

KP CONSULTORIA LTDA

Rua: Fernando Costa, 177 – Sala 602 - Bairro Maracanã
38.400-234 - Uberlândia/MG



Relatório Parcial

Eficiência agronômica da Nefelina Sienito para cana planta e cana soca (EDEM Agrominerais)



Uberlândia – MG
Outubro – 2022

I - PESQUISADORES RESPONSÁVEIS

Prof. Dr. Gaspar H. Korndörfer | KP Consultoria, UFU
Dr. Gustavo A. Santos | KP Consultoria
Eng. Agr. M.Sc. Camila A. C. Gualberto | KP Consultoria

II- EMPRESA FINANCIADORA DO PROJETO DE PESQUISA EDEM AGROMINERAIS

Tiago Pereira - tiago.pereira@edemprojetos.com.br
Gustavo Guerra - gustavoguerra@edemprojetos.com.br

III - COLABORADORES

Agrademos à equipe da Usina Denusa, coordenada pelo Ivan Alves, Antônio Oliveira e Jadhe Costa, por toda a ajuda e colaboração durante a condução do experimento.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	2
2. DESCRIÇÃO DO PRODUTO	4
3. EXPERIMENTO I - Potassagem	5
3.1 MATERIAL E METÓDOS	5
3.1.1 Localização do experimento e delineamento experimental	5
3.1.2 Instalação	6
3.1.3 Avaliações	7
3.1.4 Análises estatísticas	8
3.2. RESULTADOS	9
3.2.1 Número de perfilhos por metro linear.....	9
3.2.2 Teores foliares de K e Si.....	9
3.2.3 Produtividades de colmos, açúcar e qualidade da matéria-prima	10
3.3. CONCLUSÕES	12
4. EXPERIMENTO II – K e Si	13
4.1 MATERIAL E METÓDOS	13
4.1.1 Localização do experimento e delineamento experimental	13
4.1.2 Instalação	14
4.1.3 Avaliações	14
4.1.4 Análises estatísticas	15
4.2. RESULTADOS	16
4.2.1 Número de perfilhos por metro linear.....	16
4.2.2 Teores foliares de K e Si.....	16
4.2.3 Produtividades de colmos, açúcar e qualidade da matéria-prima	19
4.3. CONCLUSÕES	25
REFERÊNCIAS	26

1. INTRODUÇÃO

A cana-de-açúcar é uma cultura de grande importância socioeconômica no Brasil, cujo cultivo tem recebido destaque pela produção de matérias-primas para diversos fins, a exemplo do açúcar e do etanol, bem como pela geração de empregos. Dados fornecidos pela Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB, 2019) demonstram que a produção de cana-de-açúcar estimada para a safra 2019/2020 será de 642,7 milhões de toneladas, com acréscimos de 3,6% em relação à safra anterior.

A produtividade da cana-de-açúcar é regulada por diversos fatores de produção, com destaque para as condições de fertilidade do solo, as quais também viabilizam a sustentabilidade da cultura ao longo dos anos (GUALBERTO et al., 2019). Dentre os diferentes nutrientes limitantes no cultivo da cana-de-açúcar, destaca-se o potássio (K), uma vez que os solos tropicais brasileiros apresentam baixos teores de K trocável (BENITES et al. 2010), bem como por se tratar de um nutriente altamente extraído pela cultura (MALAVOLTA, 1994), especialmente pela cana-soca (KORNDÖRFER, OLIVEIRA 2005).

Para suprir a demanda brasileira por insumos agrícolas, o país apresenta alta dependência à importação das matérias-primas básicas para a fabricação de fertilizantes potássicos, tornando-o vulnerável às oscilações do mercado e afetando o custo de produção agrícola (IEA, 2018). Além disso, as fontes minerais convencionalmente utilizadas estão sujeitas, muitas vezes, às perdas por lixiviação, a exemplo das fontes potássicas de alta solubilidade, diminuindo a eficiência do uso de fertilizantes e, quando utilizadas em excesso, promovendo possíveis impactos às culturas e ao ambiente (ANDA, 2017).

Neste contexto, novos fertilizantes têm sido desenvolvidos visando reduzir a dependência da importação de fertilizantes, aumentar a eficiência da adubação e promover o aproveitamento dos recursos naturais. Segundo Theodoro e Almeida (2013), a tecnologia da rochagem, a qual consiste na moagem e aplicação de determinados tipos de rochas contendo macronutrientes, micronutrientes e elementos benéficos, é uma alternativa com potencial de promover melhorias à fertilidade dos solos brasileiros. Assim, os pós de rocha, também conhecidos como remineralizadores ou agrominerais, são utilizados com o objetivo de restaurar solos degradados, sendo considerados “estoques” de nutrientes de baixa dissolução, os quais estarão disponíveis de acordo com a demanda da planta (THEODORO et al., 2010).

Neste sentido, a Nefelina Sienito é uma rocha obtida no estado de Minas Gerais e pelo Grupo Edem Agrominerais e apresenta grande potencial de uso em cultivos om cana-de-açúcar. Assim, objetivou-se avaliar a eficiência da Nefelina Sienito como fonte de K e Si para a cana planta e cana soca.

2. DESCRIÇÃO DO PRODUTO

A rocha é definida, segundo análise fornecida pelo requerente, como Nefelina Sienito, cuja descrição mineralógica demonstra 65% de Ortoclásio, 15% de Nefelina, 10% de Aegirina/Augita, 5% de Sodalita, 3% de Sericita e 2% de Minerais acessórios. Como características químicas, a Nefelina Sienito contém 11,0% de K_2O , 0,02% de CaO , 0,5% de MgO , 0,05% de P_2O_5 , 0,3% de MnO , 56,2% de SiO_2 , 22,6% de Al_2O_3 , 2,8% de Fe_2O_3 , 0,5% de Na_2O e 0,4% de TiO_2 .

3. EXPERIMENTO I - Potassagem com Nefelina Sienito para cana-de-açúcar

3.1 MATERIAL E MÉTODOS

3.1.1 Localização do experimento e delineamento experimental

O experimento foi instalado em área de produção de cana-de-açúcar da Usina Denusa, localizada na fazenda São Pedro, talhão 69, município de Indiará – GO. Utilizou-se delineamento experimental em blocos casualizados (DBC), com quatro repetições. Assim, avaliaram-se as fontes Nefelina Sienito e KCl, isoladas ou combinadas, bem como um tratamento testemunha sem a aplicação de K em área total ou no sulco de plantio. Os produtos, a época de aplicação e as doses utilizadas em cada tratamento estão mostrados na tabela 1.

Tabela 1. Produtos e doses utilizadas em cada tratamento

Tratamento	Produto	Dose de K ₂ O (kg ha ⁻¹)		
		Total	Área total (Nefelina Sienito)	Sulco (KCl)
1	Testemunha	0	0	0
2	Nefelina Sienito	160	160	0
3	Nefelina Sienito + KCl	160	100	60
4	Nefelina Sienito + KCl	160	60	100
5	KCl	160	0	160

Nefelina Sienito: 11,0% de K₂O, 0,02% de CaO, 0,5% de MgO, 0,05% de P₂O₅, 0,3% de MnO, 56,2% de SiO₂, 22,6% de Al₂O₃, 2,8% de Fe₂O₃, 0,5% de Na₂O e 0,4% de TiO₂. **KCl:** 60% de K₂O.

As parcelas foram constituídas por 5 linhas de cana-de-açúcar com 10 m de comprimento e espaçadas 1,5 m entre si. A área de cultivo de cada parcela foi de 75 m², sendo que, entre cada uma das parcelas, adotou-se ainda um espaçamento de 3 m nas cabeceiras.

O experimento foi instalado em área com ambiente de produção C, em um solo com 36,2% de argila, cujas características químicas estão descritas na tabela 2.

