaceae, sendo a maior parte da produção destinada à fabricação de etanol e açúcar (Alencar, 2012; Ferreira et al., 2017). Além disso, é usada como fertilizante orgânico e na alimentação animal (Barros et al., 2017; Ferreira et al., 2017; Santos & Santos, 2018).

Segundo Almeida et al. (2016), o cultivo da cultura em áreas irrigadas melhora a qualidade do solo, mantendo os estoques de carbono e nitrogênio no solo, cujo objetivo é aumentar a produção sem que fomenta o aumento da área cultivada (Magalhães et al., 2018). Dessa forma, pesquisadores têm buscado técnicas para determinar um espaçamento ideal de plantio para a cultura; uma das técnicas em estudo é o espaçamento entre fileiras (Freitas, 2008). Segundo Pereira & Barreto (2020), grande parte da cana-de-açúcar produzida no Brasil é destinada para produção de açúcar e etanol (Alencar, 2012). Outra parte é destinada para a produção de cachaça artesanal, doces e ração para animais (Santos et al., 2012; Siqueira et al., 2012). Em um estudo para analisar o desempenho da área com a cultura nos principais estados brasileiros, Alves et al. (2021) têm apresentado uma evolução das políticas públicas, incentivando maiores investimentos tecnológicos. Estudando sistema de irrigação para a cultura da cana-de-açúcar, Lopes Sobrinho et al. (2019) afirmam que o sistema de irrigação mais indicado é o gotejamento, pois aumenta a produção, diminui os custos culturais e prolonga a vida do canavial. Segundo Teodoro et al. (2013), em um estudo com plantio irrigado, enfatiza que essa prática se torna cada vez mais frequentes entre os agricultores, pois o déficit hídrico é um dos fatores que mais prejudica a produção agrícola, elevando o custo da lavoura. Corroborando com Silva et al. (2014) e Teodoro et al. (2013) afirmam que a cana-de-açúcar é uma cultura com alto valor econômico em todo Brasil, sendo que um dos fatores que afeta a produção dos canaviais tem sido o déficit hídrico, e isso se deve a irregularidade do período chuvoso, principalmente nas diversas áreas da região Nordeste.

Material e métodos

O experimento foi implantado e conduzido entre abril de 2022 e abril de 2023, em uma área situada na BR 020, Km 18 (latitude 15°39'84" Sul e longitude 47°44'41" Oeste), o clima da região é classificado como tropical estacional (Aw), conforme Köppen (Alvares et al., 2013), sendo caracterizado por duas estações bem definidas: seca e chuvosa, podendo ocorrer períodos de estiagem (veranicos) durante a estação chuvosa. Os dados de precipitação pluviométrica, evapotranspiração de referência (ET_o), temperatura máxima (°C), temperatura mínima (°C) e temperatura média durante a condução do experimento estão apresentados na [figura 1](#). A área experimental foi preparada para o

plantio convencional, sendo uma gradagem e uma subsolagem, o plantio da cana foi realizado de forma manual em 18 de abril de 2022, para a adubação de plantio foi aplicada a dose de 600 kg ha⁻¹ de NPK na formulação 04-30-16 em toda a área experimental. O experimento foi realizado com cinco variedades de cana-de-açúcar como tratamento principal e 2 espaçamentos de plantio, sendo os tratamentos secundários e quatro repetições no delineamento (BDC) blocos inteiramente casualizados em um arranjo de parcela subdividida. As variedades testadas foram V1 - RB867515; V2 - RB966928; V3 - TC4; V4 - RB92579 e V5 - CTC9001, os espaçamentos foram E1 - 1,50 m x 0,9 m e E2 - 1,40 m x 0,5 m, o croqui dos espaçamentos pode ser observado na [figura 1](#).

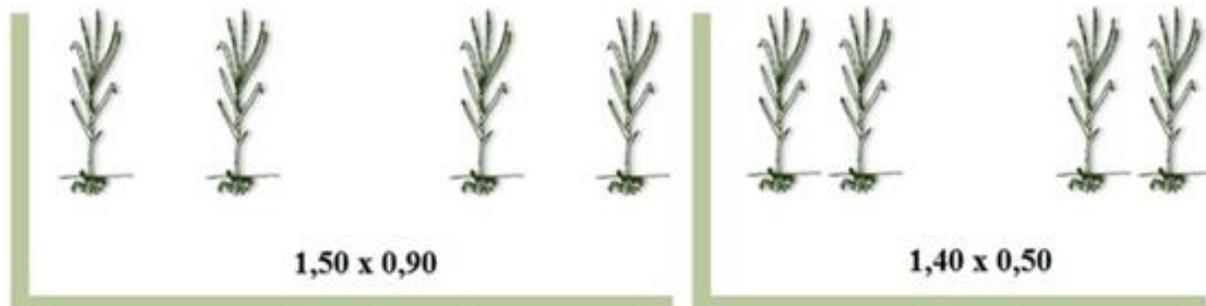


Figura 1. Croqui demonstrativo do experimento de cinco variedades de cana-de-açúcar e dois espaçamentos com fileira dupla de plantio.

