

KP CONSULTORIA LTDA

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



Relatório Final

Estudo da mobilidade do potássio (K), proveniente da Nefelina Sienito, no perfil do solo (EDEM)



JUNHO - 2020

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 – Empresa de Desenvolvimento em Mineração

Gustavo Guerra | gustavoguerra@edemprojetos.com.br

III- LOCAL DE EXECUÇÃO DO EXPERIMENTO

Casa de vegetação – Uberlândia - MG

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	2
2. DESCRIÇÃO DOS PRODUTOS	3
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	4
3.1 Localização do experimento e delineamento experimental	4
3.2 Instalação e condução	6
3.3 Avaliações	7
3.4 Análises estatísticas	8
4. RESULTADOS	9
4.1 K trocável no solo (Mehlich-1).....	9
4.2 K trocável no solo (Resina)	12
4.3 K no lixiviado	15
4.4 Análise granulométrica	17
5. CONCLUSÕES	18
REFERÊNCIAS	19

1. INTRODUÇÃO

Os solos brasileiros apresentam, em sua maioria, baixa disponibilidade de macronutrientes como potássio (K), fósforo (P), cálcio (Ca) e magnésio (Mg) (NAHASS; SEVERINO, 2009), devido às condições climáticas predominantes no país que favoreceram o intemperismo, bem como à exaustão de nutrientes pelo cultivo intensivo. A intensificação dos modelos de produção agrícola associada às limitações de fertilidade dos solos tropicais torna a agricultura brasileira cada vez mais dependente de insumos, sendo que, para a obtenção de maiores produtividades, elevadas quantidades de fertilizantes são utilizadas (OLIVEIRA et al., 2012). De acordo com dados fornecidos pela Associação Nacional de Difusão de Adubos, 36,2 milhões de toneladas de fertilizantes NPK foram entregues no Brasil no ano de 2019, representando um acréscimo de 2,0% em relação ao ano de 2018 (ANDA, 2020).

Para suprir a demanda brasileira por insumos agrícolas, o país apresenta alta dependência à importação das matérias-primas básicas para a fabricação de fertilizantes, 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 aumentar a eficiência da adubação e a sustentabilidade dos cultivos agrícolas. Segundo Theodoro e Almeida (2013), a tecnologia da rochagem, a qual consiste na moagem e aplicação de determinados tipos de rochas contendo macro e micronutrientes, 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).

Em suma, o uso de agrominerais é uma prática com potencial de promover melhorias à fertilidade do solo e à produtividade dos cultivos. Além disso, essas fontes apresentam solubilidade inferior aos fertilizantes solúveis e, conseqüentemente, menor potencial de lixiviação e maior efeito residual no solo. Neste sentido, objetivou-se avaliar a mobilidade do K através da aplicação do KMC, originado da rocha Nefelina Sienito e comercializado pela Edem Mineração, na superfície do solo.

2. DESCRIÇÃO DO PRODUTO

O KMC é um produto originado da moagem da rocha Nefelina Sienito, cuja descrição mineralógica apresenta 65% de Ortoclásio, 15% de Nefelina, 10% de Aegirina/Augita, 5% de Sodalita, 3% de Sericita e 2% de minerais acessórios. Segundo laudos fornecidos pela Edem Mineração, a fonte apresenta 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. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Localização do experimento e delineamento experimental

O experimento foi instalado no dia 16 de março de 2020, em casa de vegetação localizada no Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Uberlândia, campus glória, Uberlândia – MG. Utilizou-se um solo de textura arenosa classificado como NEOSSOLO QUARTZARÊNICO Órtico típico (RQo) (SANTOS et al., 2013), cujas características químicas e físicas estão descritas nas tabelas 1 e 2, respectivamente.

Tabela 1. Caracterização química do solo utilizado neste experimento

pH	P	K	K	Al ³⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	H+Al	SB	T	V	m
CaCl ₂	-- mg dm ⁻³	mmol _c dm ⁻³	mmol _c dm ⁻³	-----	-----	cmol _c dm ⁻³	-----	-----	-----	-- % --	-----
4,8	3,6	19,5	0,5	0,3	0,3	0,1	2,4	0,5	2,9	17	38

pH: CaCl₂; P e K: Mehlich-1 (HCl 0,05 N + H₂SO₄ 0,025 N); Ca, Mg e Al: KCl 1 mol L⁻¹; SB: Soma de bases; T: CTC a pH 7,0; V: Saturação por Bases; m: Saturação por Al (SILVA, 2009).

Tabela 2. Caracterização física do solo utilizado neste experimento

Areia	Silte	Argila
-----	-----	-----
----- % -----	-----	-----
81,2	7,6	11,2

Análise textural pelo Método da Pipeta (SILVA, 2009).

