

Análise econômica da fertirrigação da vinhaça comparada com o potássio na cultura do milho

Adjana Martins de Freitas¹, Fernando Rodrigues Cabral Filho^{1,2}, Christiano Lima Lobo de Andrade^{1,2}, Marconi Batista Teixeira², Daniely Karen Matias Alves² & Edson Cabral da Silva²

¹ Centro Universitário do Sudoeste Goiano, UniBRAS, Rio Verde, Goiás, Brasil

² Instituto Federal Goiano, IF Goiano, Rio Verde, Goiás, Brasil

Correspondência: Adjana Martins de Freitas, Centro Universitário do Sudoeste Goiano, UniBRAS, Rio Verde, Estado de Goiás, Brasil. E-mail: adjanamunizrv@gmail.com

Recebido: Dezembro 15, 2022

Aceito: Janeiro 09, 2023

Publicado: Março 01, 2023

DOI: 10.14295/bjs.v2i3.261

URL: <https://doi.org/10.14295/bjs.v2i3.261>

Resumo

O milho é um produto de grande relevância econômica, e requer a reposição adequada de nutrientes no solo para alcançar bons resultados quanto a produtividade, como por exemplo, o Potássio (K) que é o segundo nutriente mais absorvido pelas plantas e se acumula nos grãos e colmos do vegetal. Em contrapartida, a vinhaça é um resíduo da agroindústria sucroalcooleira rico em K que vem sendo utilizada na fertirrigação de culturas como a própria cana-de-açúcar e o milho, e tem apresentado resultados satisfatórios enquanto incremento da produtividade. O estudo teve por objetivo analisar a viabilidade econômica da fertirrigação com vinhaça comparada com o K na cultura do milho. Foi elaborado ensaio experimental conduzido na área experimental da Pulveriza Soluções Agrícolas, em Rio Verde, região Sudoeste, Goiás, Brasil. A semeadura aconteceu em Março de 2022, onde foi utilizado milho híbrido AS1820. Antes do plantio, foi realizado tratamento das sementes com Standak[®] Top (200 mL 100 kg⁻¹) + Policote Seeds Titanium Verde[®] (3 mL kg⁻¹), sendo o espaçamento de 0,45 m e 3 plantas por m, 65.000 plantas por hectare. Aplicou-se com o intuito de tratar as sementes, Standak[®] Top (200 mL 100 kg⁻¹) + Policote Seeds Titanium Verde[®] (3 mL kg⁻¹) e vinhaça. Mediante a análise de custo e produtividade comparando a aplicação de K comercial em comparação a vinhaça, bem como, ambos associados e aplicação dupla de vinhaça, considerou-se que, a aplicação única da vinhaça apresentou menor custo financeiro e maior rentabilidade com relação a todos os demais, sendo assim possível concluir que esse tratamento é economicamente viável se comparado ao tratamento com o Potássio comercial e associação de ambos.

Palavras-chave: resíduo orgânico, cana de açúcar, *Zea mays*, nutrientes.

Economic analysis of vinaseed fertirrigation compared to potassium in corn culture

Abstract

Corn is a product of great economic relevance and requires adequate replacement of nutrients in the soil to achieve good results in terms of productivity, such as Potassium (K) which is the second nutrient most absorbed by plants and accumulates in the grains and plant stalks. On the other hand, vinasse is a residue from the sugar and alcohol agroindustry rich in K that has been used in the fertirrigation of crops such as sugarcane and corn and has shown satisfactory results as an increase in productivity. The study aimed to analyze the economic viability of fertirrigation with vinasse compared to K in corn. Experimental test was carried out, in the experimental area Pulveriza Soluções Agrícolas, in Rio Verde, Southwest region, Goiás, Brazil. Sowing took place in March 2022, where AS1820 hybrid corn was used. Before planting, seed treatment was performed with Standak[®] Top (200 mL 100 kg⁻¹) + Policote Seeds Titanium Verde[®] (3 mL kg⁻¹), spacing 0.45 m and 3 plants per m, 65,000 plants per hectare. With the intention of treating the seeds, Standak[®] Top (200 mL 100 kg⁻¹) + Policote Seeds Titanium Verde[®] (3 mL kg⁻¹) and vinasse were applied. Through the analysis of cost, and productivity comparing the application of commercial K in comparison to vinasse as well, as both associated and double application of vinasse, it was considered that the single application of vinasse presented lower financial cost and greater profitability in relation to all the others, thus making it possible to conclude that this treatment is

economically viable compared to the treatment with commercial potassium and the combination of both.