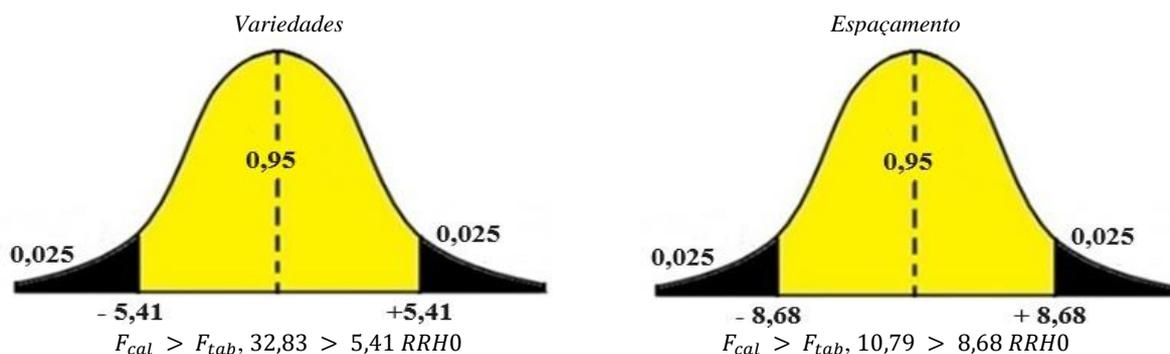
A adubação de cobertura foi aplicada de forma manual no início de junho, na dose de 400 kg ha⁻¹ de NPK (formulação 20-00-20) e em novembro de 2022 na dose de 600 kg há⁻¹ de NPK (formulação 20-00-24). Os dados foram submetidos a análise de variância, utilizando o Software estatístico R ([R-Core-Team, 2016](#)).

Resultados e discussão

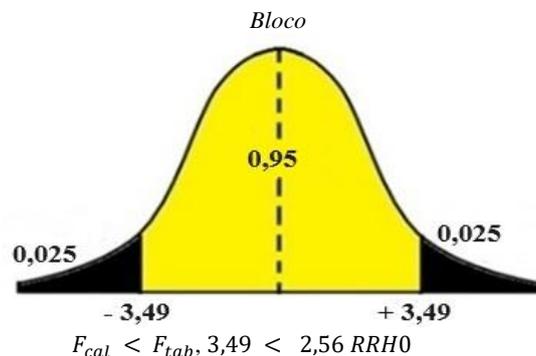
Em experimentos fatoriais, os fatores são testados com um único resíduo, já nos experimentos em parcelas subdivididas, o fator variedade é testado com quatro graus de liberdade (resíduo a), enquanto o fator espaçamento e a interação variedade x espaçamento são testados com 15 graus de liberdade (resíduo b). São considerados como experimentos em parcelas subdivididas os que se realizam nas mesmas parcelas e com os mesmos tratamentos em dois ou mais espaçamentos sucessivos, nesse caso, espaçamentos são considerados como tratamentos secundários. As discussões dos fatores e das interações estão descritas abaixo.

Variedades: Como o valor da estatística F (32,83) para variedades supera o valor crítico no nível de 1% de probabilidade (5,41), ele é significativo nesse nível ($P < 0,01$), por isso rejeita-se a hipótese nula H_0 e concluímos que o efeito de variedade difere em relação ao efeito de produtividade da cultivar, graficamente visto F (32,83) está na região de rejeição de H_0 .

Espaçamento: Como o valor da estatística F (10,79) para espaçamento supera o valor crítico no nível de 1% de probabilidade (8,68), ele é significativo nesse nível ($P < 0,01$), por isso rejeita-se a hipótese nula H_0 e concluímos que o efeito de espaçamento difere em relação ao efeito de produtividade da cultivar, graficamente visto F (10,79) está na região de rejeição de H_0 .