Tabela 2. Caracterização química do solo da área de instalação do experimento Usina Denusa, localizada na fazenda São Pedro, talhão 69, município de Indiará – GO, instalação em 12/19)

Prof cm	pH	P mg dm ⁻³	S mg dm ⁻³	K cmol _c dm ⁻³	Ca cmol _c dm ⁻³	Mg cmol _c dm ⁻³	Al cmol _c dm ⁻³	MO %	B %	Cu mg dm ⁻³	Fe mg dm ⁻³	Mn mg dm ⁻³	Zn mg dm ⁻³	SB cmol _c dm ⁻³	T cmol _c dm ⁻³	V %
0-20	5,3	16,3	6	0,20	3,5	1,1	0	2,7	0,1	3,0	16	23,7	0,7	4,8	6,9	69,5
20-40	5,4	11,6	14	0,09	2,5	0,7	0	2,5	0,1	3,0	19	17,9	0,4	3,3	5,6	59,0

pH: CaCl₂; P: Resina.K: Mehlich-1; S: Ca(H₂PO₄)₂ 0,01 mol L⁻¹; Al, Ca, Mg: KCl 1 mol L⁻¹; MO: K₂Cr₂O₇; B: BaCl₂; Cu, Fe, Mn e Zn: DTPA; : SB: soma de bases; T: CTC a pH 7; V: saturação por bases (SILVA, 2009).

Entende-se como ambiente de produção a junção de uma ou mais unidades de mapeamento de solo com capacidades de produção semelhantes, associadas às

características climáticas e de manejo varietal de uma determinada região (DEMATTE & DEMATTE, 2009). A análise dessas informações resulta no estabelecimento de classes de potencial de produção dos solos para a cultura da cana-de-açúcar, as quais são representadas pelas letras A, B, C, D e E (JOAQUIM et al., 1997). Os solos que pertencem à classe A (ambiente A), por exemplo, têm o melhor potencial para o desenvolvimento e rendimento da cultura da cana-de-açúcar, os de classe B (ambiente B) têm menor potencial que os da classe A e assim sucessivamente até a classe E (ambiente E), em que estão incluídos os solos de menor potencial (BERTOLANI et al., 2015).

3.1.2 Instalação

Os tratamentos foram aplicados no dia 20 de dezembro de 2019. A fonte Nefelina Sienito foi aplicada de forma manual, em área total e antes da sulcação (Figura 1), cuja incorporação foi realizada com o auxílio de uma grade intermediária. A fonte KCl foi aplicada de forma manual, no sulco de plantio (Figura 2). Não houve reaplicação na soqueira.

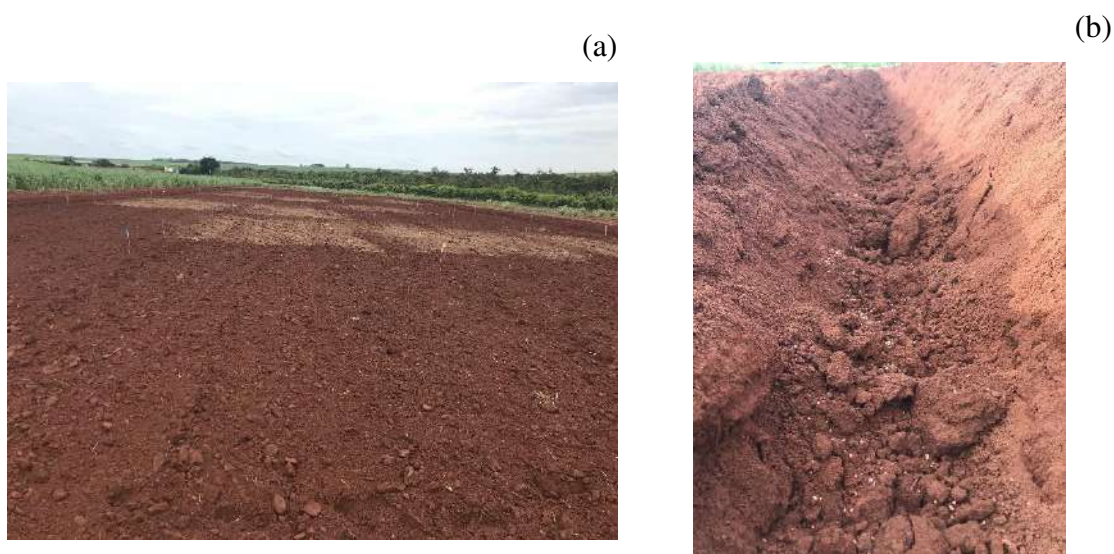


Figura 1. Aplicação da Nefelina Sienito em área total (a) e do KCl no sulco de plantio (b)

Utilizou-se a variedade SP 95-5094 (cana planta), a qual apresenta porte semiereto, produtividade elevada, ótima brotação de soqueira, ausência de florescimento e ótimo desempenho em plantio de inverno. Além disso, esta variedade é recomendada para ambientes médios-favoráveis e para colheitas nos meses de maio a setembro (SOCICANA, 2012).

3.1.3 Avaliações

- Número de perfilhos por metro linear

Aos 172 e 718 dias após a aplicação (DAA) (06/20 e 12/21), avaliou-se o número de perfilhos por metro linear da cana planta e da cana soca pela contagem do número de perfilhos presentes nas três linhas centrais de cada parcela. A relação do número total de perfilhos obtidos pelo total de metros lineares avaliados resulta nos valores de número de perfilhos por metro linear.

- Análise foliar

Aos 300 e 796 DAA (10/20 e 02/22), foram coletadas amostras de folhas para análise dos teores de K e Si seguindo metodologias propostas por Silva (2009) e Korndorfer et al. (2004), respectivamente. Assim, coletaram-se duas folhas (TVD - Top Visible Dewlap) de cada uma das 5 linhas da parcela. A TVD é definida como a primeira folha com a lígula visível, das quais foram retirados o terço médio e a nervura central para a posterior análise laboratorial.

- Toneladas de colmos por hectare (TCH)

Aos 535 e 874 DAA (17 e 29 meses) (06/21 e 05/22), realizou-se a colheita manual de 3 metros de cada uma das três linhas centrais de cada parcela, totalizando 9 metros lineares por parcela. A pesagem da cana-de-açúcar colhida foi realizada com o auxílio de balança acoplada a m tripé de sustentação (Figura 2), determinando-se assim o peso de cada uma das linhas avaliadas. A produtividade foi determinada convertendo os pesos obtidos para $t\ ha^{-1}$.



Figura 2. Pesagem da cana-de-açúcar colhida com o auxílio de balança acoplada ao tripé

- Qualidade da matéria-prima e toneladas de açúcar por hectare (TAH)

Para a realização das análises de qualidade da matéria-prima, foram amostrados, aleatoriamente antes de ambas as colheitas, 10 colmos seguidos da linha central da parcela. Em seguida, os materiais obtidos foram submetidos à análise tecnológica no laboratório da Usina Denusa, seguindo metodologia proposta por CONSECANA (2006). Determinou-se o açúcar total recuperável (ATR em kg t^{-1}), usado também para o cálculo da produção de açúcar por hectare (TAH em t ha^{-1}), multiplicando-o pelo TCH.

3.1.4 Análises estatísticas

As médias dos tratamentos foram submetidas à análise de variância utilizando-se o programa estatístico Sisvar (versão 5.3) (FERREIRA, 2014) e comparadas pelo teste de Scott-Knott a 0,10 de significância.

3.2 RESULTADOS

3.2.1 Número de perfilhos por metro linear

Apesar de não observadas diferenças entre os tratamentos, as fontes de K_2O resultaram em acréscimos no perfilhamento de até 1,2 perfilhos m^{-1} na cana planta e 0,7 perfilhos m^{-1} na cana soca, cujos melhores resultados foram observados com a combinação de Nefelina Sienito em área total + KCl no sulco de plantio (Tabela 3).