Keywords: organic waste, sugar cane, *Zea mays*, nutrients.

1. Introdução

O milho (*Zea mays* L.) é uma cultura anual, classificada como monocotiledônea pertencente à família Poaceae do tipo C4 possuindo ampla adaptação em várias condições climáticas, sendo esse vegetal utilizado na forma de silagem, ou na produção de grãos para beneficiamento humano e animal. Estruturalmente e resumidamente, o grão de milho é formado pelo endosperma, gérmen, pelicarpo e ponta (Nunes, 2016; Mortate et al., 2018).

A cultura do milho, apresenta para a economia grande relevância entre o meio agroindustrial e ao consumidor final, e seu cultivo, está presente em todas as partes do mundo. Além disso, do cereal são produzidos inúmeros derivados que fazem com que ele esteja presente em diversas situações cotidianas, tanto na alimentação do homem quanto na formulação de rações para diversos grupos de animais, e não somente no âmbito alimentício, porém na geração de energia como em plantas industriais na produção de biocombustível tendo o etanol como principal subproduto da fermentação dos grãos por sistema microbiano (Labegalini et al., 2016; Embrapa, 2019; Silva et al., 2022).

Em relevância de produtividade, o Brasil é considerado o 3º maior produtor mundial de milho, onde estima-se que sua produção seja em torno de 78,5 milhões de toneladas em 2013 e 93,6 milhões de toneladas na safra 2022/23 (Brasil, 2013). O grão representa aproximadamente 30% da área total cultivada, e inferior a área total sobre o cultivo pela soja (*Glycine max*) (Conab, 2020).

Nos últimos 46 anos o milho no Brasil, apresentou uma área plantada com incremento de 9.319,4 mil hectares (79%), com produtividade acrescida de 3.688,0 kg ha⁻¹ (226%) e produção com aumento exponencial de 93.085,4 mil toneladas (483%). Estima-se que, a produção desse grão, deva alcançar recorde próximo a 102,5 milhões de toneladas, o que sinalizaria a importância da cultura para a economia do país (Conab, 2020).

Entre às exigências nutricionais, observa-se que a extração de fontes de Nitrogênio (N), Fósforo (P), Potássio (K), Cálcio (Ca) e Magnésio (Mg), permitam elevar linearmente o aumento de produtividade. Ressalta-se que, são os nutrientes (macro e micronutrientes) de maior exigência da cultura N e K, seguido de Ca, Mg e P. A vinhaça por sua vez, consiste em um resíduo do processo de destilação do álcool, onde esse resíduo que requer cuidado quanto ao seu descarte e simultaneamente apresenta alto teor K dissolvido. Assim, sua aplicação ao solo pode elevar a disponibilidade do nutriente, e provocar alterações nas propriedades químicas do solo (Menezes et al., 2018; Moura et al., 2020; Coelho, 2021).

A vinhaça ou vinhoto, antigamente vista como poluidora, hoje tem grande valor econômico após estudos (Basso et al., 2013; Martins et al., 2013). A matéria orgânica expressa em Carbono livre é seu principal componente, e entre os elementos minerais de importância para o desenvolvimento e produção vegetal, o K aparece com destaque (Szymanski et al., 2010). Assim, estudos indicaram a ação benéfica dessa prática em relação à recomposição de algumas propriedades químicas do solo, utilizando a vinhaça um complexo conteúdo de minerais em prol do desenvolvimento agrícola e nova opção ao uso de fertilizantes inorgânicos advindos de rochas (Agostinho et al., 2017). Por se tratar de um método barato e de melhor eficiência na eliminação de forma ambientalmente correta desse resíduo, a dosagem de vinhaça aplicada por fertirrigação deve ser controlada. Atualmente, a matriz produtiva de etanol no Brasil se baseia a partir da garapa (solução rica em açúcares e minerais) advindos do cultivo e processamento da cana-de-açúcar. Contudo, as usinas moem a cana apenas durante a safra, que normalmente pode durar até oito meses, embora as novas plantas industriais estejam trabalhando com o ciclo anual sem parada de fábrica, exceto para manutenções (Milanez et al., 2014; Di Donato et al., 2021).