Bloco: Como o valor da estatística F (2,56) para bloco é inferior ao valor crítico no nível de 5% de probabilidade (3,49), ele é não significativo nesse nível ($P > 0,05$), por isso não se rejeita a hipótese nula H_0 e concluímos que o efeito dos fatores controlados não difere entre si na produtividade da cultivar, graficamente visto $F(3,49)$ está na região de aceitação de H_0 .



Interação (espaçamento x variedade): Como o valor da estatística F (0,70) para interação é inferior ao valor crítico no nível de 5% de probabilidade (3,06), ele é não significativo nesse nível ($P > 0,05$), por isso não se rejeita a hipótese nula H_0 e concluímos que o efeito dos fatores espaçamento e variedade atuam de forma independente sobre a produtividade da cultivar. Como a interação dos fatores variedade x espaçamento não foi significativa, estudaremos os efeitos variedade independente de espaçamento e vice-versa. Para a comparação das médias de variedades podemos concluir que as variedades que apresentaram melhor média foi V1 e V2 com 91,4 t/ha e 90 t/há⁻¹ respectivamente, sendo que V1 e V2 não diferiram entre si segundo o teste de Tukey a 5% de probabilidade. Para a comparação das médias de espaçamento, concluímos que o espaçamento E1 apresentou melhor resultado que o E2, 74,55 e 70,50 diferindo significativamente entre si pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade, conforme pode ser visto no gráfico da interação na [figura 2](#).

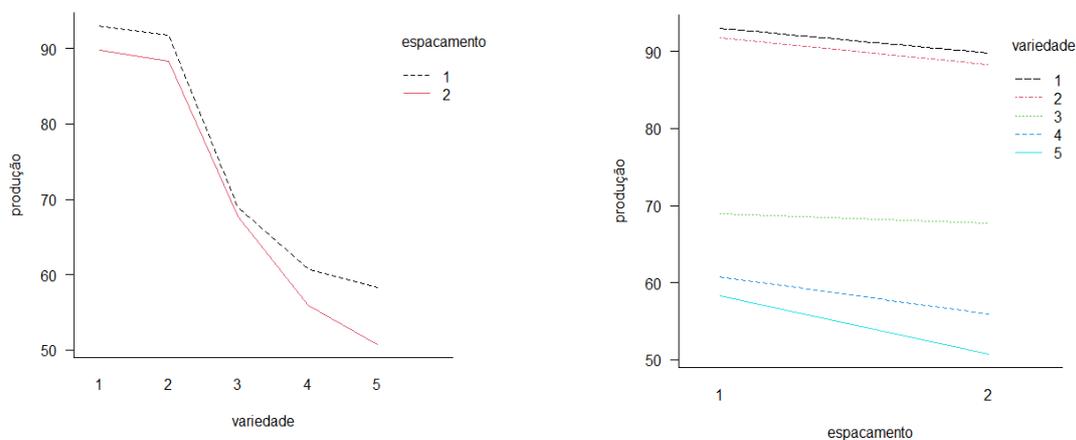


Figura 2. Gráfico da interação entre os fatores estudados.

Em um estudo, usando como metodologia o sensoriamento remoto, [Andrade et al. \(2014\)](#) apresentaram medidas mais confiáveis e com menor custo, o experimento foi realizado em plantios de cana-de-açúcar, ainda de acordo com o autor a metodologia utilizada apresenta grande potencial para ser aplicada em grandes áreas. Em uma pesquisa com a cultura, [Santos et al. \(2011\)](#) avaliaram o rendimento da cana-de-açúcar com adubação enriquecida com fosfato e concluíram que a aplicação aumentou os teores de açúcar e aumentou a produtividade. Em um estudo para avaliar a evolução dos colmos de cana-de-açúcar, [Pereira et al. \(2011\)](#) usaram reguladores de crescimento de vegetais durante a safra, e de acordo com os autores, os maturadores etil-trinexapac e etefon, agiram de maneira satisfatória sem ocasionar alterações no diâmetro dos colmos. Investigando a produção agrícola e a qualidade do caldo de cana-de-açúcar em diferentes condições hídricas, [Rodolfo Júnior et al. \(2016\)](#) trabalharam com três variedades RB855156, RB835486 e RB867515 e concluíram que não houve

