

VIABILIDADE DA UTILIZAÇÃO DE VERDETE EM LATOSSOLO VERMELHO AMARELO PARA CULTIVO DE *Phaseolus vulgaris* L. (Variedade Carioquinha)

Brunna Lopes Farace¹
Philippe Henrique Barbosa Pereira²
Fabrícia Nunes de Jesus Guedes³

Resumo

Com o fim de verificar a viabilidade da utilização de Verdete para promover o enriquecimento do Latossolo Vermelho Amarelo, estudos iniciais da matéria mineral e do solo foram realizados em um cultivo piloto com grupos comparativos de análise foi desenvolvido. Como indicador do potencial do mineral Verdete, escolheu-se o plantio do *Phaseolus vulgaris* L. (Variedade Carioquinha). Três dos seis grupos de estudo continham concentrações diferentes de Verdete disponibilizado ao solo, além de um grupo com substrato orgânico, outro com fertilizante comercial e, ainda, um grupo controle contendo apenas solo. Sabendo que a produção agrícola brasileira depende das características físicas e químicas dos solos, os quais possuem baixos teores de nutrientes e elevada acidez, propôs-se uma forma de fertilização alternativa. Com as condições de cultivo estabelecidas, os grupos com adição de quantidades pré-estabelecidas de Verdete foram os primeiros a apresentar a germinação. No presente estudo, a concentração de 10% deste mineral foi mais adequada para o desenvolvimento da Variedade Carioquinha.

Palavras-chave: Fertilização; Verdete; Enriquecimento; *Phaseolus vulgaris* L..

FEASIBILITY OF THE USE OF VERDETE IN RED YELLOW LATOSOL FOR CULTIVATION OF *Phaseolus vulgaris* L. (Carioquinha Variety)

Abstract

In order to verify the viability to use Verdete to promote the enrichment of the Yellow Red Latosol, initial studies of the mineral material and the soil were made and a pilot crop with comparative analysis groups was developed. The planting of *Phaseolus vulgaris* L. (Carioquinha Variety) was chosen as an indicator of the Verdete potential. Three of the six studies groups contained different concentrations of Verdete provided to the soil, one group with organic substrate and another one with commercial fertilizer to be compared with a control group containing natural soil. Knowing that the Brazilian agricultural production depends on the physical and chemical characteristics of the soils, which have low level of nutrients and high acidity, it was presented an alternative fertilization form. According to the established growing conditions, groups with pre-established quantities of Verdete were the first to show germination. In this study the soil's Verdete concentration of 10% has shown to be more propitious for the development of Carioquinha Variety.

Keywords: Fertilizer; Verdete; Enrichment; *Phaseolus vulgaris* L.

¹ Graduanda em Engenharia de Minas, Universidade do Estado de Minas Gerais, João Monlevade, Minas Gerais, Brasil.

² Graduando em Engenharia de Minas, Universidade do Estado de Minas Gerais, João Monlevade, Minas Gerais, Brasil.

³ Mestre em Química, Professora Titular, Departamento de Ciências Exatas Aplicadas e dos Materiais, Faculdade de Engenharia – UEMG, João Monlevade, MG, Brasil.

1 INTRODUÇÃO

O desenvolvimento econômico de uma região a partir da exploração agrícola depende do potencial agrícola e da riqueza mineral do solo.

De acordo com a International Fertilizer Industry Association (IFA, 2000) [1], tanto para o aumento da produtividade das culturas como para a expansão da fronteira agrícola, o papel positivo dos fertilizantes minerais tem sido comprovado cientificamente. O uso de fertilizantes minerais é o fator que, isoladamente, mais contribui para o aumento da produtividade agrícola (LOPES *et al.*, 2003) [2]. Para isso, buscam-se alternativas inovadoras com fertilizantes.

O trabalho proposto é uma pesquisa mineral usando o Verdete como alternativa inovadora de adubação/fertilização, uma vez que o Latossolo Vermelho Amarelo (LVA), também material deste estudo, é um solo ácido, normalmente profundo e de baixa fertilidade.

O Verdete segundo Piza *et al.* (2011) [3], é constituído por metassedimentos pelíticos, com predominância de glauconita e quartzo. A rocha ocorre no Cráton do São Francisco, cuja formação são folhelhos intercalados com Verdetes, em alternância com níveis de fosforita no topo (VALARELLI *et al.*, 1993) [4].

A coloração verde é atribuída à presença de ferro. Inicialmente ferroso, ele substitui cátions neutralizados. A mineralogia é composta por quartzo, feldspato potássico, albita, mica branca, glauconita, dando a cor verde à rocha, clorita e opacos. A porcentagem de óxido de potássio (K_2O) varia entre 7 e 14%. Segundo Eichler (1983) [5], o Verdete de Abaeté apresenta cerca de 11,4% de K_2O .

O estudo da viabilidade de uso do Verdete em LVA para cultivar *Phaseolus vulgaris* L. (Variedade Carioquinha) objetiva entender a relação de micro/macronutrientes que precisam ser disponibilizados/oferecidos ao LVA para que este supra a demanda nutricional do grão. Essa escolha foi feita a partir de análises que revelaram crescimento da variedade nas condições climáticas locais e por permitir uma avaliação com maior assertividade e confiabilidade.