Tabela 3. Número de perfilhos de cana planta e cana soca por metro linear (IAC SP 955094, Usina Denusa, Indiara - GO) após a aplicação de fontes de K_2O em área total, no pré-plantio e incorporada com grade (Nefelina Sienito) ou no sulco de plantio (KCl) (instalação em 12/19, contagem em 06/20 e 12/21) (solo com $0,20 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ de K na profundidade de 0-20 cm)

Tratamento	Dose de K_2O (kg ha^{-1})		Perfilho m^{-1}	
	Área total	Sulco	1º corte	2º corte
Testemunha	0	0	10,0 a	14,7 a
Nefelina Sienito	160	0	10,3 a	14,7 a
Nefelina Sienito + KCl	100	60	10,8 a	15,4 a
Nefelina Sienito + KCl	60	100	11,2 a	15,3 a
KCl	0	160	10,1 a	15,1 a

1º corte: CV: 7,1%. 2º corte: CV: 5,2%.

Médias seguidas por letras distintas na coluna são diferentes pelo teste de Scott-Knott a 1,0 de significância.

Obs: Não houve reaplicação na soqueira.

3.2.2 Teores foliares de K e Si

Não foram observadas diferenças estatísticas entre os tratamentos quanto aos teores de K e Si em folhas da cana planta e cana soca após a aplicação das fontes de K_2O no plantio da cana (Tabela 4). Por outro lado, ressalta-se que, quando comparadas à testemunha, acréscimos de até $1,5 \text{ g kg}^{-1}$ de K, foram obtidos, cujos melhores resultados são observados com a aplicação de 100 kg ha^{-1} de Nefelina Sienito em área total + 60 kg ha^{-1} de KCl no sulco de plantio (Tabela 4). Quanto ao Si, melhores resultados foram obtidos quando as maiores doses de Nefelina Sienito foram utilizadas (Tabela 4).

Tabela 4. Teores de K e Si em folhas da cana planta e da cana soca (IAC SP 955094, Usina Denusa, Indiará - GO) após a aplicação de fontes de K_2O em área total, no pré-plantio e incorporada com grade (Nefelina Sienito) ou no sulco de plantio (KCl) (instalação em 12/19, amostragem em 10/20 e 02/22) (solo com $0,20 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ de K na profundidade de 0-20 cm)

Tratamento	Dose de K_2O (kg ha^{-1})		K Foliar (g kg^{-1})		Si Foliar (g kg^{-1})	
	Área total	Sulco	1º corte	2º corte	1º corte	2º corte
Testemunha	0	0	10,3 a	11,3 a	6,7 a	3,2 a
Nefelina Sienito	160	0	10,8 a	11,7 a	8,0 a	3,5 a
Nefelina Sienito + KCl	100	60	11,8 a	12,1 a	8,0 a	3,3 a
Nefelina Sienito + KCl	60	100	11,2 a	11,7 a	7,2 a	2,6 a
KCl	0	160	11,0 a	11,5 a	6,3 a	3,0 a

1º corte: K Foliar: CV: 11,6%. Si Foliar: CV: 21,4%.

2º corte: K Foliar: CV: 6,8%. Si Foliar: CV: 14,6%.

Médias seguidas por letras distintas na coluna são diferentes pelo teste de Scott-Knott a 1,0 de significância.

Obs: Não houve reaplicação na soqueira.

3.2.3 Produtividades de colmos, açúcar e qualidade da matéria-prima

A aplicação das diferentes fontes de K_2O resultou em produtividades superiores ao tratamento testemunha, independentemente da dose utilizada no sulco ou em área total, com ganhos na cana planta de até 40 e 6 toneladas de colmos e de açúcar por hectare, respectivamente. Na soqueira, ganhos de até 27 e 4 toneladas de colmos e de açúcar por hectare, respectivamente, foram obtidos. Ao se avaliar os ganhos acumulados (somatório dos dois cortes), a aplicação de 100 kg ha^{-1} de K_2O via Nefelina Sienito + 60 kg ha^{-1} de K_2O via KCl resultou em aproximadamente 67 toneladas de colmos e 10 toneladas de açúcar por hectare a mais que o tratamento testemunha (Tabelas 5 e 6).

Quanto ao ATR, apesar de não observadas diferenças estatísticas, ganhos de até $4,0 \text{ kg t}^{-1}$ em relação à testemunha foram obtidos com a aplicação das diferentes fontes de K_2O (Tabela 7).

De modo geral, melhores resultados foram obtidos com a combinação de 100 kg ha^{-1} de K_2O em área total no pré-plantio (Nefelina Sienito) e 60 kg ha^{-1} de K_2O no sulco de plantio (KCl).

Tabela 5. Produtividade de colmos (TCH) da cana planta e da cana soca e valores acumulados (soma dos dois cortes) (IAC SP 955094, Usina Denusa, Indiará – GO, ambiente de produção C) após a aplicação de fontes de K₂O em área total no pré-plantio (Nefelina Sienito) ou no sulco de plantio (KCl) (instalação em 12/19, colheitas em 06/21 e 05/22) (solo com 0,20 cmol_c dm⁻³ de K na profundidade de 0-20 cm)

Tratamento	Dose de K ₂ O (kg ha ⁻¹)		TCH (t ha ⁻¹)		
	Área total	Sulco	1º corte	2º corte	Acumulado
Testemunha	0	0	111,1 b	103,4 b	214,5 b
Nefelina Sienito	160	0	140,9 a	119,7 a	260,6 a
Nefelina Sienito + KCl	100	60	151,2 a	130,7 a	281,8 a
Nefelina Sienito + KCl	60	100	144,1 a	126,0 a	270,1 a
KCl	0	160	139,2 a	120,7 a	259,8 a

CV%: Cana planta = 12,5%. Cana soca = 8,3%. Acumulado = 8,4%.

Médias seguidas por letras distintas na linha são diferentes pelo teste de Scott-Knott a 1,0 de significância.

Obs: Não houve reaplicação na soqueira.

Tabela 6. Produtividade de açúcar (TAH) da cana planta e da cana soca e valores acumulados (soma dos dois cortes) (IAC SP 955094, Usina Denusa, Indiará – GO, ambiente de produção C) após a aplicação de fontes de K₂O em área total no pré-plantio (Nefelina Sienito) ou no sulco de plantio (KCl) (instalação em 12/19, colheitas em 06/21 e 05/22) (solo com 0,20 cmol_c dm⁻³ de K na profundidade de 0-20 cm)

Tratamento	Dose de K ₂ O (kg ha ⁻¹)		TAH (t ha ⁻¹)		
	Área total	Sulco	1º corte	2º corte	Acumulado
Testemunha	0	0	15,7 b	13,6 b	29,3 b
Nefelina Sienito	160	0	20,0 a	15,9 a	36,0 a
Nefelina Sienito + KCl	100	60	21,9 a	17,4 a	39,4 a
Nefelina Sienito + KCl	60	100	20,8 a	17,2 a	38,0 a
KCl	0	160	19,8 a	16,2 a	36,0 a

CV%: Cana planta = 14,4%. Cana soca = 9,0%. Acumulado = 9,7%.

Médias seguidas por letras distintas na linha são diferentes pelo teste de Scott-Knott a 1,0 de significância.

Obs: Não houve reaplicação na soqueira.

Tabela 7. Açúcar total recuperável (ATR) da cana planta e da cana soca e valores acumulados (soma dos dois cortes) (IAC SP 955094, Usina Denusa, Indiará – GO, ambiente de produção C) após a aplicação de fontes de K₂O em área total no pré-plantio (Nefelina Sienito) ou no sulco de plantio (KCl) (instalação em 12/19, colheitas em 06/21 e 05/22) (solo com 0,20 cmol_c dm⁻³ de K na profundidade de 0-20 cm)

Tratamento	Dose de K ₂ O (kg ha ⁻¹)		ATR (kg t ⁻¹)		
	Área total	Sulco	1º corte	2º corte	Médio
Testemunha	0	0	141,3 a	131,6 a	136,5 a
Nefelina Sienito	160	0	142,3 a	133,1 a	137,7 a
Nefelina Sienito + KCl	100	60	145,2 a	133,5 a	139,3 a
Nefelina Sienito + KCl	60	100	144,5 a	136,5 a	140,5 a
KCl	0	160	142,1 a	134,5 a	138,3 a

Cana planta = 5,3%. Cana soca = 3,9%. Médio = 2,9%.