Utilizou-se delineamento inteiramente casualizado (DIC), com cinco repetições. Assim, foi avaliado o deslocamento vertical da fonte KMC, bem como utilizou-se, para fins de comparação, as fontes cloreto de potássio (KCl) e nitrato de potássio (KNO₃), todas na dose de 3.000 kg ha⁻¹ de K₂O e um tratamento testemunha sem a aplicação de K. Os tratamentos utilizados neste experimento estão descritos na tabela 3.

Tabela 3. Doses e produtos utilizados neste experimento

Tratamento	Teor de K ₂ O	Dose de K ₂ O	Dose do produto	Dose do produto por lisímetro**
	%	kg ha ⁻¹	t ha ⁻¹	g coluna ⁻¹
Testemunha	0	0	0	0
KMC	11,0*	3.000	27,3	85,7
KCl	60,0	3.000	5,0	15,7
KNO ₃	43,0	3.000	7,0	21,9

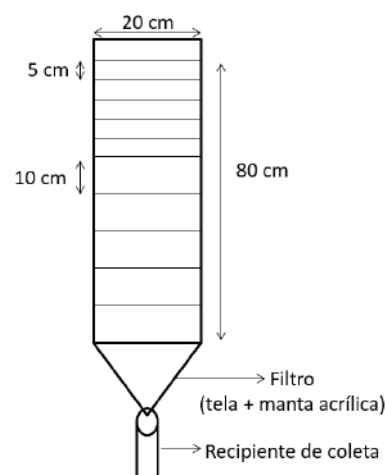
* Dose estabelecida com base no teor total.

** A dose aplicada na lisímetro foi calculada com base na área do lisímetro ($\pi R^2 = 314,159 \text{ cm}^2$).

A parcela experimental foi constituída por lisímetro de 80 cm de altura e 20 cm de diâmetro, subdividido em seis anéis de 5 cm e cinco anéis de 10 cm, os quais foram unidos com o auxílio de fita adesiva para evitar o escorrimento de água pelas paredes do lisímetro (Figura 1).



(a)



(b)

Figura 1. Lisímetro utilizado como parcela experimental (a), esquema demonstrativo da estrutura e dimensões de cada lisímetro

Na extremidade inferior de cada lisímetro, acoplou-se um funil de aço galvanizado, uma mangueira e uma garrafa tipo PET, permitindo a coleta do lixiviado (Figura 2). Ressalta-se ainda que, dentro de cada funil, foi adaptada uma tela de aço e uma tela de tecido com uma manta acrílica e filtro de papel, visando evitar a passagem de solo com o lixiviado (Figura 3).

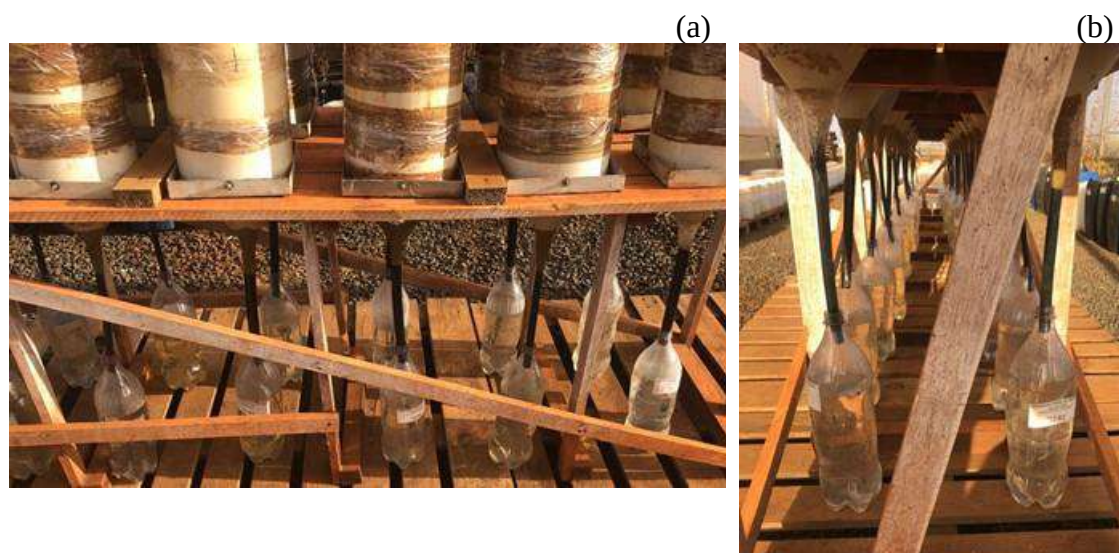


Figura 2. Funis de aço galvanizado acoplado à mangueira (a), garrafas tipo PET para a coleta de lixiviado (b)

