

VI-265 - ATRIBUTOS QUÍMICOS DE SOLOS SUBMETIDOS À APLICAÇÃO DE BIOFERTILIZANTE DE TORTA DE MAMONA**Elton Eduardo Novais Alves**

Graduando em Agronomia na Universidade Federal de Viçosa – MG, Bolsista PIBIC/CNPq

Edson Faria da Silva

Eng. Agrícola e Ambiental, DEA - Universidade Federal de Viçosa – MG

Alisson Carraro Borges⁽¹⁾

Eng. Civil, D. Sc. Professor Adjunto DEA - Universidade Federal de Viçosa – MG

Antover Panazzolo Sarmento

Eng. Agrícola, Doutorando em Eng. Agrícola DEA - UFV – MG, Prof. Assistente DECIV-UFV/CAC - GO

Endereço⁽¹⁾: Departamento de Engenharia Agrícola, Av. P. H. Rolfs, s/n, Campus UFV – Viçosa - MG - CEP: 30310-760 - Brasil – Tel.: (31) 3899-1876 - e-mail: borges@ufv.br**RESUMO**

Na cadeia produtiva do óleo de mamona, há a geração de um resíduo rico em nutrientes e matéria orgânica, conhecido como torta de mamona. O manejo inadequado deste resíduo pode acarretar diferentes problemas socioambientais e econômicos. A digestão anaeróbia permite diminuir a carga poluidora deste resíduo além de produzir o biofertilizante. Mas o estudo da aplicação deste biofertilizante no solo torna-se necessário para avaliar possíveis efeitos negativos ao ambiente. Objetivou-se com este trabalho estudar alterações químicas em Argissolo e Latossolo Vermelho Amarelo após a incubação com doses crescentes de biofertilizante. O experimento foi realizado em casa de vegetação, anexa ao Laboratório de Hidráulica do DEA/UFV. Após a caracterização química do solo e do biofertilizante determinou-se a quantidade a ser aplicada. Cada unidade experimental constituiu-se de um vaso contendo 1,7 dm³ de solo, com quatro tratamentos e três repetições montados em DIC, onde o tratamento 1 (T1) correspondeu ao solo sem adubação, T2 a adubação recomendada para a cultura da mamona, T3 duas vezes o valor da adubação recomendada e T4 quatro vezes o valor da adubação recomendada. Após 20 dias de incubação foram feitas as análises de pH em H₂O e KCl; H+Al; Al³⁺; Ca+Mg; C.O.; N; P; K; Na; e CE. As variáveis foram analisadas por meio de regressões e teste Tukey a 5% de probabilidade. Verificou-se que com o aumento da dose recomendada houve elevação nos valores de C.O., pH em KCl e CE para o Argissolo, e aumento da soma de bases, do teor de Ca + Mg e da Condutividade Elétrica no Latossolo, sendo que a CE nos dois solos mantiveram-se muito abaixo do limite máximo sugerido na literatura. Houve queda na acidez potencial do Argissolo e uma pequena queda na Acidez ativa do Latossolo. Conclui-se que os solos apresentam boa fertilidade e não se observou riscos de acúmulo excessivo de íons ao se aplicar até quatro vezes a dose recomendada do biofertilizante, o que caracteriza a torta de mamona como um bom resíduo para a produção de biofertilizante.

PALAVRAS-CHAVE: digestão anaeróbia, torta de mamona, biofertilizante, atributos do solo.**INTRODUÇÃO**

Diante da demanda mundial por fontes alternativas e renováveis de energia o Brasil implantou o Programa Nacional de Biodiesel. Uma das culturas que ganhou importância, dentro deste programa, foi a mamoneira, pelas vantagens socioeconômicas desejáveis para seu cultivo. Dentre suas características citam-se a elevada capacidade de tolerância à seca, rusticidade, adaptada a regiões semiáridas e baixa tolerância à salinidade e sodicidade do solo (BELTRÃO *et al.*, 2004; COSTA *et al.*, 2004; FREITAS & FREDO, 2005).

Mas é sabido que no processamento da extração do óleo da semente da mamona, há a geração de resíduos orgânicos, implicando em um manejo adequado destes resíduos para que não venham causar danos ambientais. A torta de mamona é originada do processamento das sementes da mamoneira (*Ricinus communis* L.) para a retirada do óleo e caracteriza-se por apresentar elevados teores de nutriente, destacando-se o nitrogênio. Estima-se que a cada 1330 kg de sementes processada para a extração do óleo, são produzidos aproximadamente 500 kg de torta e 330 kg de casca (PERES, 2005).

Uma das possíveis alternativas para o tratamento deste resíduo é pelo processo biológico, utilizando digestores anaeróbios, obtendo-se ao final da digestão o biogás e o biofertilizante, a custos relativamente baixos. Desta forma é possível que produtores rurais fiquem menos dependentes de combustíveis não renováveis (GLP, por exemplo) e adubos químicos (adubos NPK's), que tem grandes flutuações de preço no mercado influenciando a rentabilidade do produto final.

O estudo e a determinação da taxa de aplicação do biofertilizante em diferentes classes de solos são de fundamental importância, pois evita excessos nas aplicações da dose recomendada, que poderiam ocasionar problemas ambientais como a lixiviação de nutrientes para o lençol freático, contaminando mananciais. Ou haver o acúmulo de íons no solo, salinizando-o, aumentando sua pressão osmótica de forma excessiva e atingindo um nível tóxico para as culturas, causando queda na produtividade.

Portanto, analisar as alterações químicas em solos submetidos a diferentes fertilizantes orgânicos é de grande interesse na área ambiental, agrônômica, social e econômica.