Por meio das análises iniciais do Latossolo, descobriu-se que sua deficiência nutricional poderia ser corrigida com a adição de um mineral caracterizado pela alta capacidade de disponibilizar fósforo e potássio. O estudo conduzido pela Unifertil (2012) [6], menciona que os nutrientes não são absorvidos pelos vegetais na forma orgânica, isto é, qualquer material orgânico deve passar pelo processo de mineralização para disponibilizar os elementos para as plantas. De modo geral, quando se adiciona um fertilizante mineral no solo, este se solubilizará na fase líquida do solo liberando íons de carga positiva e de carga negativa. Somente na forma iônica os nutrientes poderão ser absorvidos da solução do solo pelas plantas. Assim sendo, o mineral escolhido foi o Verdete.

Desta maneira, os experimentos foram conduzidos com seis grupos, dos quais o grupo “LVA com 10% de Verdete” foi o que apresentou germinação mais numerosa dos grãos de Carioquinha, embora o que continha “LVA com 25% de Verdete” tenha sido o primeiro grupo a apresentar brotos em germinação.

2 DESENVOLVIMENTO

2.1 Materiais e Métodos

O trabalho foi desenvolvido com o cumprimento das seguintes etapas:

a) Pesquisa e estudo do material bibliográfico;

b) Coleta de amostras: LVA no Campus da Faculdade de Engenharia/UEMG e suas adjacências de mineral Verdete na região de São Gotardo (MG);

c) Ensaios laboratoriais com o material coletado para estimar as mobilidades e disponibilidades dos elementos às plantas. Além da identificação das propriedades e constituição química, física do LVA e do Verdete e, deste último, mineralógica também. O LVA foi analisado em nutrientes e fertilidade antes e depois do enriquecimento;

O material a ser empregado em todo cultivo experimental foi cominuído para que apresentasse faixa granulométrica uniforme e adequada à realização de análises. Para a cominuição utilizou-se britador de mandíbulas, moinho de disco e a classificação foi conduzida através de peneiramento, cuja malha final foi 140 mesh.

- d) Produção de cultivo piloto;
e) Interpretação de resultados.

2.1.1 Avaliações iniciais das análises física e química para o LVA e Verdete.

Os resultados da análise física são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 - Análise física do LVA e do Verdete

Amostra	Areia grossa	Areia fina	Silte	Argila	Classificação textural	Tipo de solo
	kg/kg					
Solo	0,148	0,135	0,088	0,629	Muito argilosa	3
Verdete	0,476	0,082	0,124	0,319	Franco argilo arenoso	2

Fonte: Laboratório de Análise de Solo, Tecido Vegetal e Fertilizante – Depto. de Solos, UFV, 2016.

Os dados obtidos da análise química inicial estão expostos na Tabela 2.

Tabela 2 - Análise química do LVA e do Verdete

Amostra	pH H ₂ O	P	K	Ca ²⁺
		mg/dm ³	mg/dm ³	cmol _c /dm ³
Solo	6,39	0,5	33	2,07
Verdete	6,01	158,5	323	0,70

CV

Amostra	Mg ²⁺	Al ³⁺	H + Al	SB	T	T	V	M	Cu	Mn	Fe	Zn
	cmol _c /dm ³						%		mg/dm ³			
Solo	0,45	0,00	1,70	2,60	2,60	4,30	60,5	0,0	0,73	16,70	78,10	0,60
Verdete	0,81	0,90	3,60	2,34	3,24	5,94	39,4	27,8	0,45	39,0	134,3	0,92

pH em água, KCl e CaCl 1:2,5
Ca²⁺ - Mg²⁺ - Al³⁺ - Extrator: KCl - 1 mol/
SB= Soma de Bases Trocáveis
T - Capacidade de Troca Catiônica a pH 7,0
M=Índice de Saturação por Alumínio

P - Na - Fe - Zn - Mn - Cu - Cd - Pb - Ni - Cr - Extrator Mehlich - 1
H + Al - Extrator Acetato de Cálcio 0,5 mol/L - pH 7,0
t= capacidade de troca catiônica efetiva
V= índice de saturação por bases

Fonte: Laboratório de Análise de Solo, Tecido Vegetal e Fertilizante – Depto. de Solos, UFV, 2016.

De acordo com a Tabela 1, o solo foi classificado como muito argiloso, possuindo baixa permeabilidade e alta capacidade de retenção de água. Isso significa maior força de coesão entre partículas, o que dificulta a penetração, facilita a aderência do solo aos implementos e dificulta os trabalhos de mecanização.

Já o Verdete foi classificado como franco argilo arenoso, apresentando índice médio de erodibilidade, boa drenagem e retenção de água. Portanto, não necessita de cuidados especiais. Quanto maior teor de argila e predomínio de óxidos de ferro e de alumínio na fração argila, maior é a capacidade de fixação, vide Tabela 2.

Conforme tabelas 1 e 2, o solo apresentava-se em boas condições para uso imediato, não requerendo tratamentos. Isso se explica na ausência de Al^{3+} , quantidade suficiente de Ca^{2+} e pH ideal. Um fator que afeta a disponibilidade dos nutrientes no solo é o pH que, para o caso do LVA foi praticamente neutro.