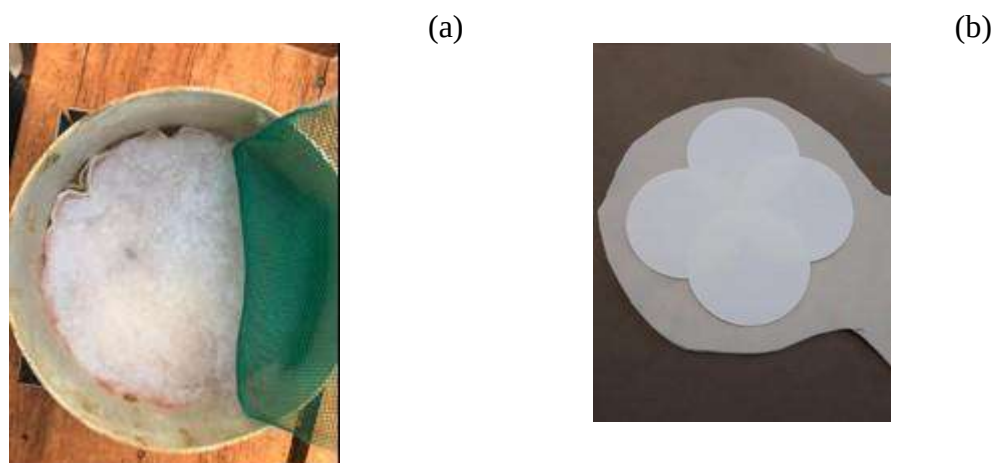


Figura 3. Tela de tecido (a), manta acrílica (a) e filtro de papel (b) para evitar a passagem de solo

3.2 Instalação e condução

As amostras de solo, depois de acondicionadas nos lisímetros, foram umedecidas até atingirem a capacidade de campo. Em seguida, os tratamentos foram aplicados de forma manual, na superfície do solo e no centro de cada lisímetro, visando evitar o escoamento lateral dos produtos (Figura 4).



Figura 4. Aplicação dos tratamentos realizada de forma manual, na superfície do solo e no centro do lisímetro

Durante 30 dias, os lisímetros foram irrigados com o auxílio de um regador simulando uma precipitação acumulada de 1800 mm, isto é, aplicando-se diariamente o equivalente a 2 L por lisímetro. O lixiviado coletado nas garrafas tipo PET foi retirado diariamente e armazenado em galão.

3.3 Avaliações

- Análise de solo

Após os 30 dias de irrigação, os lisímetros foram desmontados, separando-se o solo de cada anel (Figura 5).

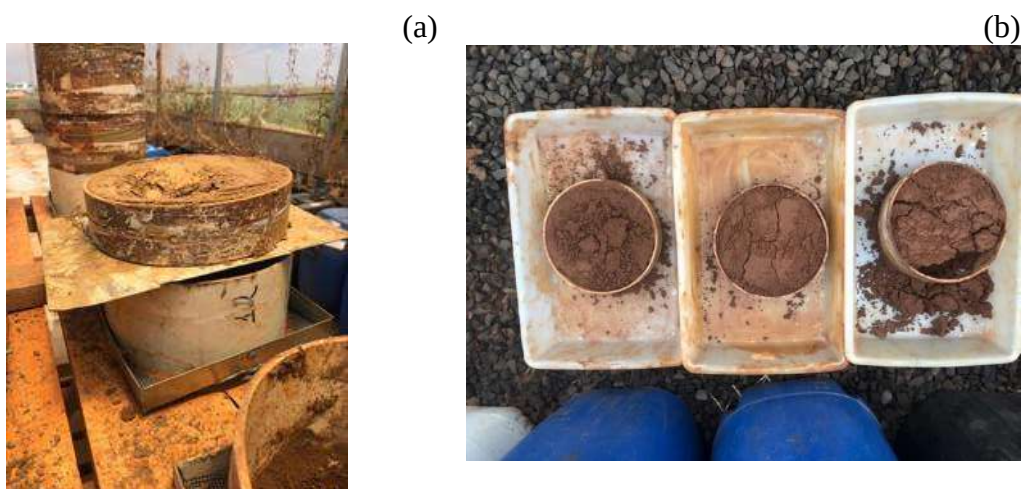


Figura 5. Processo de desmontagem e separação dos anéis de cada lisímetro

Em seguida, as amostras de solo foram secas em estufa, peneiradas em malhas de 2 mm de diâmetro e levadas ao laboratório para posteriores análises químicas. Os teores de K trocável foram analisados com extratores Mehlich-1 e Resina, de acordo com metodologia proposta por Silva (2009). Os teores de K no lixiviado coletado abaixo do lisímetro foram analisados por fotometria de chama, seguindo metodologia proposta por Silva (2009).

Também foi realizada a análise granulométrica da fonte KMC segundo metodologia proposta pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) (BRASIL, 2017), utilizando-se peneiras com aberturas da malha de 2,0 mm (ABNT n° 10), 0,84 mm (ABNT n° 20) e 0,3 mm (ABNT n° 50).