diferença significativa no teor de açúcares entre as variedades estudadas. Em um estudo sobre a aplicação de biorreguladores na rebrota e na produtividade da soqueira de cinco variedades de cana-de-açúcar, [Silva et al. \(2010\)](#) avaliaram o perfilhamento e produção dos colmos, segundo os autores, o etefon melhorou o perfilhamento, mas resultou em maior produção, ainda de acordo com o esse escritor, houve aumento na produção independentemente da variedade quando foi usado o biorregulador Stimulate®. Segundo [Manhães et al. \(2015\)](#), a cana-de-açúcar é uma cultura que sofre muita influência de fatores climáticos, causando prejuízo ao metabolismo de brotação, perfilhamento, crescimento e desenvolvimento dos colmos, florescimento, maturação e produtividade. Segundo [Esperancini et al. \(2015\)](#), a adubação é um fator fundamental para aumentar a produção da cultura; em um estudo, o autor avaliou a soqueira da cultivar SP80-3280 em três doses de nitrogênio (70, 140, 210 kg N ha⁻¹), assim, ele pôde concluir que a dose ótima foi de 139,9 t ha⁻¹ com aplicação de 170,2 kg ha⁻¹ de nitrogênio.

Conclusão

Estatisticamente o efeito dos fatores variedade de cana-de-açúcar e espaçamentos com fileira dupla de plantio atua de forma independente sobre a produtividade da cultivar.

Referências bibliográficas

- Alencar, K. (2012). *Análise do balanço entre demanda por etanol e oferta de cana-de-açúcar no Brasil: Vol. Master of Science*.
- Almeida, L. S., Ferreira, V. A. S., Fernandes, L. A., Frazão, L. A., Oliveira, A. L. G., & Sampaio, R. A. (2016). Indicadores de qualidade do solo em cultivos irrigados de cana-de-açúcar. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 51(9), 1539–1547. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2016000900053>.
- Alvares, C. A., Stape, J. L., Sentelhas, P. C., Moraes, G., Leonardo, J., & Sparovek, G. (2013). Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, 22(6), 711–728. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>.
- Alves, L. Q., Franco, P. N., Zanetti, W. A. L., & Góes, B. C. (2021). Desempenho da produção da cultura de cana-de-açúcar nos principais estados produtores. *Revista Brasileira de Engenharia de Biosistemas*, 15(2), 303–317. <https://doi.org/10.18011/bioeng2021v15n2p303-317>.
- Andrade, R. G., Sedyama, G., Soares, V. P., Gleriani, J. M., & Sady Junior, M. C. M. (2014). Estimativa da produtividade da cana-de-açúcar utilizando o SEBAL e imagens landsat. *Revista Brasileira de Meteorologia*, 29(3), 433–442. <https://doi.org/10.1590/0102-778620130022>.
- Barros, S., Ibrahim, S., Lira, R. C., Santos, E. L., Amorim, L. C., José, T., Belem, D. L., Macedo, W. V., Pessoa, S., Souza, L., Jacqueline, S., Cecilia, J., Pedro, J., & Lira, A. (2017). Biodigestão anaeróbia do bagaço da cana-de-açúcar pré-tratado e utilizando excretas de frango como inóculo. *PUBVET*, 11(12), 1254–1262.
- Esperancini, M. S. T., Afonso, P. F. N., Gava, G. J. C., & Villas Boas, R. L. (2015). Dose ótima econômica de nitrogênio em cana-de-açúcar aplicada via fertirrigação por gotejamento. *IRRIGA*, 1(1), 28–39. <https://doi.org/10.15809/irriga.2015v1n1p28>.
- Ferreira, W. L., Silva Júnior, F. V., Moreira, J. M., Gonzalez, G. G. H., Bortolini, J., & Melo, A. F. (2017). Ajuste de curvas de crescimento para a produção de cana-de-açúcar. *PUBVET*, 11(8), 815–818. <https://doi.org/10.22256/pubvet.v11n8.815-818>.
- Freitas, E. G. (2008). Análise de dados longitudinais em experimentos com cana-de-açúcar. In *Departamento de Agronomia: Vol. Master of Science*.
- Lopes Sobrinho, O. P., Silva, G. S., Pereira, Á. I. S., Sousa, A. B., Castro Júnior, W. L., & Santos, L. N. S. (2019). A cultura da cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*) e o manejo de irrigação. *Revista em Agronegócio e Meio Ambiente*, 12(4), 1605–1625. <https://doi.org/10.17765/2176-9168.2019v12n4p1605-1625>.
- Magalhães, J. A., Rodrigues, B. H. N., Santos, F. J. de S., Andrade Junior, A. S., Araújo Neto, R. B. de, Costa, N. de L., Azevêdo, D. M. M. R., Pompeu, R. C. F. F., & Castro, K. N. C. (2018). Produção e composição química de variedades de cana-de-açúcar com fins forrageiros sob irrigação e adubação. *PUBVET*, 12(12), 1–10. <https://doi.org/10.31533/pubvet.v12n12a230.1-10>