Conforme bibliografias mencionadas, as raízes das plantas absorvem o fósforo na forma de ortofosfatos, $H_2PO_4^-$ e HPO_4^{2-} , de acordo com o pH. Para o valor de pH abaixo de 7,20, caso do LVA, $H_2PO_4^-$ é a forma predominante. É fundamental para o crescimento das plantas, a manutenção de uma adequada concentração deste íon na solução do solo, já que é uma fonte imediata de nutrientes às plantas.

Outra informação relevante é que o LVA possui fertilidade de 60,5% indicada pela saturação por base (V) sendo classificado como eutrófico. A fim de potencializar sua fertilidade através do aumento da absorção dos nutrientes, o Verdete foi avaliado e apresentou $0,90 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$ de Al^{3+} , acidez trocável média e ainda fósforo remanescente (P-rem) de aproximadamente 40 mg/L. O alto teor de fósforo é relevante, pois sua fixação reflete no manejo da fertilidade do solo, visando maior eficiência de uso de fertilizantes fosfatados.

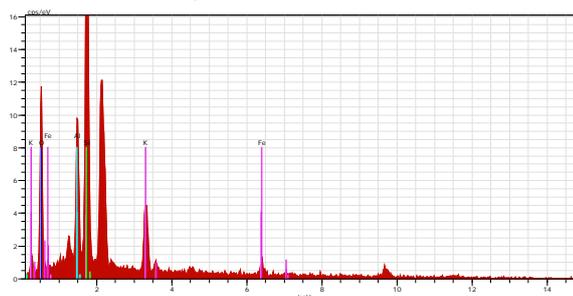
A quantidade de manganês (Mn) para o solo como para o Verdete foi elevada, logo, espera-se adequado desenvolvimento das raízes, síntese da clorofila e participação do metabolismo energético. O teor de ferro também foi alto, especialmente para o Verdete. Isso pode influenciar no metabolismo energético e no desenvolvimento de troncos e raízes (GIRACCA e NUNES, 2016) [7].

2.1.2 Avaliações iniciais da análise mineralógica para o Verdete.

A análise mineralógica e a fluorescência de raios X (FRX) para o mineral de estudo foi realizada em parceria com o Centro de Tecnologia Mineral, CETEM.

A identificação dos minerais, composição e relações texturais do Verdete foi feita no microscópio eletrônico de varredura (MEV), equipado com sistema de microanálise química por dispersão de energia (EDS). Os resultados estão a seguir.

Gráfico 1: Informações da amostra de Verdete



Fonte: Centro de Tecnologia Mineral, 2016.

Tabela 3: Dados do espectro para o Verdete
Spectrum: Point

Element	AN	Series	norm. [wt.%]	Atom. [at.%]	C Error [%]
Oxygen	8	K-series	44.55	60.95	2.5
Silicon	14	K-series	29.82	23.24	0.5
Potassium	19	K-series	10.79	6.04	0.2
Aluminium	13	K-series	9.44	7.66	0.2
Iron	26	K-series	5.39	2.11	0.1
Total:			100.00	100.00	

Fonte: Centro de Tecnologia Mineral, 2016.

A análise por EDS obtida no MEV indica que as partículas do mineral são compostas principalmente por glauconita, quartzo e feldspato potássico.

A Figura 1 expõe o difratograma de raios-x da amostra de Verdete coletada para o estudo e a Tabela 4 apresenta, em seguida, a análise química do mineral.

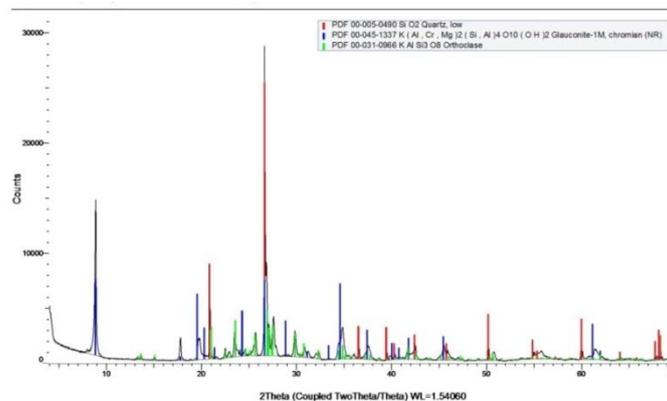


Figura 1 – Difratograma de Raios X para o Verdete.

Fonte: Centro de Tecnologia Mineral, 2016.

Tabela 4 – Análises de compostos químicos presentes no Verdete (% em peso).

Óxidos	Teor (%) em massa
Na ₂ O	0,11
MgO	3,38
Al ₂ O ₃	17,79
SiO ₂	60,18
P ₂ O ₅	<0,1
K ₂ O	8,59
CaO	<0,1
TiO ₂	0,68
Fe ₂ O ₃	5,49
Perda ao Fogo	3,78

Fonte: Centro de Tecnologia Mineral, 2016.

Através do difratograma de raios X, comprova-se que o minério é constituído por glauconita, quartzo, clorita serpentina e illita.

De acordo com a Tabela 4, o índice de intemperismo (Ki) é de 3,38 indicado pela relação molar SiO₂/Al₂O₃ da fração da argila no solo. O valor acima de 2,2 classifica o solo como pouco intemperizado. Isso se relaciona à presença da glauconita Verdete proveniente de uma argila cujas lamelas são formadas por 2 folhas tetraédricas e 1 folha octaédrica, com potencial em reter água e cátions.