3.4 Análises estatísticas

As médias dos tratamentos, em cada profundidade, foram submetidas à análise de variância utilizando-se o programa SISVAR versão 5.3 (FERREIRA, 2014) e comparadas pelo teste de Tukey, a 0,05 de significância. Além disso, foram elaborados gráficos demonstrando os teores de K de acordo com a profundidade com o auxílio do software SigmaPlot 11.2 edição (SYSTAT SOFTWARE, 2009).

4. RESULTADOS

4.1 K trocável no solo (Mehlich-1)

Maiores teores de K trocável (Mehlich-1) na camada superficial de solo (0-5 cm) foram obtidos com a aplicação da fonte KMC, com acréscimos de $12,4 \text{ mg dm}^{-3}$ de K ($0,3 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$) em relação ao tratamento que recebeu o KCl (Tabelas 4 e 5). Nas camadas seguintes (5-10, 10-15 e 15-20 cm), nota-se que, apesar de não serem observadas diferenças estatísticas entre os tratamentos, a aplicação da fonte KMC resultou em teores de K iguais ou superiores às demais fontes. Por outro lado, a aplicação das fontes solúveis KCl e KNO_3 resultou em maiores teores de K trocável nas camadas mais profundas de solo (Tabelas 4 e 5).

Tabela 4. K trocável (Mehlich-1) (mg dm^{-3}) em diferentes profundidades de um solo de textura arenosa (RQo) em função da aplicação de fontes de K na superfície do solo e após uma chuva acumulada de 1800 mm

Profundidade	K trocável (Mehlich-1) (mg dm^{-3})			
	Testemunha	KMC	KCl	KNO_3
		----- 3.000 kg ha ⁻¹ de K ₂ O -----		
0-5	22,6 b	32,1 a	19,7 b	23,2 b
5-10	18,5 a	22,9 a	17,9 a	17,9 a
10-15	14,9 a	17,6 a	20,8 a	17,6 a
15-20	14,8 b	14,9 b	34,5 a	17,6 b
20-25	14,3 c	14,3 c	35,7 a	25,7 b
25-30	14,3 c	14,3 c	45,1 a	29,7 b
30-40	14,3 c	14,3 c	48,9 a	33,9 b
40-50	14,8 c	14,3 c	44,7 a	38,5 b
50-60	14,9 b	14,3 b	37,4 a	35,1 a
60-70	14,9 b	14,3 b	35,7 a	38,5 a
70-80	14,9 b	14,4 b	32,6 a	38,6 a
Média	15,8	17,1	33,9	28,7

CV: 15,4%; DMS: 6,0.

*Médias seguidas de letras distintas na linha são diferentes pelo teste de Tukey a 0,05 de significância.

KMC: 11% de K₂O total, KCl: 60% de K₂O, KNO₃: 43% de K₂O.

	K trocável $\geq 30,0 \text{ mg dm}^{-3}$
	$15,0 \text{ mg dm}^{-3} \leq \text{K trocável} < 30,0 \text{ mg dm}^{-3}$
	K trocável $< 15,0 \text{ mg dm}^{-3}$

Tabela 5. K trocável (Mehlich-1) ($\text{mmol}_c \text{ dm}^{-3}$) em diferentes profundidades de um solo de textura arenosa (RQo) em função da aplicação de fontes de K na superfície do solo e após uma chuva acumulada de 1800 mm

Profundidade	K trocável (Mehlich-1) (mmol _c dm ⁻³)			
	Testemunha	KMC	KCl	KNO ₃
		----- 3.000 kg ha ⁻¹ de K ₂ O -----		
0-5	0,6 b	0,8 a	0,5 b	0,6 b
5-10	0,5 a	0,6 a	0,5 a	0,5 a
10-15	0,4 a	0,5 a	0,5 a	0,5 a
15-20	0,4 b	0,4 b	0,9 a	0,5 b
20-25	0,4 c	0,4 c	0,9 a	0,7 b
25-30	0,4 c	0,4 c	1,2 a	0,8 b
30-40	0,4 c	0,4 c	1,3 a	0,9 b
40-50	0,4 b	0,4 b	1,1 a	0,9 a
50-60	0,4 b	0,4 b	1,0 a	0,9 a
60-70	0,4 b	0,4 b	0,9 a	1,0 a
70-80	0,4 b	0,4 b	0,8 a	1,0 a
Média	0,4	0,4	0,9	0,7

