

FERTIRRIGAÇÃO DE DIFERENTES DILUIÇÕES DA VINHAÇA EM RESPOSTA AO DESENVOLVIMENTO INICIAL DA CANA-DE-AÇÚCAR

FERTIGATION OF DIFFERENT DILUTIONS OF VINAISSE IN RESPONSE TO THE INITIAL DEVELOPMENT OF SUGARCANE.

Marcus Vinicius Fernandes Longo¹:

¹Faculdades Integradas de Bauru-FIB, Brasil, Rua José Santiago, quadra 15, Jardim Ferraz.
E-mail: marcuslongo20@gmail.com

Edilson Ramos Gomes²

²Faculdades Integradas de Bauru-FIB, Brasil, Rua José Santiago, quadra 15, Jardim Ferraz.
E-mail: edilsonbb@gmail.com

RESUMO

A vinhaça é um subproduto gerado pela indústria sucroalcooleira, é rica em nutrientes e amplamente utilizada como fertilizante agrícola. Esse potencial de minerais na vinhaça, com o passar do tempo pode causa diminuição na produção. Assim, o objetivo foi avaliar o efeito de diferentes diluições de vinhaça em resposta ao crescimento da cana-de-açúcar na fase inicial. O experimento foi conduzido em ambiente protegido utilizando a variedade CTC-1007, em delineamento Inteiramente Casualizado (DIC), sendo: T1 fertirrigação de 75% de água + 25% de vinhaça crua (concentração 25%); T2: fertirrigação de 100% da vinhaça crua (sem diluição); T3: fertirrigação de 75% da vinhaça crua + 25% de água (concentração 75%); T4: fertirrigação de 50% da vinhaça crua + 50% de água (concentração 50%); T5: controle (sem vinhaça). Aos 60 dias após plantio foram avaliados os parâmetros biométricos: AP (Altura da planta), NF (Número de folhas), DC (Diâmetro do Colmo), MFPA (Massa fresca parte aérea), MSPA (massa seca parte aérea), MFR (Massa fresca radicular) e MSR (Massa seca radicular) e número de perfilho (NP). Monitorou-se aspectos do solo como: teor de água no solo, temperatura do solo, salinidade e condutividade elétrica do solo a 10 cm de profundidade aplicando métodos estatísticos para a obtenção dos resultados. O uso demasiado da vinhaça de forma crua em 100% de sua concentração pode causar prejuízos ao solo e a planta com várias sequencias de aplicações. Contudo, a aplicação da vinhaça na concentração de 75% pode promover ganhos de crescimento a cultura que pode levar a maiores produtividades.

Palavra-chave: *Saccharum officinarum* L., Fertilizantes, Potássio, Sistema Radicular

ABSTRACT

Vinasse is a byproduct generated by the sugar-alcohol industry, it is rich in nutrients and widely used as an agricultural fertilizer. This potential of minerals in vinasse, over time, can cause a decrease in production. Thus, the objective was to evaluate the effect of different dilutions of vinasse in response to the growth of sugarcane in the initial phase. The experiment was conducted in a protected environment using the CTC-1007 variety, following a Completely Randomized Design (CRD), with: T1 fertigation of 75% water + 25% raw vinasse (25% concentration); T2: fertigation of 100% raw vinasse (no dilution); T3: fertigation of 75% raw vinasse + 25% water (75% concentration); T4: fertigation of 50% raw vinasse + 50% water (50% concentration); T5: control (without vinasse). At 60 days after planting, the biometric parameters were evaluated: AP (Plant Height), NF (Number of leaves), DC (Stem Diameter), MFPA (Fresh mass of aerial part), MSPA (Dry mass of aerial part), MFR (Fresh root mass), MSR (Dry root mass), and number of tillers (NP). Soil aspects such as soil water content, soil

temperature, salinity, and electrical conductivity of the soil at a depth of 10 cm were monitored using statistical methods to obtain the results. Excessive use of raw vinasse at 100% concentration can harm the soil and the plant with multiple successive applications. However, applying vinasse at a concentration of 75% can promote growth gains for the crop, which can lead to higher productivity.