A análise da Tabela 4 revela o percentual dos constituintes da amostra. O alto teor de sílica se deve principalmente à ocorrência do mineral quartzo, assim como, a ocorrência de minerais aluminossilicatos, identificados nos difratogramas de raios X.

O potássio, nutriente essencial para as plantas, apresenta teor expressivo na composição da amostra, devido à glauconita. Observa-se também nutrientes importantes: MgO, CaO e P₂O₅, justificando o potencial de enriquecimento do solo.

A interpretação das análises desenvolvidas apontou para a criação de cultivo piloto a partir da adubação fosfatada corretiva, que se tornou indicada à medida do

Finalizado o tempo de cultivo de 45 dias, os feijões deveriam ser pesados visando conhecer a produtividade com o tratamento, porém não surgiram sementes.

2.2.2 Interpretação dos resultados do cultivo

Após a produção do canteiro piloto, foram feitos acompanhamentos diários sobre o plantio e as condições de desenvolvimento dos grãos. As observações foram organizadas constituindo um banco de dados. A Tabela 5 apresenta algumas informações e expõe a mensuração alcançada pelas plantas no decorrer do tempo.

Tabela 5 – Banco de dados com as informações resumidas do cultivo piloto.

GRUPO	Ordem de grupos a apresentar brotos em germinação	10 dias	25 dias	45 dias
1 Solo comum	5	9 plantas	16 plantas	24 plantas
		Tamanhos entre 0,9 cm e 2,0 cm	Tamanhos entre 3,4 cm e 4,7 cm	Tamanhos entre 5,0 cm e 6,8 cm
2 Substrato	4	6 plantas	30 plantas	30 plantas
		Tamanhos entre 1,2 cm e 1,9 cm	Tamanhos entre 3,5 cm e 4,9 cm	Tamanhos entre 5,1 cm e 6,6 cm
3 LVA + 10% Verdete	2	12 plantas	33 plantas	33 plantas
		Tamanhos entre 1,2 cm e 1,8 cm	Tamanhos entre 3,7 cm e 5,1 cm	Tamanhos entre 5,5 cm e 7,4 cm
4 LVA + 25% Verdete	1	6 plantas	18 plantas	18 plantas
		Tamanhos entre 1,5 cm e 2,2 cm	Tamanhos entre 3,6 cm e 4,9 cm	Tamanhos entre 5,3 cm e 7,0 cm
5 LVA + 50% Verdete	3	3 plantas	12 plantas	12 plantas
		Tamanhos entre 1,0 cm e 1,7 cm	Tamanhos entre 3,5 cm e 4,6 cm	Tamanhos entre 4,9 cm e 6,8 cm
6 Fertilizante 5ª recomendação	6	0	3 plantas	3 plantas
			Tamanhos entre 1,2 cm e 1,5 cm	Tamanhos entre 3,1 cm e 3,6 cm

Fonte: Elaborado pelos autores, 2017.

Com base no banco de dados, embora o grupo (4) “LVA + 25% Verdete” tenha sido primeiro a apresentar brotos em germinação, o grupo (3) “LVA + 10% Verdete” foi o que apresentou crescimento mais rápido das plantas. Notou-se experimentalmente, que os grupos (5) “LVA + 50% Verdete” e (6) “LVA + fertilizante” apresentavam solos mais secos, tendo recebido a irrigação por mesmo tempo e estando em local com mesmas características que os demais grupos. Além disso, é importante salientar que decorridos 10 dias após o plantio, o grupo (6) foi o único que não apresentou nenhuma germinação.

Para os casos de enriquecimento pouco eficiente, acredita-se que ocorreu o processo de “cimentação” do solo, isto é, uma forma de agregação das partículas por agentes cimentantes, já que a argila é composta por glauconita, silicato lamelar hidratado de potássio e ferro, cujas lamelas são formadas por 3 folhas, sendo 2 tetraédricas e 1 octaédrica, o que revela potencial em reter água e cátions.

De modo mais detalhado, os Gráficos 2 a 7 expressam o crescimento dos brotos durante o cultivo. O Gráfico 8 expõe os resultados globais.

Gráfico 2 - (1) Solo Comum

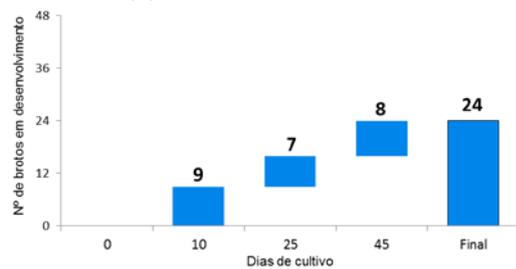
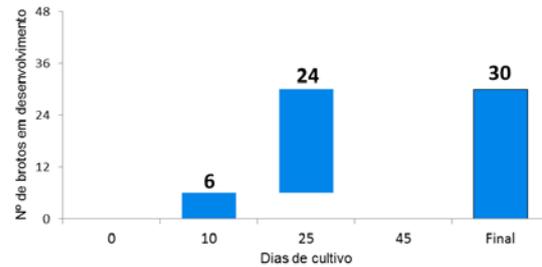