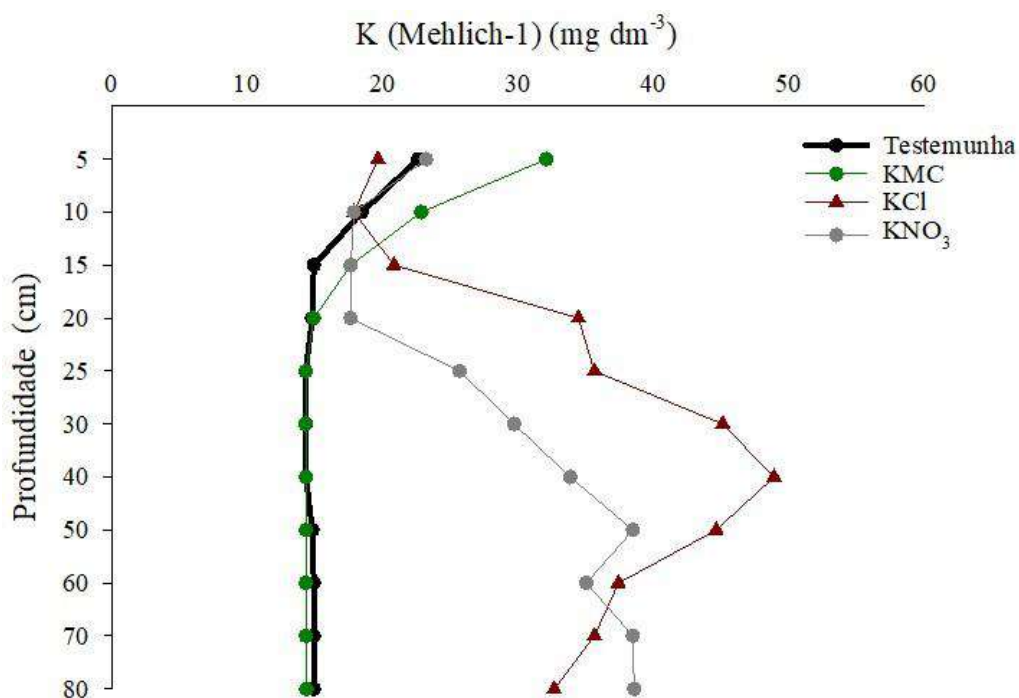
CV: 15,4, DMS: 0,2.

*Médias seguidas de letras distintas na linha são diferentes pelo teste de Tukey a 0,05 de significância.

KMC: 11% de K₂O total, KCl: 60% de K₂O, KNO₃: 43% de K₂O.

	K trocável $\geq 0,8 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$
	$0,5 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3} \leq$ K trocável $< 0,8 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$
	K trocável $< 0,5 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$

(a)



(b)

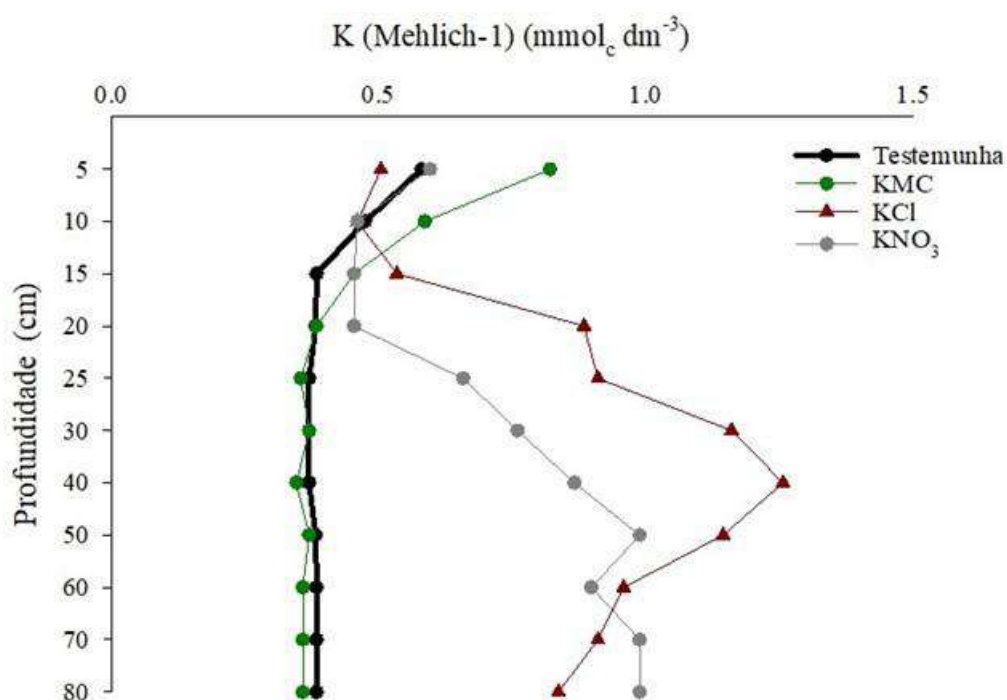


Figura 6. Teores de K trocável (Mehlich-1) em mg dm^{-3} (a) e em $\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$ (b), em diferentes profundidades, em função da aplicação de fontes de K na superfície de um solo de textura arenosa (RQo) (3.000 kg ha^{-1} de K_2O) e após uma chuva acumulada de 1800 mm

4.2 K trocável no solo (Resina)

De modo geral, a aplicação da fonte KMC resultou em teores de K trocável (Resina) semelhantes às fontes solúveis convencionais até a profundidade de 15 cm de solo (Tabelas 6 e 7). Quando comparada à testemunha, observa-se que a fonte KMC promoveu acréscimos de até 8 mg dm⁻³ (0,2 mmol_c dm⁻³) nas camadas superficiais de solo. Entretanto, as fontes solúveis convencionais promoveram acréscimos nos teores de K trocável nas camadas mais profundas de solo, resultado não observado com a fonte KMC (Tabelas 6 e 7).