Médias seguidas por letras distintas na linha são diferentes pelo teste de Scott-Knott a 1,0 de significância.

Obs: Não houve reaplicação na soqueira

3.3 CONCLUSÕES

- a) A aplicação das diferentes fontes de K_2O resulta em produtividades superiores ao tratamento testemunha, com ganhos acumulados (somatório dos dois cortes) de até 67 e 10 toneladas de colmos e de açúcar por hectare, respectivamente.
- b) Quanto ao ATR, apesar de não observadas diferenças estatísticas, ganhos de até 4,0 $kg\ t^{-1}$ em relação à testemunha são obtidos com a aplicação das diferentes fontes de K_2O .
- c) De modo geral, maiores valores são obtidos com a combinação de 100 $kg\ ha^{-1}$ de K_2O em área total no pré-plantio (Nefelina Sienito) e 60 $kg\ ha^{-1}$ de K_2O no sulco de plantio (KCl).
- d) Tais resultados demonstram a possibilidade da diminuição da dose de KCl no sulco de plantio com a aplicação da Nefelina Sienito no pré-plantio, tornando esta fonte uma alternativa para a adubação potássica, especialmente em tempos de crise.

4. EXPERIMENTO II - Nefelina Sienito como fonte de K e Si (cana planta e soqueira)

4.1 MATERIAL E MÉTODOS

4.1.1 Localização do experimento e delineamento experimental

O experimento foi instalado em área de produção de cana-de-açúcar da Usina Denusa, localizada na fazenda São Pedro, talhão 69, município de Indiara – GO. Utilizou-se delineamento experimental em blocos casualizados (DBC), com quatro repetições. Assim, avaliaram-se diferentes doses das fontes Nefelina Sienito e KCl, bem como um tratamento testemunha sem a aplicação de K em área total ou no sulco de plantio. Os produtos, a época de aplicação e as doses utilizadas em cada tratamento estão mostrados na tabela 1.

Tabela 1. Produtos e doses utilizadas em cada tratamento

Tratamento	Produto	Dose de K ₂ O (kg ha ⁻¹)	Forma de aplicação
1	Testemunha	0	---
2	KCl	60	Sulco (plantio)
3	KCl	120	Sulco (plantio)
4	KCl	180	Sulco (plantio)
7	Nefelina Sienito	60	Área total (pré-plantio)
8	Nefelina Sienito	120	Área total (pré-plantio)
9	Nefelina Sienito	180	Área total (pré-plantio)

Nefelina Sienito: 11,0% de K₂O, 0,02% de CaO, 0,5% de MgO, 0,05% de P₂O₅, 0,3% de MnO, 56,2% de SiO₂, 22,6% de Al₂O₃, 2,8% de Fe₂O₃, 0,5% de Na₂O e 0,4% de TiO₂. **KCl:** 60% de K₂O.

As parcelas foram constituídas por 5 linhas de cana-de-açúcar com 10 m de comprimento e espaçadas 1,5 m entre si. A área de cultivo de cada parcela foi de 75 m², sendo que, entre cada uma das parcelas, adotou-se ainda um espaçamento de 3 m nas cabeceiras.

O experimento foi instalado em área com ambiente de produção C, em um solo com 36,2% de argila, cujas características químicas estão descritas na tabela 2.

Tabela 2. Caracterização química do solo da área de instalação do experimento Usina Denusa, localizada na fazenda São Pedro, talhão 69, município de Indiara – GO, instalação em 12/19)

Prof cm	pH	P mg dm ⁻³	S mg dm ⁻³	K -----	Ca cmol _c dm ⁻³ -----	Mg -----	Al -----	MO %	B -----	Cu -----	Fe mg dm ⁻³ -----	Mn -----	Zn -----	SB cmol _c dm ⁻³	T -----	V %
0-20	5,3	16,3	6	0,20	3,5	1,1	0	2,7	0,1	3,0	16	23,7	0,7	4,8	6,9	69,5
20-40	5,4	11,6	14	0,09	2,5	0,7	0	2,5	0,1	3,0	19	17,9	0,4	3,3	5,6	59,0

pH: CaCl₂; P: Resina.K: Mehlich-1; S: Ca(H₂PO₄)₂ 0,01 mol L⁻¹; Al, Ca, Mg: KCl 1 mol L⁻¹; MO: K₂Cr₂O₇; B: BaCl₂; Cu, Fe, Mn e Zn: DTPA; : SB: soma de bases; T: CTC a pH 7; V: saturação por bases (SILVA, 2009).

4.1.2 Instalação

Os tratamentos foram aplicados no dia 20 de dezembro de 2019. A fonte Nefelina Sienito foi aplicada de forma manual e em área total, cuja incorporação foi realizada com o auxílio de uma grade intermediária. A fonte KCl foi aplicada de forma manual, no sulco de plantio. Não houve reaplicação dos tratamentos na soqueira.

Utilizou-se a variedade SP 95-5094 (cana planta), a qual apresenta porte semiereto, produtividade elevada, ótima brotação de soqueira, ausência de florescimento e ótimo desempenho em plantio de inverno. Além disso, esta variedade é recomendada para ambientes médios-favoráveis e para colheitas nos meses de maio a setembro (SOCICANA, 2012).

4.1.3 Avaliações

- Número de perfilhos por metro linear

Aos 172 e 718 dias após a aplicação (06/20 e 12/21), avaliou-se o número de perfilhos por metro linear da cana planta e da cana soca pela contagem do número de perfilhos presentes nas três linhas centrais de cada parcela. A relação do número total de perfilhos obtidos pelo total de metros lineares avaliados resulta nos valores de número de perfilhos por metro linear.

- Análise foliar

Aos 300 e 796 DAA (10/20 e 02/22), foram coletadas amostras de folhas para análise dos teores de K e Si seguindo metodologias propostas por Silva (2009) e Korndorfer et al. (2004), respectivamente. Assim, coletaram-se duas folhas (TVD - Top Visible Dewlap) de cada uma das 5 linhas da parcela. A TVD é definida como a primeira folha com a lígula visível, das quais foram retirados o terço médio e a nervura central para a posterior análise laboratorial.

- Toneladas de colmos por hectare (TCH)

Aos 535 e 874 DAA (17 e 29 meses) (06/21 e 05/22), realizou-se a colheita manual de 3 metros de cada uma das três linhas centrais de cada parcela, totalizando 9 metros lineares por parcela. A pesagem da cana-de-açúcar colhida foi realizada com o auxílio de balança acoplada a m tripé de sustentação, determinando-se assim o peso de cada uma das linhas avaliadas. A produtividade foi determinada convertendo os pesos obtidos para $t\ ha^{-1}$.

- Qualidade da matéria-prima e toneladas de açúcar por hectare (TAH)

Para a realização das análises de qualidade da matéria-prima, foram amostrados, aleatoriamente antes de ambas as colheitas, 10 colmos seguidos da linha central da parcela. Em seguida, os materiais obtidos foram submetidos à análise tecnológica no laboratório da Usina Denusa, seguindo metodologia proposta por CONSECAN (2006). Determinou-se o açúcar total recuperável (ATR em kg t^{-1}), usado também para o cálculo da produção de açúcar por hectare (TAH em t ha^{-1}), multiplicando-o pelo TCH.