Keyword: *Saccharum officinarum* L., Fertilizers, Potassium, Root System

1 INTRODUÇÃO

A cana-de-açúcar está presente em todo território nacional, abrangendo diversos climas e até mesmo altitudes diferentes. A cana é uma cultura de grande impacto na economia do país, pois representa 2% do PIB. Esse setor abrange produção de açúcar, energia em forma de combustível e também elétrica (Rosa Júnior *et al.*, 2023).

A produção e o desenvolvimento de energias limpas e renováveis tem impulsionado a pesquisa com cana-de-açúcar. Por isso, os derivados dessa cultura vão além do melaço, garapa, cachaça, açúcar mascavo e rum. Pode-se destacar a produção de energia elétrica através da queima do bagaço, a vinhaça e a torta de filtro como fontes de fertilizantes que ajuda a reduzir custos na produção (Rosa Júnior *et al.*, 2023).

A utilização de vinhaça na lavoura pelas usinas de açúcar e álcool já é realizada há vários anos, porém, tem se intensificado com novas tecnologias, métodos e manejo. Assim, com a necessidade de escoamento da vinhaça pela indústria a utilização na lavoura é uma opção sustentável e de retorno financeiro e nutricional para o solo (Junqueira *et al.*, 2009).

Assim, a utilização desse resíduo da indústria de forma crua, apenas realizando o processo de resfriamento e após isso o bombeamento e a aplicação na lavoura têm demonstrado bons resultados. Porém, ressalta-se a preocupação do uso continua da vinhaça, pois pode levar ao desequilíbrio mineral do solo, sendo assim, a diluição da vinhaça pode diminuir o risco apresentado ao solo (Serafim *et al.*, 2021).

A vinha é gerada da seguinte maneira, para cada litro de álcool produzido pelas usinas, cerca de 13 a 14 litros de vinhaça são produzidos e saem como resíduo da indústria, um resíduo gerado pelo processo de transformação do melaço em suas duas vias de processo, a via de destilação para produção de álcool e a via de cozimento para formação de açúcar, ambas as vias produzem dezenas de litros de vinhaça com composições diferentes dependendo da origem (Fialho, 2019).

A operação de aplicação de vinhaça feita de forma errada, utilizando taxas muito além das recomendadas, a grande infiltração pode chegar até os lençóis freáticos contaminando a fonte de onde retiramos grande parte da água que utilizamos nas grandes cidades todos os

dias, para a aplicação no solo pode causar um desequilíbrio da fauna que depende desse solo, como minhocas e pequenos invertebrados (Fialho, 2019).

Em anos anteriores estudos tem apontado a importância do descarte correto desse resíduo industrial. Pois, se descartado de forma incorreta como em rios ou mananciais, pelo grande teor de matéria orgânica presente no líquido em questão, a eutrofização da água certamente ocorreria, diminuindo os níveis de oxigênio na água causando a proliferação exponencial de algas indesejáveis e muito provavelmente a retirada da vida aquática daquele local, gerando assim desequilíbrio ecológico (Gusmão *et al.*, 2017).

O uso da vinhaça via fertirrigação traz vantagens como eficiência na aplicação de nutrientes ao solo, reduz custo na produção e reduz o tráfego de máquinas em campo. A vinhaça por apresentar um odor característico a sua aplicação via fertirrigação também garante maior segurança na hora de aplicar em campo. Uma das principais vantagens do uso da fertirrigação da vinhaça em campo é disponibilidade do potássio em forma líquida que estão prontamente disponíveis para a absorção pelas raízes da planta sendo que a água em conjunto promove sua passagem facilmente (Silva *et al.*, 2019).

Deste modo, o objetivo do estudo foi avaliar o efeito de diferentes diluições de vinhaça em resposta ao crescimento da cana-de-açúcar na fase inicial.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi realizado em uma estufa agrícola localizada no campus da FIB (Faculdades Integradas Bauru) na cidade Bauru-SP. Antes da implantação do ensaio realizou-se a análise do solo e da vinhaça utilizada na pesquisa.

Tabela 1. Resultado da análise de solo da área experimental, Bauru-SP.