Tabela 6. K trocável (Resina) (mg dm⁻³) em diferentes profundidades de um solo de textura arenosa (RQo) em função da aplicação de fontes de K na superfície do solo e após uma chuva acumulada de 1800 mm

Profundidade	Testemunha	K trocável (Resina) (mg dm ⁻³)		
		KMC	KCl	KNO ₃
		----- 3.000 kg ha ⁻¹ de K ₂ O -----		
0-5	24,8 b	30,0 ab	33,6 a	36,8 a
5-10	24,0 b	32,0 a	30,4 ab	35,0 a
10-15	22,4 b	28,8 ab	33,6 a	33,6 a
15-20	22,4 b	27,2 b	35,0 a	37,6 a
20-25	21,6 b	27,2 b	36,0 a	38,0 a
25-30	20,8 b	27,2 b	35,0 a	39,0 a
30-40	21,6 b	26,4 b	47,0 a	41,6 a
40-50	22,4 b	26,4 b	49,6 a	43,0 a
50-60	23,2 b	26,4 b	47,2 a	41,0 a
60-70	23,0 b	24,8 b	44,0 a	41,0 a
70-80	23,0 b	24,9 b	45,0 a	41,0 a
Média	22,7	27,4	39,6	38,9

CV: 13,4%; DMS: 7,1.

*Médias seguidas de letras distintas na linha são diferentes pelo teste de Tukey a 0,05 de significância.

KMC: 11% de K₂O total, KCl: 60% de K₂O, KNO₃: 43% de K₂O.

	K trocável ≥ 40,0 mg dm ⁻³
	30,0 mg dm ⁻³ ≥ K trocável < 40,0 mg dm ⁻³
	K trocável < 30,0 mg dm ⁻³

Tabela 7. K trocável (Resina) ($\text{mmol}_c \text{ dm}^{-3}$) em diferentes profundidades de um solo de textura arenosa (RQo) em função da aplicação de fontes de K na superfície do solo e após uma chuva acumulada de 1800 mm

Profundidade	Testemunha	K trocável (Resina) ($\text{mmol}_c \text{ dm}^{-3}$)		
		KMC	KCl	KNO ₃
		----- 3.000 kg ha ⁻¹ de K ₂ O -----		
0-5	0,6 b	0,8 ab	0,9 a	0,9 a
5-10	0,6 b	0,8 ab	0,8 ab	0,9 a
10-15	0,6 b	0,7 ab	0,9 a	0,9 a
15-20	0,6 b	0,7 ab	0,9 a	0,9 a
20-25	0,6 b	0,7 b	0,9 ab	1,0 a
25-30	0,5 b	0,7 b	0,9 ab	1,0 a
30-40	0,6 b	0,7 b	1,2 a	1,1 a
40-50	0,6 b	0,6 b	1,3 a	1,1 a
50-60	0,6 b	0,6 b	1,2 a	1,1 a
60-70	0,6 b	0,6 b	1,1 a	1,1 a
70-80	0,6 b	0,6 b	1,1 a	1,1 a
Média	0,6	0,7	1,0	1,0