4.1.4 Análises estatísticas

As médias dos tratamentos foram submetidas à análise de variância utilizando-se o programa ASSISTAT versão 7.6 beta (SILVA; AZEVEDO, 2016) e comparadas pelos testes de Tukey e Dunnet (comparação com a testemunha), ambos a 0,05 de significância. Para a variável dose, realizou-se análise de regressão com auxílio dos programas estatísticos Sisvar (versão 5.3) (FERREIRA, 2014) e SigmaPlot (versão 11.0) (SYSTAT SOFTWARE, 2008) a 0,1 de significância.

4.2 RESULTADOS

4.2.1 Número de perfilhos por metro linear

Maiores valores médios de perfilhos por metro linear da cana planta foram observados com a aplicação do KCl no sulco de plantio, com acréscimos de 0,4 perfilhos m^{-1} em relação à Nefelina Sienito (Tabela 3). Por outro lado, ressalta-se que a aplicação da menor dose de Nefelina Sienito, em área total, resultou em número de perfilhos por metro linear superior à testemunha (presença do *), com ganhos de 1,0 perfilho m^{-1} (Tabela 3).

Na soqueira, nota-se que, apesar de não observadas diferenças entre as fontes, a aplicação da menor dose de Nefelina Sienito resultou em perfilhamento superior à testemunha (presença do *), com acréscimos de 2 perfilhos por metro linear (Tabela 3).

Tabela 3. Número de perfilhos de cana planta e cana soca por metro linear (IAC SP 955094, Usina Denusa, Indiará - GO) após a aplicação de doses de K_2O provenientes das fontes Nefelina Sienito (área total, pré-plantio e incorporada com grade) ou KCl (sulco de plantio) (instalação em 12/19, contagem em 06/20 e 12/21) (solo com $0,20 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ de K na profundidade de 0-20 cm)

Dose de K_2O ($kg \text{ ha}^{-1}$)	Perfilho m^{-1}			
	1º corte		2º corte	
	Nefelina Sienito	KCl	Nefelina Sienito	KCl
0	9,9		14,9	
60	10,9 *	12,1*	16,9*	16,1
120	10,7	9,7	15,7	15,8
180	10,5	11,4 *	15,3	15,6
Média	10,7 b	11,1 a	15,9 a	15,8 a

1º corte: DMSTukey: 0,3; DMSDunnet: 0,8. CV: 3,7%.

2º corte: DMSTukey: 0,9; DMSDunnet: 2,0. CV: 6,4 %.

Médias seguidas por letras distintas na linha são diferentes pelo teste de Tukey a 0,05 de significância. * Difere do tratamento testemunha pelo teste de Dunnet a 0,05 de significância.

Obs: Não houve reaplicação dos tratamentos na soqueira.

Não foi obtido ajuste de modelo de regressão significativo que demonstre o efeito das doses crescentes de K_2O no perfilhamento da cana planta e da cana soca.

4.2.2 Teores foliares de K e Si

Apesar de não observadas diferenças estatísticas entre os tratamentos, a aplicação da Nefelina Sienito, em área total e na dose de 120 kg ha^{-1} de K_2O , resultou em acréscimos nos teores foliares de K na cana planta e na cana soca de até $1,6 \text{ g kg}^{-1}$ quando comparada à testemunha (Tabela 4).

Tabela 4. Teores de K em folhas da cana planta e da cana soca (IAC SP 955094, Usina Denusa, Indiará - GO) após a aplicação de doses de K₂O provenientes das fontes Nefelina Sienito (área total, pré-plantio e incorporada com grade) ou KCl (sulco de plantio) (instalação em 12/19, amostragem em 10/20 e 02/22) (solo com 0,20 cmol_c dm⁻³ de K na profundidade de 0-20 cm)

Dose de K ₂ O (kg ha ⁻¹)	K Foliar (g kg ⁻¹)					
	1º corte			2º corte		
	Nefelina Sienito	KCl	Média	Nefelina Sienito	KCl	Média
0	11,5			11,0		
60	11,5	12,4	11,9	12,4	11,9	12,1
120	12,8	13,6	13,2	12,6	11,9	12,2
180	11,9	12,2	12,0	11,8	12,4	12,0
Média	12,0 a	12,7 a		12,2 a	12,0 a	

1º corte: DMSTukey: 2,2; DMSDunnet: 5,2. CV: 21,1%. **2º corte:** K foliar: DMSTukey: 1,0; DMSDunnet: 2,4. CV: 9,9%.

Médias seguidas por letras distintas na linha são diferentes pelo teste de Tukey a 0,05 de significância. * Difere do tratamento testemunha pelo teste de Dunnet a 0,05 de significância.

Obs: Não houve reaplicação dos tratamentos na soqueira.

Não foi obtido ajuste de modelo de regressão significativo que demonstre o efeito das doses crescentes de K₂O nos teores foliares de K na cana planta. Na soqueira, modelo polinomial quadrático foi observado, sendo que o melhor resultado seria obtido na dose de 120 kg ha⁻¹ de K₂O (médias das duas fontes) (Figura 1).

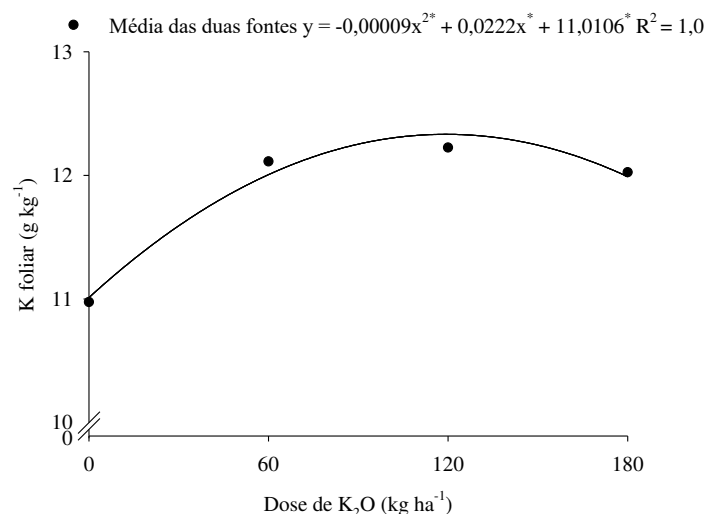


Figura 1. Teores de K em folhas da cana soca (IAC SP 955094, Usina Denusa, Indiará - GO) após a aplicação de doses de K₂O provenientes das fontes Nefelina Sienito (área total, pré-plantio e incorporada com grade) ou KCl (sulco de plantio)

Quanto ao Si, nota-se que, apesar de não observadas diferenças entre os tratamentos na cana planta, a aplicação da Nefelina Sienito no plantio resultou em maiores teores foliares deste elemento na cana soca, com acréscimo de $1,4 \text{ g kg}^{-1}$ em relação ao KCl (Tabela 5). Além disso, teor de Si superior à testemunha foi obtido com a aplicação da maior dose de Nefelina Sienito (presença do *), com acréscimos de $1,6 \text{ g kg}^{-1}$ de Si (Tabela 5).

Tabela 5. Teores de Si em folhas da cana planta e da cana soca (IAC SP 955094, Usina Denusa, Indiara - GO) após a aplicação de doses de K_2O provenientes das fontes Nefelina Sienito (área total, pré-plantio e incorporada com grade) ou KCl (sulco de plantio) (instalação em 12/19, amostragem em 10/20 e 02/22) (solo com $0,20 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ de K na profundidade de 0-20 cm)

Dose de K_2O (kg ha^{-1})	Si Foliar (g kg^{-1})					
	1º corte			2º corte		
	Nefelina Sienito	KCl	Média	Nefelina Sienito	KCl	Média
0	5,7			3,6		
60	5,8	5,6	5,7	4,3	3,2	3,8
120	6,0	5,4	5,7	5,3	3,8	4,4
180	5,8	5,5	5,6	5,5*	3,7	4,6
Média	5,8 a	5,5 a		5,0 a	3,6 b	

1º corte: DMSTukey: 0,7; DMSDunnet: 1,7. CV: 15,3%. **2º corte:** DMSTukey: 0,7; DMSDunnet: 1,7. CV: 20,7%.