A vinhaça é obtida após o sistema de concentração de vinhaça, que é baseado na evaporação em múltiplos estágios, com evaporadores em nevoa turbulenta descendente, dotados de aquecimento e evaporação rápidos e uniformes em sistema de cascata (Passignolo et al., 2015). A concentração da vinhaça visa reduzir a quantidade de água presente neste resíduo, reduzindo assim, o seu volume e consequentemente os custos com transporte e aplicação na fertirrigação (Moreira-Sousa, 2018).

A vinhaça após sua concentração, é utilizada em larga escala na fertirrigação em lavouras, inclusive e preferencialmente na cultura canavieira, tendo como benefícios sua composição química de nutrientes e matéria orgânica, como o N, Ca, Mg e P em menores concentrações (Seixas et al., 2016) e, principalmente o K que corresponde a cerca de 20% do total de compostos orgânicos e minerais nessa solução concentrada (Marques, 2006).

Mediante o exposto, este estudo teve por objetivo, avaliar a viabilidade técnica da utilização de vinhaça como fonte alternativa de Potássio (K) na cultura de milho, em especial, no híbrido AS1820 PRO3.

2. Material e Métodos

2.1 Local experimental e dados climáticos

O ensaio foi conduzido na área experimental do IF Goiano pela empresa Pulveriza Soluções Agrícolas, na cidade de Rio Verde – GO, Brasil, localizada na região sudoeste do estado, nas coordenadas geográficas 17°48'29.3" S e 50° 53' 57.9" W; com altitude média de 720 m ao nível do mar. O clima da região é classificado conforme Köppen & Geiger (1928) e Alvares et al. (2013), como A_w (tropical), com chuva entre os meses de outubro a maio e, com seca nos meses de junho a setembro.

A temperatura média anual possui pequena variação sazonal, apresentando média de 23,8 °C, concentrando os maiores valores no mês de outubro, com 24,5 °C, e os menores valores no mês de julho, com 20,8 °C. A precipitação pluvial média anual varia entre 1.430 e 1.650 mm, concentrados de outubro a maio, ocasião em que são registradas mais de 80% do total das chuvas e o relevo é suave ondulado (6% de declividade).

2.2 Plantio e híbrido de milho utilizado

A semeadura aconteceu dia 3 de Março de 2022, onde foi utilizado para o experimento o híbrido AS1820 PRO3 da empresa Agroeste, sendo essa cultivar bastante produtivo e com alta tecnologia, facilitando assim, o manejo. Antes do plantio foi feito tratamento das sementes com o produto comercial Standak® Top com a dosagem recomendada de 200 mL 100 kg⁻¹ + Policote Seeds Titanium Verde® (3 mL kg⁻¹). As sementes foram plantadas com o espaçamento de 0,45 m, sendo 3 plantas por metro, 66.666 plantas por hectare, não houve adubação especial, os tratamentos aplicados foram somente a vinhaça e a fonte inorgânica de K comercial. Desta forma, foi instalado o projeto de irrigação por meio de gotejo, onde foi realizada com objetivo de ser utilizado para irrigação das plantas de milho com vinhaça.

2.3. Análise físico-química do solo de plantio

Antes da instalação do experimento, foram efetuadas coletas de solo deformado, para a caracterização físico-química, entre as profundidade de 0-20 e 20-40 cm. O solo da área experimental foi classificado como Latossolo Vermelho distroférico (LVdf), fase Cerrado de textura argilosa (Santos et al., 2018) (Tabela 1).

Tabela 1. Características físico-químicas do Latossolo Vermelho Distroférico, nas camadas de 0-20 e 20-40 cm, na área experimental na cultura do milho safra 2020/21.

Prof.	pH	M.O. g dm ⁻³	P mg dm ⁻³	K	Ca	Mg	Al	H+Al --- mmolc dm ⁻³ ---	T	V -%-
0-20	5,2	41	9	4,3	19	10	0	52	85,3	39
20-40	5,2	33	7	3,4	16	8	0	52	79,4	35

Prof.	m -- % --	S	B mg dm ⁻³	Cu	Fe	Mn	Zn	Argila	Silte	Areia --- g kg ⁻¹ ---
0-20	0	-	0,23	3,3	31	4,8	0,5	366	166	468
20-40	0	-	0,28	3,6	31	3,5	0,4	420	432	148

Nota: Prof. = profundidade. P (Fósforo) = Mehlich 1, K (Potássio), Na (Sódio), Cu (Cobre), Fe (Ferro), Mn (Manganês) e Zn (Zinco) = Melich 1; Ca (Cálcio), Mg (magnésio), e Al (Alumínio) = KCl 1 mol L⁻¹; S (Enxofre) = Ca(H₂PO₄)₂ 0,01 mol.L⁻¹; M.O. = Método colorimétrico; B (Boro) = água quente. T = Capacidade de troca catiônica; V = saturação de bases; m = saturação de alumínio; M.O. = Matéria orgânica. Fonte: Autores, 2022.