- Manhães, C. M. C., Garcia, R. F., Francelino, F. M. A., Francelino, H. O., & Coelho, F. C. (2015). Fatores que afetam a brotação e o perfilhamento da cana-de-açúcar. *Revista Vértices*, 17(1), 163–181.
- Pereira, G. H. P. L., Crusciol, C. A. C., & Silva, M. A. (2011). Desenvolvimento e produtividade da cana-de-açúcar após aplicação de reguladores vegetais em meio de safra. *Semina: Ciências Agrárias*, 32(1), 138. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2011v32n1p129>.
- Pereira, L. A. G., & Barreto, J. B. (2020). Geografia das exportações de açúcar e de etanol no estado de Minas Gerais. *Revista Campo Território*, 15(36): 230–258. <https://doi.org/10.14393/rct153609>.
- R-Core-Team. (2016). *R: A language and environment for statistical computing*. R. Foundation for Statistical Computing.
- Rodolfo Júnior, F., Ribeiro Júnior, W. Q., Ramos, M. L. G., Rocha, O. C., Batista, L. M. T., & Silva, F. A. M. (2016). Produtividade e qualidade de variedades de cana-de-açúcar de terceira soca sob regime hídrico variável. *Nativa*, 4(1), 36–43. <https://doi.org/10.14583/2318-7670.v04n01a08>.
- Santos, A. B., Pereira, M. L. A., Azevedo, S. T., Signoretti, R. D., Siqueira, G. R., Mendonça, S. de S., Pires, A. J. V., Pereira, T. C. J., Almeida, P. J. P., & Ribeiro, L. S. O. (2012). Vacas lactantes alimentadas com silagem de cana-de-açúcar com e sem aditivo bacteriano: consumo, digestibilidade, produção e composição do leite. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*, 13(3), 720–731.
- Santos, D. H., Silva, M. A., Tiritan, C. S., Foloni, J. S. S., & Echer, F. R. (2011). Qualidade tecnológica da cana-de-açúcar sob adubação com torta de filtro enriquecida com fosfato solúvel. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 15(5), 443–449.
- Santos, M. A., & Santos, B. R. C. dos. (2018). Silagem da palma forrageira consorciada com resíduos da mandioca e bagaço da cana-de-açúcar: Revisão. *PUBVET*, 12(11), 1–8. <https://doi.org/10.31533/pubvet.v12n11a212.1-8>.
- Silva, M. A., Arantes, M. T., Rhein, A. F. L., Gava, G. J. C., & Kolln, O. T. (2014). Potencial produtivo da cana-de-açúcar sob irrigação por gotejamento em função de variedades e ciclos. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 18(3), 1605–1625. <https://doi.org/10.1590/s1415-43662014000300001>.
- Silva, M. A., Cato, S. C., & Costa, A. G. F. (2010). Produtividade e qualidade tecnológica da soqueira de cana-de-açúcar submetida à aplicação de biorregulador e fertilizantes líquidos. *Ciência Rural*, 40(4), 774–780. <https://doi.org/10.1590/s0103-84782010005000057>.
- Siqueira, G. R., Roth, M. de T. P., Moretti, M. H., Benatti, J. M. B., & Resende, F. D. (2012). Uso da cana-de-açúcar na alimentação de ruminantes. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*, 13(4), 991–1008. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1590/S1519-99402012000400011>.
- Teodoro, I. T., Dantas Neto, J. D., Souza, J. L., Lyra, G. B., Brito, K. S., Sá, L. A., Santos, M. A. L., & Sarmanto, P. L. V. S. (2013). Isoquantas de produtividade da cana-de-açúcar m em função de níveis de irrigação e adubação nitrogenada. *Irriga*, 18(3), 387–401. <https://doi.org/10.15809/irriga.2013v18n3p387>.

Histórico do artigo:**Recebido:** 22 de outubro de 2024**Aprovado:** 14 de novembro de 2024**Licenciamento:** Este artigo é publicado na modalidade Acesso Aberto sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 (CC-BY 4.0), a qual permite uso irrestrito, distribuição, reprodução em qualquer meio, desde que o autor e a fonte sejam devidamente creditados.