M.O.	pH	P	K	Ca	Mg	Al ³	H + Al ³	S.B.
Oxidação o g dm ⁻³	CaCl ₂ -	Resina mg dm ⁻³	Resina mmolc dm ⁻³	Resina mmolc dm ⁻³	Resina mmolc dm ⁻³			
6	4,9	2,0	0,9	9,0	3,0	1,0	19,0	13,0
C.T.C.	V%	S						
		Fosfato de Cálcio mmolc dm ⁻³						
32,0	42	2,0						

Tabela 2. Resultado da análise da vinhaça proveniente da usina Ipiranga agroindustrial unidade Iacanga.

M.O.	pH	P	K	Ca	Mg	S	H + Al ³	B
Oxidação	CaCl ₂	Resina	Resina	Resina	Resina	Fosfato de Cálcio		
%	-	kg m ⁻³	kg m ⁻³	kg m ⁻³	kg m ⁻³	kg m ⁻³	mmolc dm ⁻³	kg m ⁻³
3	3,4	1,4	5,0	0,6	0,5	1,1	15	0,0
*B	Cu	Fe	Mn	Zn				
Água Quente	DTPA	DTPA	DTPA	DTPA				
mg dm ⁻³								
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0				

O delineamento utilizado foi Inteiramente Casualizado (DIC) entre os tratamentos, sendo: T1 Fertirrigação de 25% da vinhaça crua + 75% de água, T2: fertirrigação de 100% da vinhaça crua (sem diluição), T3: fertirrigação de 75% da vinhaça crua + 25% de água (concentração 75%), T4: fertirrigação de 50% da vinhaça crua + 50% de água (concentração 50%), T5: Controle (sem vinhaça). Cada um dos 50 vasos recebeu 50 mL em cada aplicação, para cada repetição foram separados 10 vasos.

O material de propagação da cana e a vinhaça foi coletado e cedido pelo Grupo Ipiranga, usina localizada na cidade de Iacanga-SP. Não houve a necessidade de corrigir a acides do solo. E em cada vaso foi utilizado uma proporção igual entre solo e substrato (*Carolina Soil*) formando um solo homogêneo.

Utilizou-se a variedade CTC-1007, com 10 meses de idade, sem ter ocorrido nenhum corte ou rebrota. Foram picadas em mini toletes de 3 a 5 cm, garantindo que as gemas presentes nos nós estavam viáveis, sem danos e sem presença de pragas ou doenças.

Foram plantados dois minis toletes por vaso de 5,0 L, a fim de garantir a emergência de no mínimo um dos brotos. Além disso, a adubação foi realizada junto ao plantio considerando 30 kg ha⁻¹ de ureia (46%) e 200 kg ha⁻¹ de Superfosfato Simples (Cantarella *et al.*, 2022) e não foi realizado adubação potássica nos tratamentos.

A coleta da vinhaça foi realizada previamente ao plantio, sendo feita uma análise química da mesma, para ser calculada a necessidade de adubação potássica e analisar as propriedades químicas do fertilizante. Foi armazenada em câmara fria durante todo o período do experimento, sendo retirada apenas nos períodos de aplicação e com frequência de aplicação a cada 7 dias após o plantio.

O manejo de irrigação para todos os tratamentos visou manter o solo em capacidade de campo (CC) de acordo com a metodologia de Gomes *et al.* (2015). Com auxílio de TDR-

Time Domain Reflectometry (Técnica da Reflectometria no Domínio do Tempo) modelo TR-6D da Soil Tester, determinou-se o teor de água no solo, temperatura do solo, salinidade e condutividade elétrica do solo a uma profundidade de 0 a 10 cm diariamente. Também realizou-se diariamente o monitoramento de temperatura e umidade relativa do ar da área experimental, obtendo essas informações por meio de um termômetro digital instalado na casa de vegetação e um termo-higrômetro para a coleta da umidade relativa do ar (Tabela 3).

Tabela 3. Monitoramento de temperatura e umidade relativa do ar do ambiente protegido (estufa agrícola).

DAP	Temp. Máx	Temp. Min.	UR
	(°C)		%
0 a 10	28,20	22,00	13,03
10 a 20	33,60	15,50	17,92
20 a 40	31,00	15,40	16,40
40 a 50	28,10	15,60	15,56
50 a 60	27,80	15,60	15,41

* DAP- dias após plantio, Temperatura média máxima (Temp. Max), Temperatura média mínima (Temp. Min) e Umidade relativa do ar (UR).