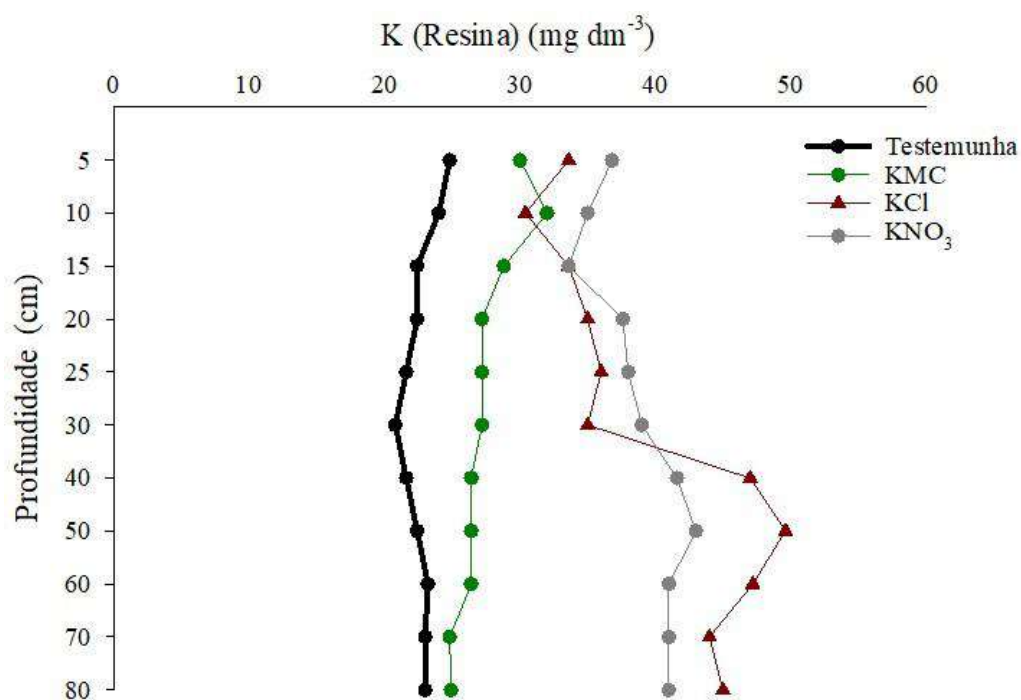
CV: 13,5%; DMS: 0,2.

*Médias seguidas de letras distintas na linha são diferentes pelo teste de Scott-Knott a 0,05 de significância.

KMC: 11% de K₂O total, KCl: 60% de K₂O, KNO₃: 43% de K₂O.

	K trocável $\geq 1,0 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$
	$0,8 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3} \geq$ K trocável $< 1,0 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$
	K trocável $< 0,8 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$

(a)



(b)

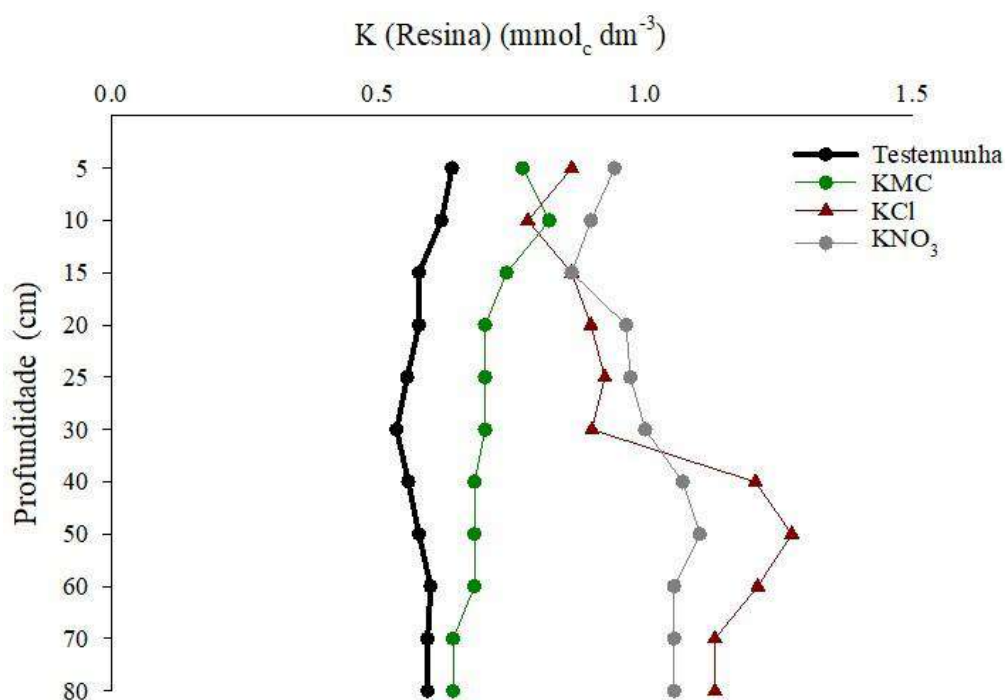


Figura 7. Teores de K trocável (Resina) em mg dm^{-3} (a) e em $\text{mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ (b), em diferentes profundidades, em função da aplicação de fontes de K na superfície de um solo de textura arenosa (RQo) (3.000 kg ha^{-1} de K_2O) e após uma chuva acumulada de 1800 mm

4.3 Teores de K no lixiviado

Ao se analisar o líquido lixiviado coletado abaixo dos lisímetros, nota-se que maiores teores de K trocável foram observados com a aplicação das fontes solúveis KCl e KNO₃, enquanto que a aplicação da fonte KMC resultou em teor semelhante ao obtido no tratamento testemunha (Tabela 8).

Tabela 8. Teores de K no lixiviado coletado após uma chuva acumulada de 1800 mm em solo de textura arenosa (RQo) em função da aplicação de fontes de K na superfície do solo

Tratamento	K (mg dm ⁻³)
Testemunha	6,4 c
KMC (3.000 kg ha ⁻¹ de K ₂ O)	6,4 c
KCl (3.000 kg ha ⁻¹ de K ₂ O)	2.223,0 a
KNO ₃ (3.000 kg ha ⁻¹ de K ₂ O)	2.120,5 b
Média	1.089,1

CV: 4,8%; DMS: 94,4.