Gráfico 3 - (2) Substrato



Fonte: Elaborado pelos autores, 2017

Gráfico 4 - (3) LVA + 10% Verdete

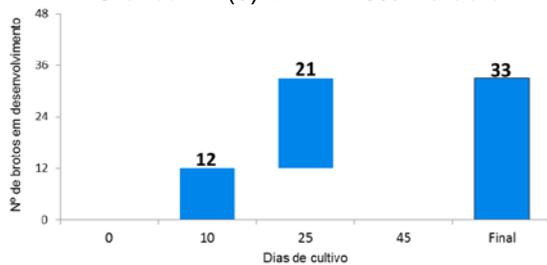
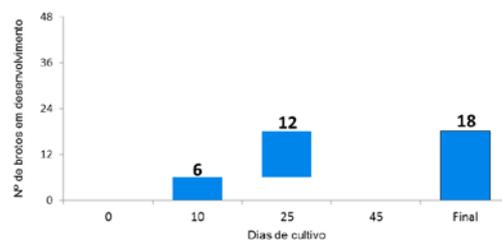


Gráfico 5- (4) LVA + 25% Verdete



Fonte: Elaborado pelos autores, 2017

Gráfico 6 - (5) LVA + 50% Verdete

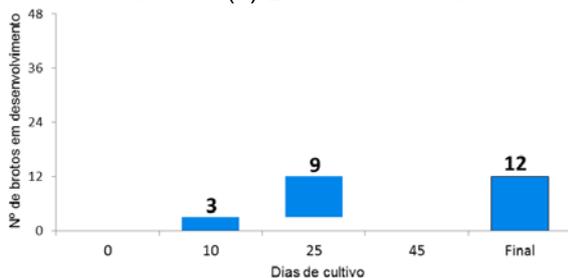
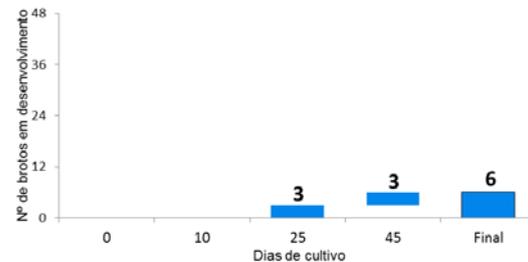
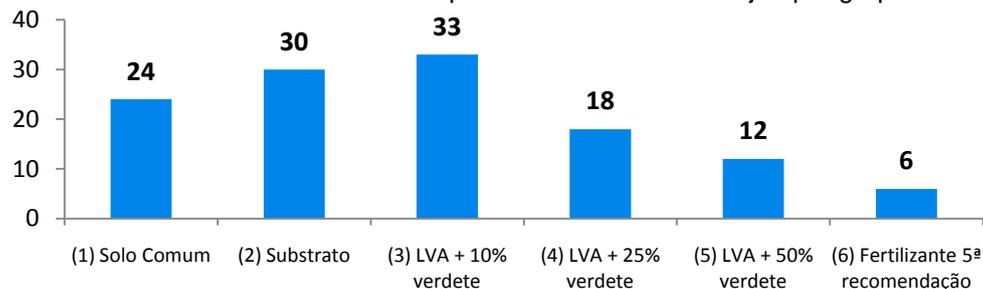


Gráfico 7 - (6) Fertilizante



Fonte: Elaborado pelos autores, 2017

Gráfico 8 - Resultados cultivo piloto: Nº de brotos de feijão por grupo



Fonte: Elaborado pelos autores, 2017

O grupo (4) “LVA + 25% Verdete” foi o primeiro a apresentar brotos em germinação, porém é possível notar que o grupo (3) “LVA + 10% Verdete” foi o que obteve numerosas germinações, tanto para os primeiros 10 dias de plantio quanto para o encerramento de cultivo, o que revelou seu melhor desempenho produtivo.

2.3 Discussões das novas análises laboratoriais

O “LVA + 10% Verdete” foi o que obteve melhor êxito em número de grãos de Carioquinha germinados. Amostras deste grupo foram submetidas à análise física e química visando quantificar a presença de micro e macronutrientes para fins de entendimento quanto ao grau de fertilidade e enriquecimento proporcionado.

A ferramenta de discussão mais relevante é analisar se o Verdete disponibilizou íons potássio e fósforo para o solo juntamente a produtividade do grupo em estudo. Os resultados da análise física para o grupo “LVA + 10% Verdete” são apresentados na Tabela 6 e Tabela 7 expõe a análise química.

Tabela 6 - Análise física do grupo “LVA + 10% Verdete”

Amostra	Areia grossa	Areia fina	Silte	Argila	Classificação textural	Tipo de solo
	kg/kg					
LVA + 10 % Verdete	0,164	0,078	0,071	0,688	Muito argilosa	3

Fonte: Laboratório de Análise de Solo, Tecido Vegetal e Fertilizante–Depto.de Solos, UFV, 2017.