Médias seguidas por letras distintas na linha são diferentes pelo teste de Tukey a 0,05 de significância. * Difere do tratamento testemunha pelo teste de Dunnet a 0,05 de significância.

Obs: Não houve reaplicação dos tratamentos na soqueira.

Não foi obtido ajuste de modelo de regressão significativo que demonstre o efeito das doses crescentes de K_2O através da Nefelina Sienito e do KCl nos teores foliares de Si na cana planta. Na soqueira, acréscimos lineares de $0,7 \text{ g kg}^{-1}$ de Si são obtidos a cada 100 kg ha^{-1} de K_2O (médias das duas fontes) (Figura 2).

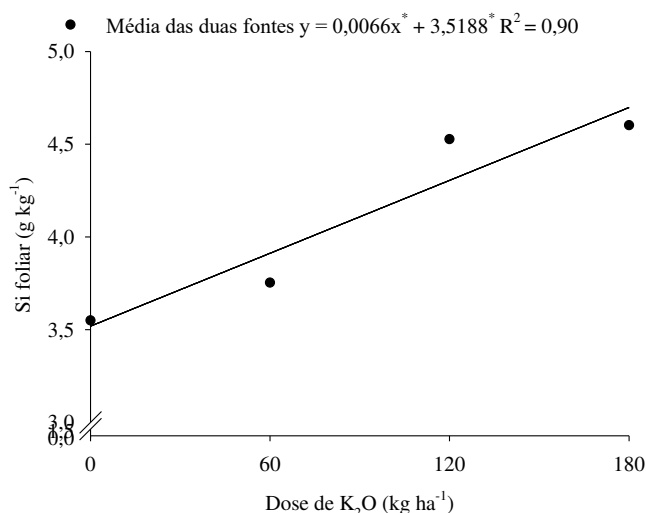


Figura 2. Teores de Si em folhas da cana soca (IAC SP 955094, Usina Denusa, Indiará - GO) após a aplicação de doses de K₂O provenientes das fontes Nefelina Sienito (área total, pré-plantio e incorporada com grade) ou KCl (sulco de plantio) (instalação em 12/19, amostragem em 02/22)

4.2.3 Produtividades de colmos, açúcar e qualidade da matéria-prima

De modo geral, não foram observadas diferenças entre os tratamentos quanto à produtividade e à qualidade da matéria-prima da cana planta após a aplicação de doses de K₂O provenientes das fontes Nefelina Sienito (área total e incorporada) e KCl (fundo do sulco). Por outro lado, nota-se que a aplicação da Nefelina Sienito, em área total no pré-plantio e incorporada com grade, resultou ganhos em TCH de até 17 t ha⁻¹ na cana planta e de 15 t ha⁻¹ na cana soca quando comparada à testemunha. Ao se avaliar os ganhos acumulados (somatório dos dois cortes), ganhos de até 29 toneladas de colmos por Hectare foram obtidos, cujos melhores resultados foram observados na dose de 120 kg ha⁻¹ de K₂O (Tabela 6).

Quando ambas as fontes foram aplicadas na dose de 120 kg ha⁻¹ de K₂O, a Nefelina Sienito resulta em ganhos acumulados de 9,5 toneladas de colmos por hectare e 2 toneladas de açúcar por hectare em relação ao KCl (Tabela 6). Tais resultados demonstram o bom efeito residual da Nefelina Sienito, especialmente quando menores doses são utilizadas.

Tabela 6. Produtividade de colmos (TCH) da cana planta e da cana soca e valores acumulados (soma dos dois cortes) (IAC SP 955094, Usina Denusa, Indiará – GO, ambiente de produção C) após a aplicação de doses de K_2O provenientes das fontes Nefelina Sienito (área total e incorporado) e KCl (fundo do sulco) (instalação em 12/19, colheitas em 06/21 e 05/22) (solo com $0,20 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ de K na profundidade de 0-20 cm)

Dose de K_2O (kg ha^{-1})	TCH 1º corte (t ha^{-1})		Média
	Nefelina Sienito	KCl	
0	106,0		
60	117,4	118,2	117,8
120	123,3	119,5	121,4
180	122,2	129,3	125,8
Média	121,0 a	122,3 a	
----- TCH 2º corte (t ha^{-1}) -----			
0	113,3		
60	128,5	117,9	123,2
120	125,4	119,7	122,6
180	113,5	127,0	120,3
Média	122,5 a	121,5 a	
----- TCH acumulado ($1^\circ + 2^\circ$ corte) (t ha^{-1}) -----			
0	219,3		
60	245,9	236,1	241,0
120	248,7	239,2	244,0
180	235,7	256,3*	246,0
Média	243,4	243,9 a	

Cana planta: DMSTukey: 11,1; DMSDunnet: 26,4. CV: 10,9%. Cana soca: DMSTukey: 7,3; DMSDunnet: 17,4. CV: 7,1%. Acumulado: DMSTukey: 31,5; DMSDunnet: 13,3. CV: 6,5%.

Médias seguidas por letras distintas na linha são diferentes pelo teste de Tukey a 0,10 de significância. * Difere do tratamento testemunha pelo teste de Dunnet a 0,05 de significância.

Obs: Não houve reaplicação dos tratamentos na soqueira.

A aplicação da Nefelina Sienito no plantio, em área total e com incorporação, resultou em acréscimos em relação à testemunha de até 2,6, 2,1 e 4,0 toneladas de açúcar por hectare na cana planta, cana soca e acumulados dos dois cortes, respectivamente (Tabela 7). Ao se avaliar a produtividade acumulada, a aplicação da menor dose de Nefelina Sienito (60 kg ha^{-1} de K_2O), resultou em ganhos acumulados de $4,0 \text{ t ha}^{-1}$ em relação à testemunha (Tabela 7).

Tabela 7. Produtividade de açúcar (TAH) da cana planta e da cana soca e valores acumulados (soma dos dois cortes) (IAC SP 955094, Usina Denusa, Indiará – GO, ambiente de produção C) após a aplicação de doses de K₂O provenientes das fontes Nefelina Sienito (área total e incorporado) e KCl (fundo do sulco) (instalação em 12/19, colheitas em 06/21 e 05/22) (solo com 0,20 cmol_c dm⁻³ de K na profundidade de 0-20 cm)

Dose de K ₂ O (kg ha ⁻¹)	TAH 1º corte (t ha ⁻¹)		Média
	Nefelina Sienito	KCl	
0	14,8		
60	16,8	17,3	17,0
120	16,8	16,1	16,4
180	17,4	18,6*	18,0
Média	17,0 a	17,4 a	
----- TAH 2º corte (t ha ⁻¹) -----			
0	15,5		
60	17,6	16,1	16,9
120	17,5	16,3	16,9
180	15,8	17,5	16,6
Média	16,9 a	16,6 a	
----- TAH acumulado (1º + 2º corte) (t ha ⁻¹) -----			
0	30,3		
60	34,3*	33,4	33,9
120	34,2	32,4	33,3
180	33,2	36,1*	34,7
Média	33,9 a	34,0 a	

Cana planta: DMSTukey: 1,6; DMSDunnet: 3,8. CV: 11,1%. Cana soca: DMSTukey: 1,1; DMSDunnet: 2,6. CV: 7,7%. Acumulado: DMSTukey: 1,6; DMSDunnet: 3,9. CV: 5,7%.

Médias seguidas por letras distintas na linha são diferentes pelo teste de Tukey a 0,10 de significância. * Difere do tratamento testemunha pelo teste de Dunnet a 0,05 de significância.

Obs: Não houve reaplicação dos tratamentos na soqueira.

A aplicação da Nefelina Sienito, em área total no pré-plantio da cana, resultou em acréscimos em relação à testemunha de até 2,6, 2,2 e 2,2 kg t⁻¹ ao se avaliar o ATR da cana planta, cana soca e valores médios dois cortes, respectivamente (Tabela 8).