Aos 15 dias após plantio (DAP) iniciou-se a adubação de cobertura com 50 g de ureia diluída em 5 Litros de água e aplicando-se 100 mL da solução por vaso (Cantarella *et al.*, 2022) por aplicação e frequência a cada 15 dias (Tabela 4).

Tabela 4. Adubação de cobertura da cana-de-açúcar.

DAP	Ureia	Superfosfato Simples
	g vaso ⁻¹	
15	2,0	3,0
30	2,0	0,0
45	1,0	0,0
60	1,0	0,0

*DAP- dias após plantio.

Aos 60 dias após a plantio avaliou-se os seguintes aspectos biométricos da cultura: AP (Altura da planta), NF (Número de folhas), DC (Diâmetro do Colmo), MFPA (Massa fresca parte aérea), MSPA (massa seca parte aérea), MFR (Massa fresca radicular) e MSR (Massa seca radicular) e número de perfilho (NP).

Os dados obtidos foram submetidos a análise de variância e comparação de médias ao teste de Tukey a 5% de significância no programa SISVAR (Silva; Azevedo, 2009).

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para os valores de monitoramento do solo, foi monitorada os índices de salinidade e condutividade. Observou-se que, com o aumento do volume de água aplicado junto à vinhaça, a condutividade do solo eleva-se, uma vez que essa substância é rica em nutrientes. Durante as aplicações semanais, essa elevação na condutividade ocorre, mas, à medida que a planta absorve esses recursos, tanto a salinidade quanto a condutividade diminuem (Figura 1 e 2). Nota-se ainda que a dinâmica dos sais está relacionada com o quando está saindo (consumo pela planta) em relação ao que está entrando (Fertirrigação). Soares *et al.*, (2014), também constataram efeitos do uso da vinhaça da cana-de-açúcar como fertilizante e sua eficiência agronômica e impactos ambientais.

As altas concentrações de fertilizantes na água de irrigação, associada às taxas de transpiração, elevamos níveis de sais no meio radicular e promovem desequilíbrio na absorção de água e soluto pelas plantas segundo Van Ieperin, (1996), como a vinhaça carrega grandes concentrações de potássio entre outros nutrientes, sua aplicação eleva a salinidade e a condutividade do meio no momento de sua aplicação. O manejo pouco eficiente dos fatores de produção, aliado ao desconhecimento da fisiologia das plantas em ambientes protegidos, pode resultarem acúmulo de sais no solo ou, ainda, nas fontes de abastecimento de água.

Nas figuras 1 e 2 também evidenciam que as aplicações com maior quantidade de vinhaça apresentam maiores condutividades, pelo fato da substancia apresentar muitos nutrientes dissolvidos em sua composição, quando aplicados no solo aumentam as proporções e as propriedades físicas daquele solo, com a exposição ao tempo, o equilíbrio do solo pode ser afetado e causar malefícios as plantas e corroborando com Barros *et al.* (2010).

Figura 1. Resultado da salinidade no solo em função dos tratamentos com vinhaça diluída, Bauru-SP.