2.4 Delineamento experimental e aplicações

O delineamento utilizado foi o de blocos ao acaso com cinco tratamentos e quatro repetições. O tratamento foi composto levando-se em consideração a aplicação de vinhaça no híbrido do milho empregado. Estando a relação dos tratamentos e respectivas aplicações (Tabela 2) e (Tabela 3).

Tabela 2. Descrição dos tratamentos do experimento com vinhaça na híbrido de milho, na área experimental no Rio Verde, Goiás, Brasil, safra 2021/22.

Tratamentos	Descrição
T1	Manejo comercial, apenas KCl em V4
T2	Vinhaça aplicada 1x em V4
T3	Vinhaça aplicada 2x em V4 e V8
T4	Vinhaça aplicada 1x + KCl em V4
T5	Vinhaça aplicada 2x + KCl em V4 e V8

Fonte: Autores, 2022.

Tabela 3. Descrição das quantidades aplicadas no experimento com KCl e vinhaça no híbrido do milho experimental, no município de Rio Verde, Goiás, Brasil, safra 2021/22.

Tratamentos	K ₂ O ha kg ⁻¹	KCl %	Vinhaça kg 1000 L ⁻¹	KCl kg ha ⁻¹	vinhaça L ha ⁻¹	KCl kg ⁻¹	vinhaça L ⁻¹	KCl em V4/V8 kg ⁻¹	vinhaça em V4/V8 L ⁻¹
KCl	200,00	60,00	10,00	333,33	0,00	3,33	0,00	3,33	0,00
Vinhaça	200,00	60,00	10,00	0,00	20000,00	0,00	200,00	0,00	200,00
Vinhaça	200,00	60,00	10,00	0,00	20000,00	0,00	200,00	0,00	100,00
Vinhaça+KCl	200,00	60,00	10,00	166,67	10000,00	1,67	100,00	1,67	100,00
Vinhaça+KCl	200,00	60,00	10,00	166,67	10000,00	1,67	100,00	0,83	50,00

Fonte: Autores (2022).

2.5 Tratos culturais

Os tratamentos de cobertura foram aplicados a lanço, aos nove dias após a semeadura (12/03/2022), quando as plantas estavam no estágio fenológico de V1. No momento do plantio, foi efetuado tratamento de sementes com; Standak[®] Top – 200 mL 100 kg⁻¹ + Policote Seeds Titanium Verde – 3 mL kg⁻¹, não foi aplicado adubação de base. Os demais manejos nutricionais seguem na (Tabela 4).

Tabela 4. Adubação de plantio e cobertura no experimento com milho no município de Rio Verde, Estado de Goiás, Brasi, safra 2021/22.

Época	Data	Método	Adubo/Fonte	Qualidade	Garantias
Plantio	03/03/2022	Sulco	N/A	N/A	-
V1	12/03/2022	Cobertura	04-14-08	108 kg ha ⁻¹	-
V1	12/03/2022	Cobertura	Ureia	100 kg ha ⁻¹	45% N ₂

Fonte: Autores, 2022.

Conforme a necessidade, foi efetuada aplicações de produtos fitossanitários com a utilização de um pulverizador costal elétrico, para o controle de plantas daninhas, insetos-praga e doenças na cultura do milho (Tabela 5).

Tabela 5. Parâmetros sobre as aplicações por pulverização de produtos fitossanitários na cultura do milho no experimento realizado no município de Rio Verde, Estado de Goiás, Brasil, safra 2021/22.