Tabela 8. Açúcar total recuperável (ATR) da cana planta e da cana soca e valores acumulados (soma dos dois cortes) (IAC SP 955094, Usina Denusa, Indiará – GO, ambiente de produção C) após a aplicação de doses de K₂O provenientes das fontes Nefelina Sienito (área total e incorporado) e KCl (fundo do sulco) (instalação em 12/19, colheitas em 06/21 e 05/22) (solo com 0,20 cmol_c dm⁻³ de K na profundidade de 0-20 cm)

Dose de K ₂ O (kg ha ⁻¹)	ATR 1º corte (kg t ⁻¹)		Média
	Nefelina Sienito	KCl	
0	139,9		
60	142,7	146,6	144,6
120	136,0	134,9	135,4
180	142,5	144,2	143,3
Média	140,4 a	141,9 a	
----- ATR 2º corte (kg t ⁻¹) -----			
0	137,0		
60	137,0	136,8	136,9
120	139,2	136,1	137,6
180	138,8	137,3	138,1
Média	138,3 a	136,7 a	
----- ATR médio (kg t ⁻¹) -----			
0	138,4		
60	139,9	141,3	140,8
120	137,6	135,5	136,5
180	140,6	140,8	140,7
Média	139,3 a	139,3 a	

Cana planta: DMSTukey: 4,9; DMSDunnet: 11,5. CV: 4,1%. Cana soca: DMSTukey: 3,4; DMSDunnet: 8,1. CV: 2,9%. Médio: DMSTukey: 2,3; DMSDunnet: 5,6. CV: 2,0%.

Médias seguidas por letras distintas na linha são diferentes pelo teste de Tukey a 0,10 de significância. * Difere do tratamento testemunha pelo teste de Dunnet a 0,05 de significância.

Obs: Não houve reaplicação dos tratamentos na soqueira.

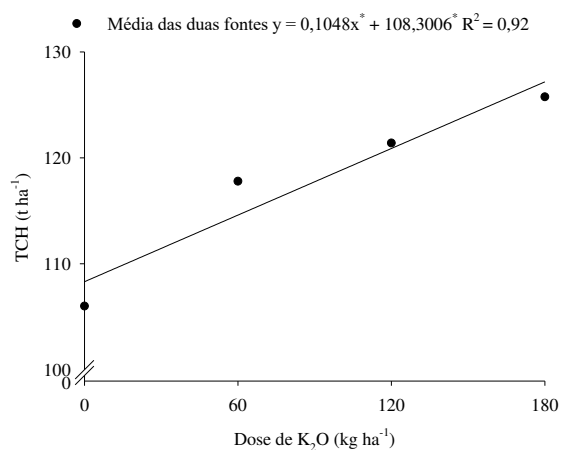
A aplicação das doses de K₂O (médias das duas fontes) resultou em acréscimos lineares na produtividade da cana planta, com ganhos de 10 toneladas de colmos por hectare e 1,5 toneladas de açúcar por hectare a cada 100 kg ha⁻¹ de K₂O adicionados (Figura 3).

Na soqueira, modelos polinomiais quadráticos foram obtidos, cujos maiores valores de TCH e TAH seriam observados nas doses de 110 e 115 kg ha⁻¹ de K₂O, respectivamente (ponto máximo das curvas) (médias das duas fontes) (Figura 4).

Quanto às produtividades acumuladas, maiores valores de TCH seriam obtidos na dose de 140 kg ha⁻¹ de K₂O (médias das duas fontes), enquanto que acréscimos lineares de 2 toneladas de açúcar por hectare são obtidos a cada 100 kg ha⁻¹ de K₂O adicionados (médias das duas fontes) (Figura 5).

Não foram obtidos ajustes de modelos de regressão significativos para os valores de ATR.

(a)



(b)

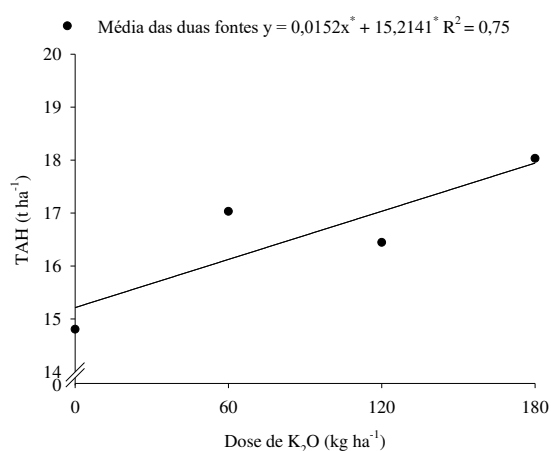
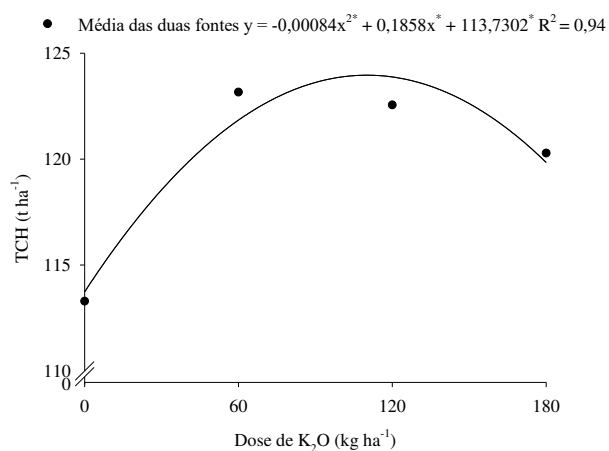


Figura 3. Produtividade de colmos (TCH) (a) e produtividade de açúcar (TAH) (b) da cana planta após a aplicação de diferentes doses de K₂O através das fontes Nefelina Sienito (área total e incorporado) e de KCl (fundo do sulco) (média das duas fontes) (IAC SP 955094, Usina Denusa, Indiará – GO)

(a)



(b)

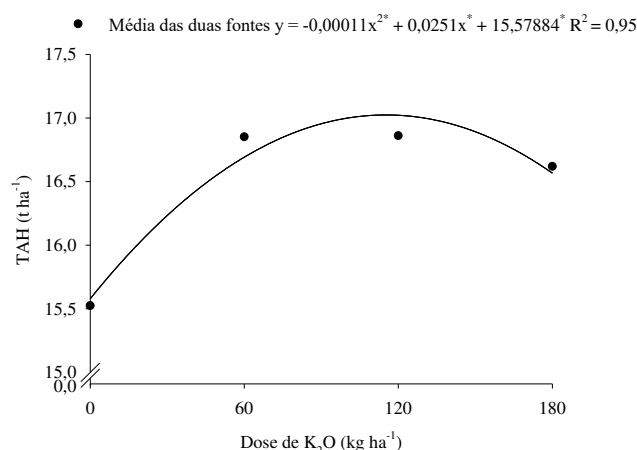


Figura 4. Produtividade de colmos (TCH (a) e produtividade de açúcar (TAH) (b) da cana soca após a aplicação de diferentes doses de K₂O através das fontes Nefelina Sienito (área total e incorporado) e de KCl (fundo do sulco) (média das duas fontes) (IAC SP 955094, Usina Denusa, Indiara – GO). Não houve reaplicação de K na soqueira.