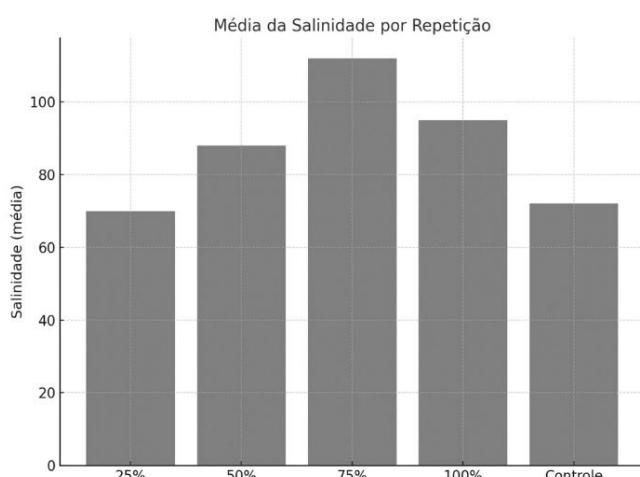
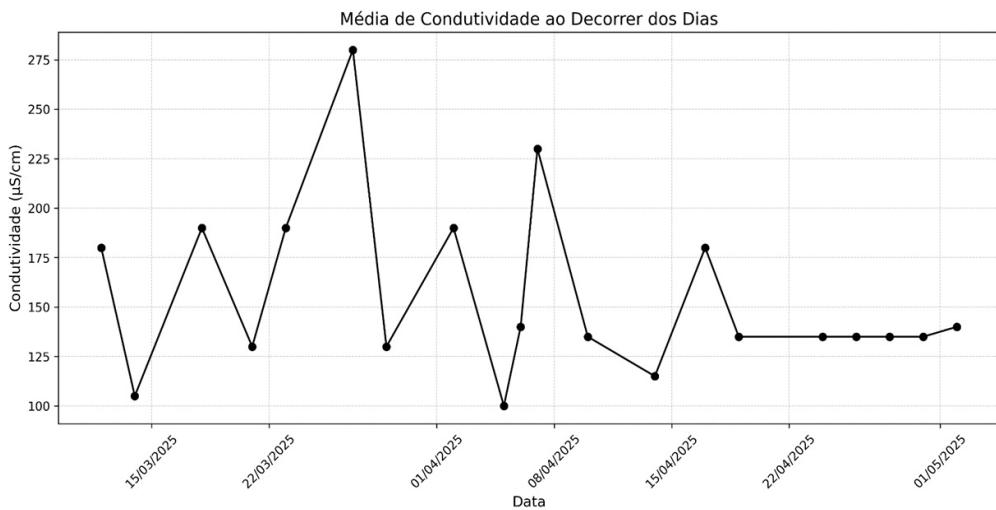


Figura 2. Resultado de condutividade elétrica (CE) no solo em função dos tratamentos com vinhaça diluída, Bauru-SP.



Para a Tabela 5, observou-se que houve diferença para os parâmetros comprimento radicular (CR), altura de planta (AP) e diâmetro de colmo (DC) aos 60 DAP. Nota-se que para o comprimento de raiz o tratamento controle (14,22 cm) apresentou o menor resultado. Além disso, os T2 e T4 destacaram-se com as maiores médias, não diferindo entre si. O Tratamento 3 apresentou a menor média (24,60 cm), sendo estatisticamente inferior, enquanto os Tratamentos 1 e 5 apresentaram valores intermediários.

O (NF) todos os tratamentos apresentaram médias semelhantes, sem diferenças estatísticas significativas. Já o (DC) apresentou médias entre 11,58 mm e 18,26 mm. O T3 destacou-se com a maior média (18,26 mm), sendo estatisticamente superior aos demais. Os Tratamentos 1, 2, 4 e 5 apresentaram medias próximas, não diferindo entre si. Ressalta-se que o T3 foi mais eficiente em promover o crescimento do comprimento de raiz e do diâmetro de colmo, enquanto os Tratamentos 2 e 4 se destacaram na (AP) (Tabela 5).

Tabela 5. Resultados aos 60 DAP das variáveis comprimento radicular (CR), altura de planta (AP), número de folhas (NF) e diâmetro de colmo (DC) da cana-de-açúcar em resposta aos diferentes tratamentos, Bauru-SP.

TRAT	CR (cm)	AP (cm)	NF (unid)	DC (mm)
T1	16,34 a	27,14 ab	6,20 a	14,24 b
T2	16,98 a	30,88 a	6,60 a	13,76 b
T3	18,12 a	24,60 b	6,20 a	18,26 a
T4	17,68 a	30,66 a	6,20 a	11,58 b
T5	14,22 b	27,14 ab	6,40 a	12,32 b

CV (%)	5,60	6,92	8,81	10,51
---------------	-------------	-------------	-------------	--------------

*T1 fertirrigação de 75% de água + 25% de vinhaça crua (concentração 25%), T2: fertirrigação de 100% da vinhaça crua (sem diluição), T3: fertirrigação de 75% da vinhaça crua + 25% de água (concentração 75%), T4: fertirrigação de 50% da vinhaça crua + 50% de água (concentração 50%), T5: Controle (sem vinhaça). As letras minúsculas são comparação de médias pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Em relação a (MFPA), o T4 obteve a maior média (188,10 g), sendo estatisticamente superior aos demais. Em contrapartida, o T1 apresentou a menor média (115,78 g), enquanto os Tratamentos 2, 3 e 5 mostraram valores intermediários. Para (MSPA) T2 e T4 destacaram-se com as maiores médias (34,78 g e 33,68 g, respectivamente), não diferindo entre si. O T1 obteve a menor média (26,60 g), sendo estatisticamente inferior.