Aplicação	Finalidade	Época	Data	Dose e Produto Comercial e Princípios Ativos
Pré-Emergente	Herbicida	V0	04/03/2022	Gramoxone - 2 L ha ⁻¹ + Kelps Terpon - 0,1 L ha ⁻¹
1 ^a	Inseticida/Herbicida	V1	10/03/2022	Galil + Atrazina - 2,5 kg ha ⁻¹
2 ^a	Herbicida	V3	19/03/2022	Glifosato - 2 kg ha ⁻¹ + Atrazina - 3 kg ha ⁻¹
3 ^a	Inseticida/Fungicida/Nutrição	V5	26/03/2022	Talisman - 700 mL ha ⁻¹ + ScoreFlex - 300 mL ha ⁻¹ + Sherife - 0,15 L ha ⁻¹
4 ^a	Herbicida	V6	29/03/2022	Glifosato - 2 L ha ⁻¹ + Atrazina - 3 kg ha ⁻¹
5 ^a	Inseticida/Fungicida	V6	09/04/2022	Mancozeb - 3,2 kg ha ⁻¹ + Sphere Max - 200 mL ha ⁻¹ + Abacus - 300 mL ha ⁻¹ + Talisman - 1,0 L ha ⁻¹ + Kelps Terpon - 0,1 L ha ⁻¹
6 ^a	Inseticida/Nutrição	V9	18/04/2022	Galil - 700 mL ha ⁻¹ + Expedition - 500 mL ha ⁻¹ + Ampligo - 200 mL ha ⁻¹ + Asgard Kupfer - 100 mL ha ⁻¹ + Asgard Zitherium - 100 mL ha ⁻¹

Fonte: Autores, 2022.

2.5 Análises do material in natura

Foi colhido por parcela em área útil de 3,6 m², sendo determinados através da medição de duas espigas, e nesta ocasião, foram avaliados o número de espigas (contagem do número de grãos em duas espigas coletadas aleatoriamente; comprimento de espiga (medição de duas espigas por tratamento utilizando uma fita métrica); diâmetro de espiga (medição do diâmetro da espiga utilizando um paquímetro eletrônico); número de fileiras de grãos (contagem manual de quantas fileiras de grãos por espiga); número de grãos por fileira (contagem manual de quantos grãos tem em cada fileira por espiga); número de grãos por planta (contagem de grão por planta, todo processo foi realizado de forma manual); massa de grãos por planta (pesagem do grãos a partir da amostra de produtividade, com correção da umidade para 14%), e produtividade de grãos e a quantidade de sacas por hectare (colheita das plantas com debulha das espigas e pesagem dos grãos com correção da umidade para 14%).

2.6 Análise estatística

Os dados das variáveis obtidas, foram submetidos à análise da variância (ANOVA) pelo teste F ao nível com 5% de probabilidade e, em casos de significância, foi realizada a análise de regressão polinomial linear e quadrática para os níveis doses (D). Para o fator fontes (F), as médias foram comparadas entre si pelo teste Tukey com 5% de probabilidade, utilizando o programa estatístico Sisvar[®] (Ferreira, 2011).

3. Resultados e Discussão

Nas Tabeças 6 e 7, estão os resultados do experimento contendo KCl comercial, solução de vinhaça e solução entre a mistura de ambos. Observa-se que, nossos resultados com a utilização de vinhaça como fonte de K apresentou ser uma potencial fonte alternativa e viável, na lavoura de milho. Sendo essa uma fonte econômica de K a partir de uma solução residual da indústria sucroalcooleira. O mesmo foi observado por Silva et al. (2019) que se verificou que as diferentes doses de vinhaça promoveram alterações significativas nos parâmetros vegetativos analisados, exceto no diâmetro em plantas de milho.

Somavilla (2013) afirma que, assim como os resultados citados em nosso estudo, o uso da vinhaça como fonte de K mostrou-se uma alternativa tecnicamente viável de fácil aquisição e de baixo preço, a ponto em que, a sua utilização apresenta facilmente meios a nível de lavoura para pequenos, médios e grandes produtores. visto que, esse resíduo in natura e rico em nutrientes é descartado diariamente em piscinas de contenção dentro das plantas de

usinas de beneficiamento de álcool etanol e açúcar. Resultado similar, foi encontrado por Basso (2013) onde aplicou a vinhaça como fonte de K para o cultivo do milho na região Noroeste do Rio Grande do Sul, onde observou incremento sobre a produtividade de grãos do milho safrinha com taxa de 26% em comparação ao cultivo convencional com uso da adubação mineral inorgânica.

De acordo com Nascimento et al. (2020), os nutrientes contribuem para o pleno desenvolvimento, e o K é de fundamental relevância para o crescimento e desenvolvimento sobre a cultura do milho, e por sua vez, em sua análise observaram que independente da fonte utilizada (vinhaça concentrada ou cloreto de potássio), com a dose de 200% do K obteve-se maior altura de planta, diâmetro de caule e comprimento de folha ao final do ciclo do milho.