Tabela 7 - Análise química do grupo “LVA + 10% Verdete”

Amostra	pH H2O	P	K	Ca ²⁺
		mg/dm ³	mg/dm ³	cmol _c /dm ³
LVA + 10 % Verdete	5,8	2,6	133	1,17

Amostra	Mg ²⁺	Al ³⁺	H + Al	SB	t	T	V	M	P-Rem	Cu	Mn	Fe	Zn
	cmol _c /dm ³						%		mg/L	mg/dm ³			
LVA + 10 % Verdete	0,3	0,00	0,90	1,81	1,81	2,71	66,8	0,00	0,10	1,16	16,50	65,40	1,12

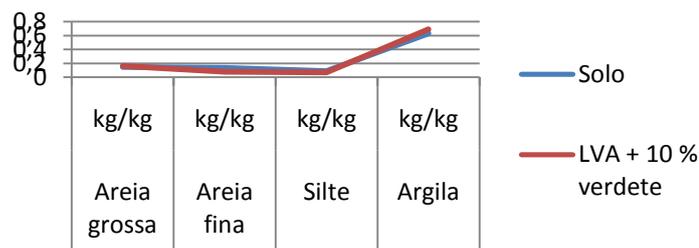
pH em água, KCl e CaCl 1:2:5
 Ca²⁺ - Mg²⁺ - Al³⁺ - Extrator: KCl - 1 mol/
 SB= Soma de Bases Trocáveis
 T - Capacidade de Troca Catiônica a pH 7,0
 M=Índice de Saturação por Alumínio

P - Na - Fe - Zn - Mn- Cu- Cd - Pb - Ni- Cr - Extrator Mehlich - 1
 H + Al - Extrator Acetato de Cálcio 0,5 mol/L - pH 7,0
 t= capacidade de troca catiônica efetiva
 V= índice de saturação por bases

Fonte: Laboratório de Análise de Solo, Tecido Vegetal e Fertilizante – Depto. de Solos, UFV, 2017.

O Gráfico 9 exibe a análise física comparativa entre o solo antes do enriquecimento e o grupo LVA + 10% Verdete.

Gráfico 9 – Análise física para o Solo e para o LVA + 10% Verdete



Fonte: Elaborado pelos autores, 2017

Comparando resultados do LVA e do Verdete com o “LVA + 10% Verdete”, percebe-se no Gráfico 9, que embora os percentuais de areia grossa, areia fina, silte e argila tenham se modificado, a classificação textural permaneceu sendo muito argilosa. Constatou-se, conforme Tabelas 2 e 7, que o pH variou. No geral, a necessidade pelo fósforo é maior quanto mais ácido for o solo, como observado.

A Tabela 7 de análise química, indica que o “LVA + 10% Verdete” apresenta fósforo e potássio em quantidades superiores à contida no solo na análise inicial. Os gráficos 10 e 11 ilustram o aumento destes elementos no grupo com o Verdete.

Gráfico 10– Análise química: Fósforo

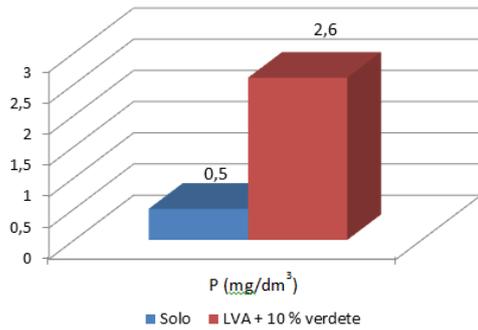
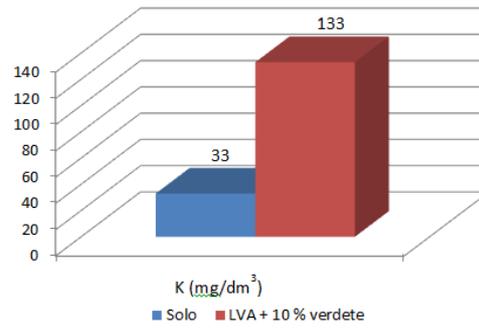


Gráfico 11–Análise química: Potássio



Fonte: Elaborado pelos autores, 2017

A partir dos dados, nota-se que o solo passou a conter 5 vezes mais P e 4 vezes mais K com a adição de 10% do Verdete. Logo, o mineral foi capaz de oferecer 2,1 mg/dm³ de P e 100 mg/dm³ de K para o solo durante 45 dias de cultivo.

Quadro 1 – Classes de interpretação da disponibilidade de fósforo de acordo com o teor de argila do solo ou do valor de fósforo remanescente (P-rem) e para potássio.

Característica	Classificação				
	Muito baixo	Baixo	Médio	Bom	Muito bom
	(mg/dm ³) ^{1/}				
	Fósforo disponível (P) ^{2/}				
Argila (%)					
60 - 100	≤ 2,7	2,8 - 5,4	5,5 - 8,0 ^{3/}	8,1 - 12,0	> 12,0
35 - 60	≤ 4,0	4,1 - 8,0	8,1 - 12,0	12,1 - 18,0	> 18,0
15 - 35	≤ 6,6	6,7 - 12,0	12,1 - 20,0	20,1 - 30,0	> 30,0
0 - 15	≤ 10,0	10,1 - 20,0	20,1 - 30,0	30,1 - 45,0	> 45,0
P-rem ^{4/} (mg/L)					
0 - 4	≤ 3,0	3,1 - 4,3	4,4 - 6,0 ^{3/}	6,1 - 9,0	> 9,0
4 - 10	≤ 4,0	4,1 - 6,0	6,1 - 8,3	8,4 - 12,5	> 12,5
10 - 19	≤ 6,0	6,1 - 8,3	8,4 - 11,4	11,5 - 17,5	> 17,5
19 - 30	≤ 8,0	8,1 - 11,4	11,5 - 15,8	15,9 - 24,0	> 24,0
30 - 44	≤ 11,0	11,1 - 15,8	15,9 - 21,8	21,9 - 33,0	> 33,0
44 - 60	≤ 15,0	15,1 - 21,8	21,9 - 30,0	30,1 - 45,0	> 45,0
	Potássio disponível (K) ^{2/}				
	≤ 15	16 - 40	41 - 70 ^{5/}	71 - 120	> 120

^{1/} mg/dm³ = ppm (m/v). ^{2/} Método Mehlich-1. ^{3/} Nesta classe apresentam-se os níveis críticos de acordo com o teor de argila ou com o valor do fósforo remanescente. ^{4/} P-rem = Fósforo remanescente, concentração de fósforo da solução de equilíbrio após agitar durante 1 h a TFSA com solução de CaCl₂ 10 mmol/L, contendo 60 mg/L de P, na relação 1:10. ^{5/} O limite superior desta classe indica o nível crítico.