A (MFR), as médias variaram de 81,38 g a 234,38 g. T2 apresentou o maior valor médio. Os Tratamentos 1 e 4 não diferiram entre si, enquanto T5 obteve a menor média (81,38 g). Nota-se que para a (MSR) variou de 10,16 g a 41,84 g. T1 destacou-se com a maior média, sendo estatisticamente superior. T2 obteve o segundo maior valor, seguido pelo T4. Os Tratamentos 3 e 5 apresentaram as menores médias. (NP), Os Tratamentos 1 e 5 apresentaram as maiores médias, não diferindo entre si. Os Tratamentos 2 e 3 também não diferiram entre si, enquanto o Tratamento 4 obteve a menor média (Tabela 6).

Tabela 6. Resultados aos 60 DAP das variáveis massa fresca da parte aérea (MFPA), massa seca da parte aérea (MSPA), Massa seca radicular (MSR) e número de perfilho (NP) da cana-de-açúcar em resposta aos diferentes tratamentos, Bauru-SP.

TRAT	MFPA (g)	MSPA (g)	MFR (g)	MSR (g)	NP (unid)
T1	115,78 d	26,60 b	122,82 b	41,84 a	3,20 a
T2	157,04 b	34,78 a	234,38 a	32,00 b	2,10 b
T3	139,74 c	27,30 b	108,82 bc	14,20 cd	2,10 b
T4	185,10 a	33,68 a	124,32 b	20,60 c	1,00 c
T5	148,26 bc	30,84 ab	81,38 c	10,16 d	3,20 a
CV (%)	4,09	7,89	10,66	14,37	20,62

*T1 fertirrigação de 75% de água + 25% de vinhaça crua (concentração 25%), T2: fertirrigação de 100% da vinhaça crua (sem diluição), T3: fertirrigação de 75% da vinhaça crua + 25% de água (concentração 75%), T4: fertirrigação de 50% da vinhaça crua + 50% de água (concentração 50%), T5: Controle (sem vinhaça). As letras minúsculas são comparação de médias pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Ressalta-se que, a vinhaça na diluição de 75% e 50% apresentaram as maiores medias entre os parâmetros de crescimento da planta. Isso indica que doses mais concentradas de

vinhaça podem até fornecer mais nutrientes (N, P, K), porém a longo prazo pode causar efeitos de tal maneira a diminuir a produtividade. Silva; Cabeda (2005), relatam que em quantidades adequadas, a aplicação de vinhaça promovendo o desenvolvimento radicular, diâmetro de colmo e acúmulo de massa fresca nas raízes. Segundo Paulino *et al.* (2011), verificaram que o uso de vinhaça ao longo do tempo, em concentrações ideais podem favorecer as raízes no perfil do solo.

4 CONCLUSÃO

O uso demaisado da vinhaça de forma crua em 100% de sua concentração pode causar prejuízos ao solo e a planta com o passar das aplicações por conta da grande disponibilização de nutrientes provocando excesso e desequilíbrio. Bem como, a aplicação da vinhaça na concentração de 75% pode promover ganhos de crescimento a cultura que pode levar a maiores produtividades.

5 REFERENCIAS

BARROS, R. P. de et al. Alterações em atributos químicos de solo cultivado com cana-de-açúcar e adição de vinhaça. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, Goiânia, v. 40, n. 3, p. 341–346, 2010. Disponível em: <https://www.revistas.ufg.br/pat/article/view/6387>. Acesso em: 31 maio 2025.

CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; MATTOS JUNIOR, D.; BOARETTO, R. M.; VAN RAIJ, B. **Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo - Boletim 100.** 3^a ed. Campinas: Instituto Agronômico de Campinas, 2022.

FIALHO, M. L. et al. O impacto da vinhaça produzida pela cana-de-açúcar na produção de etanol – poluição ambiental. *Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento*, v. 17, p. 1-14, 2019. Disponível em: https://uniesp.edu.br/sites/_biblioteca/revistas/20190312105011.pdf. Acesso em: 07 maio 2025.