Cabral Filho (2019) observou que a máxima eficiência técnica e econômica para o KCl é obtida nas doses entre 120 e 116% e, para a vinhaça concentrada, dose = 139%, no entanto, em ambas as fontes de K, a deficiência de elemento na planta de milho, ocorre até a dose de 24% (21,6 kg ha⁻¹ de K₂O) e, redução nos teores de Magnésio e Cálcio no tecido vegetal de acordo com o aumento da disponibilidade de K em período de florescimento. A dose de 100% (95 kg ha⁻¹ de K₂O) recomendada de K aplicado via KCl ou vinhaça, gera melhor balanço nutricional de macronutrientes no milho.

Em adição, Cabral Filho et al. (2020) ressaltam que, não apenas o maior fornecimento de um determinado nutriente é suficiente para garantir maior produtividade, no entanto, o uso eficiente pela planta também é muito importante, em seu experimento onde aplicou tratamentos com duas fontes de K (vinhaça concentrada e KCl) para a cultura do milho, e ao avaliarem o índice de eficiência agrônômica e econômica sobre a vinhaça e KCl, observaram que a máxima eficiência técnica e econômica para o KCl é obtida nas doses de 120 e 116% e, para a vinhaça concentrada, na dose de 139% sendo ambos eficientes.

Entre outros pesquisadores que utilizam como fonte nutritiva a vinhaça para complementar o elemento K nos vegetais, Pinto (2019) complementa que a vinhaça pode ser utilizada como biofertilizante em substituição ou complementação da adubação mineral com KCl inorgânico em forma de aplicação (*in natura* ou concentrada) em diferentes culturas, caso do cultivo de soja, a aplicação de vinhaça após três anos, ocasionou positivamente a redução no Carbono e aumento do N₂ da biomassa microbiana do solo, sendo assim, necessário observar os possíveis danos do uso contínuo em médio e longo prazo.

Tabela 6. Custos por fonte e tratamentos com e sem vinhaça na cultura do milho no experimento realizado em Rio Verde, Goiás, Brasil, safra 2020/21.

Tratamentos	Quantidade aplicada		Custos por fonte		Custos dos tratamentos --- R\$ ha ⁻¹ ---
	KCl	Vinhaça	KCl	Vinhaça	
	t ha ⁻¹	m ³ ha ⁻¹	--- R\$ ha ⁻¹ ---		
KCl	0,33	0,00	1333,32	0,00	1333,32
Vinhaça	0,00	20,00	0,00	60,00	60,00
Vinhaça + KCl	0,17	10,00	666,68	30,00	696,68
Vinhaça 2x	0,00	20,00	0,00	60,00	60,00
Vinhaça 2x + KCl 2x	0,17	10,00	666,68	30,00	696,68

Fonte: Autores, 2022.

Tabela 7. Resultados quanto aos custos \times rendimentos entre o uso com e sem adição de vinhaça nos tratamentos sobre a cultura de milho no experimento realizado em Rio Verde, Goiás, Brasil, safra 2020/21.

Tratamentos	Custos dos tratamentos	Rendimentos médios	RB	MB	CM _g	IL	Peq	Rent
	--- R\$ ha ⁻¹ ---	--- Kg ha ⁻¹ ---		--- R\$ ha ⁻¹ ---		%	Kg ha ⁻¹	
KCl	1.333,32	5.219	5.827,47	4.494,15	-	77,12	-	-
Vinhaça	60,00	5.856	6.538,78	6.478,78	0,09	99,08	53,73	1.984,63
Vinhaça + KCl	696,68	5.125	5.723,37	5.026,69	-7,47	87,83	623,89	532,54
Vinhaça 2x	60,00	5.795	6.470,73	6.410,73	0,10	99,07	53,73	1.916,58
Vinhaça 2x + KCl 2x	696,68	5.188	5.792,94	5.096,26	-22,53	87,97	623,89	602,11

Fonte: Autores, 2022.

4. Conclusões

Concluiu-se que, comparando a aplicação do potássio com a formulação KCL comercial em comparação a vinhaça, bem como, ambos associados e aplicação dupla de vinhaça, a aplicação única da vinhaça apresentou menor custo financeiro e maior rentabilidade com relação a todos os demais tratamentos, sendo assim, tal tratamento é economicamente viável se comparado aos tratamentos com o Potássio comercial e associação de ambos na cultura de milho, em especial, híbrido AS1820 PRO3.