Fonte: Interpretação dos resultados das análises de solos, pg. 28.

O Quadro 1 revela que o LVA possuía baixo nível de concentração de K e passou, com a adição de Verdete, a estar acima do nível crítico, isto é, nível muito bom. Em respeito ao P, embora o grupo avaliado continue na classificação nível muito baixo de concentração, a mesma anteriormente dada ao LVA, o percentual de P aumentou chegando a estar muito próximo da classificação posterior.

A seguir o Quadro 2 apresenta as classes de interpretação da disponibilidade para os micronutrientes. Os resultados da Tabela 7 são apresentados graficamente.

Quadro 2 – Classes de interpretação da disponibilidade para os micronutrientes.

Micronutriente	Classificação				
	Muito baixo	Baixo	Médio ^{1/}	Bom	Alto
	(mg/dm ³) ^{2/}				
Zinco disponível (Zn) ^{3/}	≤ 0,4	0,5 - 0,9	1,0 - 1,5	1,6 - 2,2	> 2,2
Manganês disponível (Mn) ^{3/}	≤ 2	3 - 5	6 - 8	9 - 12	> 12
Ferro disponível (Fe) ^{3/}	≤ 8	9 - 18	19 - 30	31 - 45	> 45
Cobre disponível (Cu) ^{3/}	≤ 0,3	0,4 - 0,7	0,8 - 1,2	1,3 - 1,8	> 1,8
Boro disponível (B) ^{4/}	≤ 0,15	0,16 - 0,35	0,36 - 0,60	0,61 - 0,90	> 0,90

^{1/} O limite superior desta classe indica o nível crítico. ^{2/} mg/dm³ = ppm (m/v). ^{3/} Método Mehlich-1. ^{4/} Método água quente.

Fonte: Interpretação dos resultados das análises de solos, pg. 31.

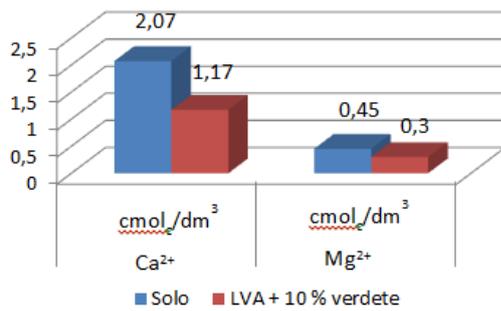
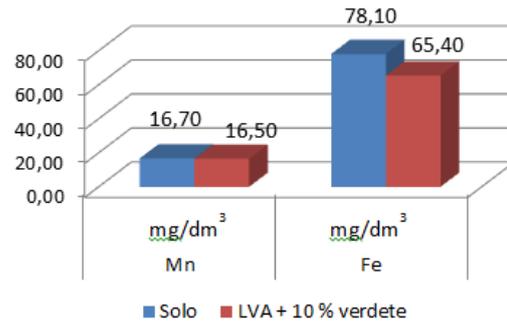
Gráfico 12 - Análise de Ca^{2+} e Mg^{2+} 

Gráfico 13 - Análise de Mn e Fe

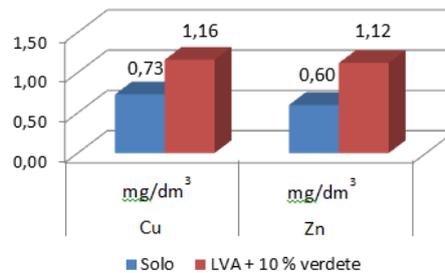


Fonte: Interpretado e elaborado pelos autores, 2017

A redução para as quantidades de íon cálcio (Ca^{2+}), íon magnésio (Mg^{2+}), manganês (Mn) e ferro (Fe) nos gráficos 12 e 13 foi muito pequena, incapaz de alterar a classificação de micronutrientes, conforme Quadro 3.

O gráfico 14 compara os resultados de Cu e Zn para os momentos avaliados.

Gráfico 14 - Resultados Cu e Zn no Solo e LVA + 10% Verdete



Fonte: Interpretado e elaborado pelos autores, 2017

Observou-se no Gráfico 14 que as quantidades de Cu e Zn aumentaram em 58% e 86%, respectivamente, sendo ambos inicialmente debaixo concentração (Quadro 2) e, com a adição de Verdete, passam a ter média concentração. Esse aumento é relevante, já que o Zn, por exemplo, é precursor de oxinasenraizadoras.

O íon Al^{3+} permaneceu ausente no grupo avaliado, o que permite dizer que o mesmo não foi transferido do Verdete para o solo, o que é positivo, uma vez que esse a presença deste íon é altamente prejudicial ao desenvolvimento das raízes.