*Médias seguidas de letras distintas são diferentes pelo teste de Tukey a 0,05 de significância.

KMC: 11% de K₂O total, KCl: 60% de K₂O, KNO₃: 43% de K₂O.

Observa-se na figura 8 que a aplicação de elevadas doses de K no solo através de fontes solúveis, a exemplo do KCl e do KNO₃ (T3 e T4) pode induzir a dispersão espontânea das partículas dos solos, sobretudo da fração argila.



Figura 8. Lixiviado coletado nas cinco repetições do experimento aos 30 dias após a aplicação de fontes de K na superfície de um solo de textura arenosa (RQo) (3.000 kg ha^{-1} de K_2O) (T1: Testemunha, T2: KMC, T3: KCl, T4: KNO_3)

4.4 Análise granulométrica

De acordo com a análise granulométrica, o KMC é classificado como pó, apresentando 0% de material retido em peneira de 2,0 mm (ABNT nº 10), 2,15% em peneira de 0,84 mm (ABNT nº 20), 42,33% em peneira de 0,30 mm (ABNT nº 50) e 55,52% retidos no fundo ($< 0,30$ mm) (Tabela 9).

Tabela 9. Percentual de material (KMC) retido em cada classe de peneira

Peneira (abertura da malha)		Fração retida (%)
mm	ABNT	
2,0	nº 10	0
0,84	nº 20	2,15
0,3	nº 50	42,33
$<0,3$	nº 50	55,52

5. CONCLUSÕES

- a) De modo geral, a aplicação da fonte KMC na superfície do solo de textura arenosa (RQo) promove acréscimos nos teores de K trocável nas camadas superficiais de solo (0-15 cm de profundidade) após 30 dias de irrigação. Dessa forma, acréscimos em relação à testemunha de até $12,4 \text{ mg dm}^{-3}$ ($0,3 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$) e 8 mg dm^{-3} ($0,2 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$) de K extraído com Mehlich-1 e Resina, respectivamente, são obtidos com a aplicação do KMC.
- b) Não são observadas diferenças entre a fonte KMC e o tratamento testemunha quanto aos teores de K no líquido lixiviado abaixo dos lísimetros. Entre as fontes de K testadas, o produto da KMC foi o que apresentou a menor lixiviação do K no solo.
- c) As fontes solúveis KCl e KNO_3 promovem acréscimos nos teores de K trocável nas camadas mais profundas de solo bem como no líquido coletado abaixo dos lísimetros.

REFERÊNCIAS

- 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.
- BRASIL. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO (MAPA). **Manual de métodos analíticos oficiais para fertilizantes e corretivos**. Brasília, DF: MAPA/SDA/CGAL; 2017. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/laboratorios/legislacoes-e-metodos/fertilizantes-substratos/manual-de-metodos>. Acesso em: 15 de junho de 2020.
- INSTITUTO DE ECONOMIA AGRÍCOLA (IEA). **Análises e indicadores do agronegócio**. Disponível em: <http://www.iea.sp.gov.br/ftp/iea/AIA/AIA-16-2018.pdf>. Acesso em: 05 de junho de 2020.
- FERREIRA, D. F. Sisvar: a Guide for its Bootstrap procedures in multiple comparisons. **Ciência e Agrotecnologia**, v.38, n. 2, 2014.
- NAHASS, S.; SEVERINO, J. **Calcário Agrícola no Brasil**. In: LAPIDO LOUREIRO, F.E et al. (Eds). **Fertilizantes Agroindustriais e Sustentabilidade**. Rio de Janeiro, RJ, Brasil: Centro de Tecnologia Mineral, p.409-444, 2009.
- OLIVEIRA, L. C de; STANGARLIN, J. R; LANA, M. do C; SIMON, D. N; ZIMMERMANN, A. Influência de adubações e manejo de adubo verde nos atributos Biológicos de solo cultivado com Alface (*Lactuca Sativa* L.) em sistema de cultivo orgânico. **Arq. Inst. Biol.**, São Paulo, v. 79, n. 4, p. 557- 565, 2012.
- 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.
- SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. A.; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. Á.; CUNHA, T. J. F. E.; OLIVEIRA, J. B. **Sistema brasileiro de classificação de solos (Brazilian system of soil classification)**. 3. ed. Rio de Janeiro, RJ: Embrapa, 353 p, 2013.
- SILVA, F. C. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Brasília, Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 2009. 627p.
- SYSTAT SOFTWARE. **SigmaPlot statistics user's guide**, version 11.2 ed. Systat Software, Inc., San Jose, Costa Rica, 2009.