5. Contribuições dos autores

Adjana Martins de Freitas: implementação experimental, coleta de amostras de solo, análises laboratoriais e de campo, escrita do estudo, correções gramaticais e científicas e análise de custos e benefício. *Fernando Rodrigues Cabral Filho*: coordenador experimental, busca de fundos financeiros, correções gramaticais e científicas do estudo, e submissão do manuscrito. *Christiano Lima Lobo de Andrade*: coordenador do estudo, busca de fundos financeiros para realização do estudo, acompanhamento de campo, escrita e correções gramaticais e científicas do estudo. *Marconi Batista Teixeira*: revisor do estudo, análise de mercado e lucratividade, *Daniely Karen Matias Alves*: desenvolvimento experimental, coleta de água residuária de suinocultura, plantio, e cuidados culturais e *Edson Cabral da Silva*: desenvolvimento experimental, revisor do manuscrito, correções gramaticais.

7. Conflitos de interesses

Não há conflitos de interesses.

8. Aprovação ética

Não aplicável.

9. Referências

- Agostinho, P. R., Gomes, S. S., Gallo, A. S., Guimarães, N. F., Gomes, M. S., & Silva, R. F. (2017). Biomassa microbiana em solo adubado com vinhaça e cultivado com milho safrinha em sucessão a leguminosas. *Acta Iguazu*, 6(3), 31-42. <https://e-revista.unioeste.br/index.php/actaiguazu/article/view/16259/11729>
- Alvares, C. A., Stape, J. L., Sentelhas, P. C., Gonçalves, J. L. D. M., & Sparovek, G. (2013). Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, 22(6), 711-728. <http://dx.doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>
- Basso, C. J., Santi, A. L., Lamego, F. P., Somavilla, L., & Brigo, T. J. (2013). Vinhaça como fonte de potássio: resposta da sucessão aveia-preta/milho silagem/milho safrinha e alterações químicas do solo na Região Noroeste do Rio Grande do Sul. *Ciência Rural*, 43(4), 596-602. <https://doi.org/10.1590/S0103-84782013000400006>