Por fim, os gráficos 15 e 16 comparam a acidez potencial e a fertilidade para o solo e, também, para o grupo que obteve desempenho mais satisfatório.

Gráfico 15 - Comparação de acidez potencial

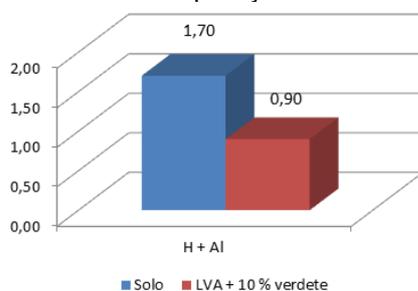
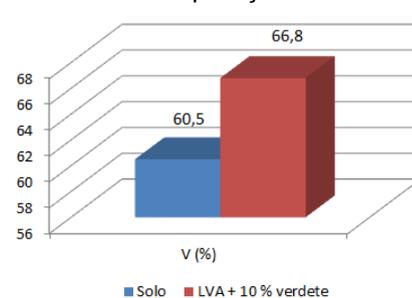


Gráfico 16 - Comparação de fertilidade



Fonte: Interpretado e elaborado pelos autores, 2017

Percebe-se que acidez potencial reduziu e a fertilidade indicada pela saturação por base (V) elevou-se em 10,4%, o que indica o potencial do enriquecimento promovido através da adição de 10% do mineral Verdete.

3 CONCLUSÃO

Com as condições estabelecidas, o grupo “LVA + 25% Verdete” foi o primeiro a apresentar a germinação de seus grãos, no entanto “LVA + 10% de Verdete” obteve germinações numerosas. Esse fato aponta a importância da correta escolha da quantidade de mineral a ser disponibilizado. Neste estudo, a dosagem 10% de Verdete foi mais adequada para o *Phaseolus vulgaris* L. (Variedade Cariquinha).

Os resultados discutidos para o grupo “LVA+10% Verdete” revelam que o mineral ofereceu 2,1 mg/dm³ de fósforo e 100 mg/dm³ de potássio para o solo durante os 45 dias de cultivo, isto é, o solo passou a conter 5 vezes mais P e 4 vezes mais K. Além de fósforo e potássio, zinco e cobre, elementos que são categorizados como micro e macronutrientes, foram disponibilizados ao solo de modo muito satisfatório aumentando a fertilidade para consideráveis 10,4%. É importante ressaltar que o mineral adicionado não foi capaz de transferir Al³⁺ para o solo, o que foi essencial para evitar o prejuízo no desenvolvimento das raízes.

Com o estudo teórico e prático, conclui-se que a demanda nutricional do Latossolo Vermelho Amarelo para cultivar *Phaseolus vulgaris* L. (Variedade Cariquinha) é satisfeita com Verdete, fonte de fósforo e potássio que é capaz de oferecer ao LVA micro e macronutrientes para seu adequado enriquecimento. Para trabalhos futuros, sugere-se realização de ensaios de mobilidade segundo as Instruções Normativas do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento e, ainda, análises envolvendo a extração em água e ácido cítrico.

REFERÊNCIAS

- [1] International Fertilizer Industry Association. Mineral Fertilizer Use and the Environment. Traduzido por Associação Nacional para Difusão de Adubos. Revised Edition. Paris, 2000 [acesso em 29 nov. 2015]; Disponível: <http://www.anda.org.br>.
- [2] Lopes, A. S; Guilherme, L. R. G; Silva, C. A. P. Vocação da terra. São Paulo: ANDA, 2003. 23 p.
- [3] Piza, P. A. T; Bertolino, L. C; Silvia, A. A. S; Sampaio, J. A; Luz, A. B. Verdete da região de cedro de abaeté (MG) como fonte alternativa para potássio. São Paulo, UNESP [acesso em 16 out. 2015]; Geociências, v. 30, n. 3, p. 345-356, 2011. Disponível: <http://www.revistageociencias.com.br>.
- [4] Valarelli, J. V; Novais, R. H; Melo, M. T. V; Leal, E. D. Ardósias “Verdete” de Cedro do Abaeté na Produção de Termofosfato Potássico Fundido e sua Eficiência Agrônômica. Anais da Academia Brasileira de Ciências. v. 65 (4) p. 363 – 375, 1993.
- [5] Eichler, V. Disponibilidade do potássio do Verdete de Abaeté calcinado com e sem calcário magnésiano, para a cultura do milho em solos de textura média e argilosa [tese de mestrado]. Escola Superior de Agricultura de Lavras, Minas Gerais. 1983.
- [6] Universal de Fertilizantes – UNIFERTIL. Nutrientes: do que as plantas precisam? Vol 002. Ano 02. Out. 2012. Disponível: <<http://www.unifertil.com.br>>. Acesso em 22 Out. 2015.
- [7] Giracca, E. M. N; Nunes, J. L. S. Agronegócio: Fertilizantes (2016) [acesso em 22 out. 2015]; Disponível: https://www.agrolink.com.br/fertilizantes/nutrientes_361443.html.
- [8] Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais. Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais. Viçosa, 1999 [acesso em:

30 jan. 2017]; Disponível: www.dpv24.iciag.ufu.br/new/dpv24/.../5%20%20Aproximacao%20Revisada.pdf.