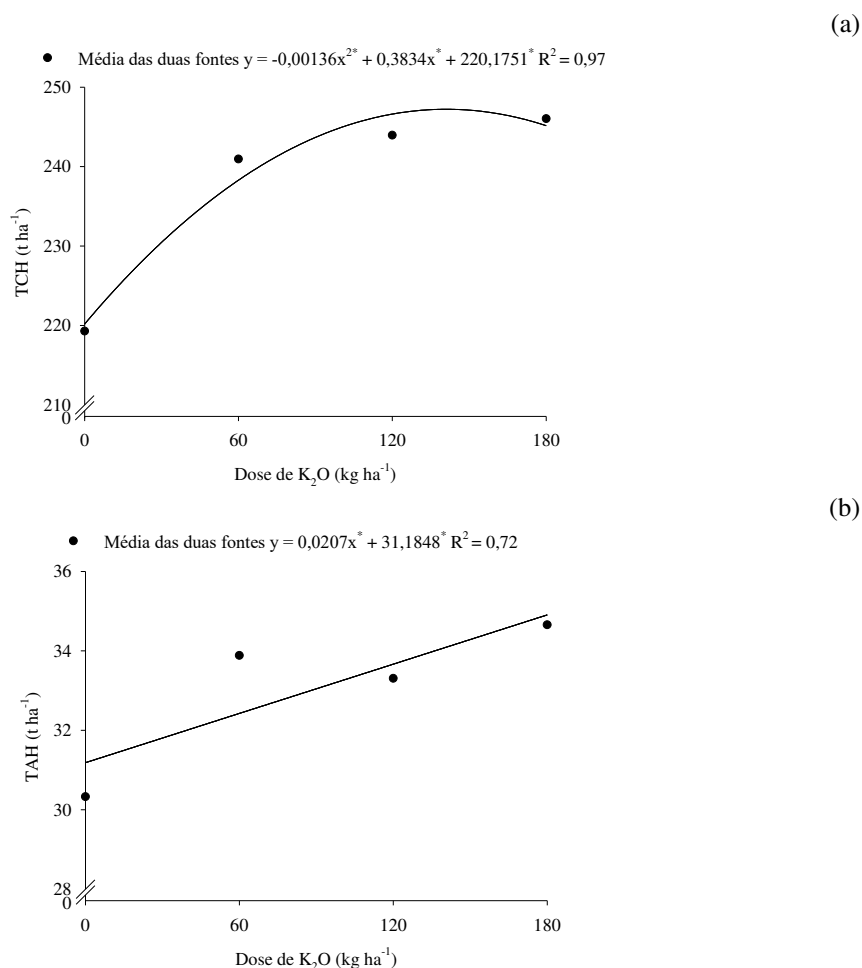


Figura 5. Valores acumulados de produtividade de colmos (TCH (a) e de açúcar (TAH) (b) da cana planta e da cana soca (somatório dos dois cortes) após a aplicação de diferentes doses de K₂O através das fontes Nefelina Sienito (área total e incorporado) e de KCl (fundo do sulco) (média das duas fontes) (IAC SP 955094, Usina Denusa, Indiara – GO). Não houve reaplicação dos tratamentos na soqueira.

4.3. CONCLUSÕES

- a) Apesar de não observadas diferenças estatísticas, a aplicação da Nefelina Sienito, em área total no pré-plantio, resulta ganhos acumulados (somatório dos dois cortes) em relação à testemunha de até 29 e 4 toneladas de colmos e de açúcar por hectare, respectivamente, cujos melhores resultados são observados na dose de 120 kg ha^{-1} de K_2O .
- b) Quando ambas as fontes são aplicadas na dose de 120 kg ha^{-1} de K_2O , a Nefelina Sienito resulta em ganhos acumulados de 9,5 toneladas de colmos por hectare e 2 toneladas de açúcar por hectare em relação ao KCl.
- c) Os bons resultados da Nefelina Sienito em relação ao KCl podem estar associados à presença de outros nutrientes nesta fonte, a exemplo do Si, bem como às menores perdas por lixiviação de K.

REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO DOS FORNECEDORES DE CANA DE GUARIBA (SOCICANA). **Catálogo de variedades IAC**, 2012. Disponível em: <http://socicana.com.br/2.0/wp-content/uploads/2012-10-31-08-38-CatalogodeVariedadesIAC.pdf> . Acesso em: 09 de março de 2022.
- ASSOCIAÇÃO NACIONAL PARA DIFUSÃO DE ADUBOS (ANDA). **Principais indicadores do setor de fertilizantes**. Disponível em: http://anda.org.br/wp-content/uploads/2020/06/Principais_Indicadores_2020.pdf. Acesso em: 05 de junho de 2020.
- BENITES, V. M. et al. **Potássio, cálcio e magnésio**. In: PROCHNOW, L. I.; CASARIN, V.; STIPP, S. R. (Eds.). Boas práticas para o uso eficiente de fertilizantes: nutrientes. Piracicaba: IPNI, 2010. p. 137-191.
- BERTOLANI, F. C.; JOAQUIM, A. C.; DONZELLI, J. L. **Sistema de classificação edafoclimática para a cultura da cana-de-açúcar**. In: Sistema de produção mecanizada da cana-de-açúcar integrada à produção de energia e alimentos. 1 ed. Brasília, Embrapa. p.363-373, 2015.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB). **Acompanhamento da safra brasileira (cana-de-açúcar), quarto levantamento**. Safra 2020/21, v. 6, dezembro, 2019. Disponível em: Acesso em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/cana>. Acesso em: 29 de outubro de 2021.
- CONSELHO DOS PRODUTORES DE CANA-DE-AÇÚCAR, AÇÚCAR E ÁLCOOL DO ESTADO DE SÃO PAULO (CONSECANA). **Manual de instruções**. 5.ed, Piracicaba, 2006. 112p.
- DEMATTE, J. L. I.; DEMATTE, J. A. M. Ambientes de produção como estratégia de manejo na cultura da cana-de-açúcar. **Informações Agronômicas nº 127**, 2009.
- FERREIRA, D. F. Sisvar: a Guide for its Bootstrap procedures in multiple comparisons. **Ciência e Agrotecnologia**, v.3 8, n. 2, 2014.
- GUALBERTO, C. A. C; SANTOS, G. A; KORNFORFER, G. H. **Nutrição e adubação da cana-de-açúcar na região do Cerrado**. In: Nutrição e adubação de grandes culturas no Cerrado. Goiânia, Brasil: NRCO-SBCS, 2019.
- INSTITUTO DE ECONOMIA AGRÍCOLA (IEA). **Análises e indicadores do agronegócio**. Disponível em: <http://www.iea.sp.gov.br/ftpiea/AIA/AIA-16-2018.pdf> . Acesso em: 05 de junho de 2021.
- JOAQUIM, A. C.; DONZELLI, J. L.; QUADROS, A. C.; SARTO, L. F. Potencial de produção de cana-de-açúcar. In: Seminário copersucar de tecnologia agronômica, 7., 1994, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: CTC, p.68-76, 1997.
- KORNDÖRFER, G. H.; OLIVEIRA, L. A. **O potássio na cultura da cana-de-açúcar**. In: YAMADA, T.; ROBERTS, T. L. (Eds.). Potássio na agricultura brasileira. Piracicaba: ESALQ/USP, 2005. p. 469-490.

- MALAVOLTA, E. **Importância da adubação na qualidade dos produtos: função dos nutrientes na planta**. In: SÁ, M. E.; BUZZETI, S. Importância da adubação na qualidade dos produtos agrícolas. São Paulo: Ícone, 1994. p. 19-44.
- SILVA, F. C. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Brasília, Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 2009. 627p.
- SILVA, F. A. S.; AZEVEDO, C. A. V. The Assistat Software Version 7.7 and its use in the analysis of experimental data. **African Journal of Agricultural Research**. v. 11, p. 3733-3740, 2016.
- THEODORO, S. H.; ALMEIDA, E. Agrominerais e a construção da soberania em insumos agrícolas no Brasil. **Agriculturas**, v. 10, n. 1, 2013.
- THEODORO, S. H.; LEONARDOS, O. H.; ALMEIDA, E. de. Mecanismos para disponibilização de nutrientes minerais a partir de processos biológicos. In: MARTINS, E. S.; THEODORO, S. H. **Anais do I Congresso Brasileiro de Rochagem**. Brasília – Embrapa. p.173-181, 2010.
- SYSTAT SOFTWARE. **SigmaPlot statistics user's guide**, version 11.2 ed. Systat Software, Inc., San Jose, Costa Rica, 2009.