- Cabral Filho, F. R. (2019). *Desempenho agrônomo e balanço nutricional na planta de milho fertirrigado com vinhaça concentrada e cloreto de potássio*. Mestrado em Ciências Agrárias – Agronomia, Instituto Federal Goiano, Campus Rio Verde, Goiás, Brasil, 106 f.
- Coelho, J. D. (2021). Milho: Produção e Mercado. *Caderno Setorial ETENE*, 6, 182.
- Conab, (2020). Companhia Nacional de Abastecimento. *Produção de grãos é estimada em 272,5 milhões de toneladas com clima favorável para as culturas de 2ª safra*. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/>>. Acesso em: 17 dez. 2022
- Di Donato, G. F., Targa, M. S., & Almeida, A. A. S. (2021). Otimização do uso de recursos hídricos em uma usina de produção de etanol. *Revista em Agronegócio e Meio Ambiente*, 14(1), e006715. <https://www.proquest.com/docview/2492711339/fulltextPDF/E9F7FFE46BE0487DPQ/1?accountid=26554>
- Ferreira, D. F. (2011). Sisvar: a computer statistical analysis system. *Ciência e agrotecnologia*, 35(6), 1039-1042. <https://doi.org/10.1590/S1413-70542011000600001>
- Köppen, W., & Geiger, R. (1928). *Klimate der Erde*. Gotha: Verlag Justus Perthes. Wall-Map 150 cm x 200 cm.
- Labegalini, N. S., Buchelt, A. C., Andrade, L., Oliveira, S. C., & Campos, L. M. (2016). Desenvolvimento da cultura do milho sob efeitos de diferentes profundidades de compactação do solo. *Revista de Agricultura Neotropical*, 3(4), 7-11. <https://doi.org/10.32404/rean.v3i4.1102>
- Martins, Y. A. M., Barbosa, K. P., Silva, P. C., Costa, R. A., & Costa, A. R. (2013). Aplicação de diferentes doses de vinhaça sob o desenvolvimento vegetativo de plantas de milho. *Enciclopédia Bioesfera*, 9(16), 277-284. <https://www.conhecer.org.br/enciclop/2013a/agrarias/APLICACAO%20DE%20DIFERENTES.pdf>
- Marques, M. O. (2006). *Aspectos Técnicos E Legais Da Produção, Transporte e aplicação de vinhaça*. In: Segato, S. V., Pinto, A. S., Jendiroba, E., & Nóbrega, J. C. M. Atualização em produção de cana-de-açúcar. Piracicaba: Editorial, 369-375 p.
- Milanez, A. Y., Nyko, D., Valente, M. S., Xavier, C. E. O., Kulay, L. A., Donke, A. C. G., & Gouvêia, V. L. R. D. (2014). *A produção de etanol pela integração do milho-safrinha às usinas de cana-de-açúcar: avaliação ambiental, econômica e sugestões de política*. Disponível em: <<https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/handle/1408/1921>>. Acesso em 20 dez. 2022.
- Moreira-de-Sousa, C. (2018). *Avaliação dos impactos gerados pela vinhaça bruta e após ajuste de pH, em representantes da fauna edáfica*. Tese (doutorado), Universidade Estadual Paulista (Unesp), Instituto de Biociências, Rio Claro, São Paulo, Brasil, 176 f.
- Mortate, R. K., Nascimento, E. F., Gonçalves, E. G. S., & Lima, M. W. P. (2018). Resposta do milho (*Zea mays* L.) à adubação foliar e via solo de nitrogênio. *Revista de Agricultura Neotropical*, 5(1), 1-6. <https://doi.org/10.32404/rean.v5i1.2202>
- Moura, M. C. F., Dutra, A. S., Mesquita, R. O., Silva, M. L. S., & Lima, E. N. (2020). Respostas fisiológicas e bioquímicas de cultivares de girassol submetido à adubação com resíduo orgânico. *Nativa*, 8(3), 308-313. <http://dx.doi.org/10.31413/nativa.v8i3.9340>
- Nunes, J. L. S. (2016). *Características do Milho (Zea mays)*. Disponível em: <https://www.agrolink.com.br/culturas/milho/informacoes/caracteristicas_361401.html>. Acesso em: 18 nov. 2022.
- Pinto, L. E. V. (2019). *Vinhaça como biofertilizante para fornecimento de potássio a soja com sucessão de milho e capim e impactos sobre o solo*. Tese Doutorado em Agronomia, Universidade do Oeste Paulista, Presidente Prudente, São Paulo, Brasil, 123 f.
- Possignolo-Vitti, N. V., Bertoni, E. I., & Vitti, A. C. (2017). Decomposition of the organic matter of natural and concentrated vinasse in sandy and clayey soils. *Water Science and Technology*, 76(3), 728-738. <http://dx.doi.org/10.2166/wst.2017.239>
- Santos, H. G., Jacomine, P. K. T., Anjos, L. H. C., Oliveira, V. A., Lumberras, J. F., Coelho, M. R., Almeida, J. A., Araujo Filho, J. C., Oliveira, J. B., & Cunha, T. J. F. (2018). *Sistema Brasileiro de Classificação de Solos*. Brasília: Embrapa, 5ª Ed., revisada e ampliada. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1094003/2/SiBCS2018ISBN9788570358004.pdf>
- Silva, R. F., Mascarenhas, M. S., & Batistote, M. (2022). Biomass: bioetanol transformation and production process. *Revista de Agricultura Neotropical*, 9(4), e7089. <https://doi.org/10.32404/rean.v9i4.7089>

- Seixas, F. L., Gimenes, M. L., & Fernandes-Machado, N. R. C. (2016). Tratamento da vinhaça por adsorção em carvão de bagaço de cana-de-açúcar. *Química Nova*, 39(2), 172-179. <https://doi.org/10.5935/0100-4042.20160013>
- Silva, C. L. N., Cabral Filho, F. R., Matias Alves, D. K., Soares, F. A. L., Teixeira, M. B., & Costa, C. T. S. (2020). Crescimento e desenvolvimento do milho fertirrigado com vinhaça e cloreto de potássio. *Revista Brasileira de Agricultura Irrigada*, 14(5), 4271-4278. <https://www.inovagri.org.br/revista/index.php/rbai/article/view/1224>
- Silva, A., Ruiz, J. G. C. L., Viana, L. M., & Viana, L. M. (2019). Resposta da cultura do milho à aplicação de vinhaça como fonte de potássio. *Revista Campo Digital*, 14(1). <http://periodicos.grupointegrado.br/revista/index.php/campodigital/article/view/2824>
- Szymanski, M. S. E., Balbinot, R., & Schirmer, W. N. (2010). Biodigestão anaeróbia da vinhaça: aproveitamento energético do biogás e obtenção de créditos de carbono – estudo de caso. *Semina: Ciências Agrárias*, 31(4), 901-912. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=445744098011>

Copyrights

Copyright for this article is retained by the author(s), with first publication rights granted to the journal.

This is an open-access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).