GOMES, E. R.; BROETTO, F.; QUELUZ, J. G. T.; BRESSAN, D. F. Efeito da fertirrigação com potássio sobre o solo e produtividade do morangueiro. *Irriga, Edição Especial*, 20 anos Irriga + 50 anos FCA, p. 107-122, 2015.

GUSMÃO, S. F. A.; SATO, S. S.; BERTOLLI, S. C. A viabilidade dos custos de utilização da vinhaça no cultivo de cana-de-açúcar. In: *Colloquium Socialis*, Presidente Prudente, 2017. p. 539-543. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/324384043_A_VIABILIDADE DOS CUSTOS DE UTILIZACAO DA VINHACA NO CULTIVO DE CANADE-ACUCAR. Acesso em: 07 maio 2025.

JUNQUEIRA, C. A. R. et al. Identificação do potencial de contaminação de aquíferos livres por vinhaça na bacia do Ribeirão do Pântano, Descalvado (SP), Brasil. *Revista Brasileira de Geociências*, São Carlos, SP, v. 39, n. 3, p. 507–518, 2009. Disponível em:

https://www.researchgate.net/publication/322704142_Identificacao_do_potencial_de_contaminacao_de_aquiferos_livres_por_vinhaça_na_bacia_do_Ribeirao_do_Pantano_Descalvado_SP_Brasil, Acesso em: 07 maio 2025.

PAULINO, J.; ZOLIN, C. A.; BERTONHA, A.; FREITAS, P. S. L. de; FOLEGATTI, M. V. **Estudo exploratório do uso da vinhaça ao longo do tempo: II. Características radiculares.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campinas, v. 15, n. 1, p. 29-33, 2011.

ROSA JÚNIOR, M. R. et al. Fertirrigação com vinhaça em lavouras de cana-de-açúcar: um estudo de caso da aplicação em lavouras da região de Varjão de Minas/MG. *Revista Humanidades e Tecnologia*, Formosa, n. 25, p. 110-121, jan./jun. 2023. Disponível em: https://revistas.icesp.br/index.php/FINOM_Humanidade_Tecnologia/article/view/5801. Acesso em: 07 maio 2025.

SERAFIM, R. F. et al. Efeitos da aplicação de vinhaça na fertilidade do solo. *Irriga*, Botucatu, v. 26, n. 4, p. 871-882, out./dez. 2021. Disponível em: <https://revistas.fca.unesp.br/index.php/irriga/article/view/4213>. Acesso em: 07 maio 2025.

SILVA, A. J. N. da; CABEDA, M. S. V. Influência de diferentes sistemas de uso e manejo na coesão, resistência ao cisalhamento e óxidos de Fe, Si e Al em solo de tabuleiro costeiro de Alagoas. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 29, n. 3, p. 447-457, 2005.

SILVA, F. C. et al. Desempenho agronômico e balanço de potássio em milho fertirrigado com vinhaça concentrada. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* (ou *Revista Campo Digit@l*), v. 14, n. 1, p. 40-46, 2019.

SILVA, F. DE A. S.; AZEVEDO, C. A. V. de. Principal components analysis in the software Assistat-Statistical Attendance. In: **WORLD CONGRESS ON COMPUTERS IN AGRICULTURE**, 7., Reno-NV-USA. *Proceedings...* Reno: American Society of Agricultural and Biological Engineers, 2009.

SOARES, M. R.; CASAGRANDE, J. C.; NICOLOSO, R. da S. **Uso da vinhaça da cana-de-açúcar como fertilizante: eficiência agronômica e impactos ambientais.** In: *Uso da vinhaça da cana-de-açúcar como fertilizante – Eficiência agronômica e impactos ambientais*. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2014. Disponível em: <http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/1001214>, Acesso em: 07 maio 2025.

VAN IEPERIN, W. Dynamic effects of change in electric conductivity on transpiration and growth of greenhouse-grown tomato plants. *Journal of Horticultural Science*, v. 71, n. 3, p. 481-496, 1996. Disponível em: <https://agris.fao.org/search/en/providers/122469/records/64775ca2bc45d9ecdbc2495c>, Acesso em: 18/06/2025.