A torta de mamona tem sido motivo de estudo em diversas aplicações. No entanto, há muito poucos estudos relacionando-a com a biodigestão e a produção do biofertilizante e nem como este biofertilizante se comporta quando é aplicado ao solo.

Tendo em vista esta problemática, fez-se necessário a realização deste estudo, tendo como objetivo avaliar as alterações químicas em solos submetidos à aplicação do biofertilizante gerado na digestão anaeróbia da torta de mamona em duas classes distintas de solo.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação, anexa ao Laboratório de Hidráulica do Departamento de Engenharia Agrícola (DEA/UFV). O clima predominante na região, de acordo com a classificação de Köppen, é o Cwa.

O biofertilizante utilizado no experimento foi obtido da biodigestão do substrato contendo torta de mamona e água, com uma concentração inicial de 9 dag kg^{-1} de Sólidos Totais (ST). O biodigestor utilizado foi do tipo bancada, operando no sistema em batelada, com o tempo de retenção hidráulica de 50 dias.

Utilizou-se dois solos distintos, um Argissolo Vermelho-Amarelo (PVA), coletado no Campo Experimental Diogo Alves de Mello, campus UFV, e um Latossolo Vermelho-Amarelo (LVA), coletado na cidade de Mucugê – BA. Tais solos foram coletados na camada de 0-20 cm, sendo feita a análise química no Laboratório de Solo e Resíduos Sólidos do DEA.

Após a realização das análises químicas dos dois solos foi feita a recomendação de adubação para os mesmos conforme a recomendação para a cultura da mamona de acordo com Ribeiro *et al.* (1999). Sendo feita, posteriormente, a conversão das doses de nutrientes em doses do biofertilizante da torta de mamona, utilizando o nitrogênio como o nutriente de referência.

Os solos foram secos e passados por uma peneira de malha de dois milímetros (2 mm). Acondicionou-se $1,7 \text{ dm}^3$ de solo em cada vaso confeccionado com garrafa de politereftalato de etileno (PET). O delineamento do experimento foi o inteiramente casualizado, com três repetições, no esquema fatorial 2×4 , correspondendo a duas classes de solo e quatro doses de biofertilizante.

Os tratamentos realizados foram: T1 - correspondeu o solo sem adubação, T2 - com a adubação recomendada, T3 - com duas vezes o valor da adubação recomendada e T4 - com quatro vezes o valor da adubação recomendada.

Após adicionar o biofertilizante ao solo em cada repetição, adicionou-se água até atingir a capacidade de campo para cada um dos solos. Um filme plástico foi colocado sobre a abertura do vaso pra evitar a perda de água por evaporação, mantendo o solo na capacidade de campo durante todo o período de incubação. Os vasos foram, também, envoltos por papel alumínio, evitando a entrada de luz nas laterais dos recipientes, simulando a situação de campo (Figura1).



Figura1. Esquema da montagem do experimento

Passados vinte dias de incubação, os solos foram retirados de cada vaso, secos, destorroados e passados por uma peneira com aberturas de 2 mm. Retiraram-se amostras de cada tratamento e repetição e realizaram-se as análises químicas: pH em água e em KCl; quantificação das concentrações de potássio e sódio trocáveis, com extrator de Mehlich-1; teor de fósforo disponível, com extrator Mehlich-1; cálcio e magnésio trocáveis por extração com KCl 1 mol dm^{-3} ; acidez trocável por titulação, utilizando-se como solução extratora o KCl 1 mol dm^{-3} e acidez potencial, igualmente por titulação, com extração por extrator acetato de cálcio e Carbono pelo método de Walkey-Black (SILVA, 2009).

As capacidades de troca catiônica efetiva (t) e potencial (T) foram determinadas pela soma de bases (SB) mais acidez trocável (Al) e SB mais acidez potencial (H+Al), respectivamente. A concentração de nitrogênio total foi obtida utilizando-se o método Kjeldahl modificado (ALVAREZ, s.d.) e a Condutividade Elétrica com um condutivímetro, na proporção 1:2,5 de solo e água destilada.

Para as análises dos dados obtidos foi utilizado o programa de estatística Minitab® 15.1.20.0, sendo feita o teste de normalidade de cada variável analisada, o teste F, teste Tukey a 5% de probabilidade para as variáveis e também análise de regressões.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores referentes à caracterização química do biofertilizante utilizado no experimento estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Valores de Nitrogênio total, pH, Sódio, Potássio, Fósforo, Condutividade Elétrica (CE) e Sólidos Totais (ST) do biofertilizante.

N_T g dm^{-3}	pH	Sódio g cm^{-3}	Potássio g dm^{-3}	Fósforo g dm^{-3}	CE mS cm^{-1}	ST dag kg^{-1}
4,831	6,8	50	2,7	1,10205	19,69	7,43

De acordo com os dados acima é possível perceber que, mesmo contendo aproximadamente 92,5% (1-ST) de umidade, o biofertilizante possui boas características químicas, desejáveis a nutrição de plantas, apresentando boas concentrações de nutrientes e baixas quantidades de sódio, que pode ser prejudicial às plantas e a estrutura do solo quando encontrado em quantidades excessivas.

As análises químicas do Argissolo (PVA) e do Latossolo (LVA) utilizados no experimento estão na Tabela 2.

Tabela 2. Valores médios das análises de solo* do LVA e PVA.

Solo	pH H ₂ O	pH KCl	H+Al	Al ³⁺	SB	t	T	V	m	Ca+Mg	C.O.	N	P	K	Na	CE
			-----	cmolc	dm^{-3}	-----		%	%	mg dm^{-3}	g kg^{-1}	dag kg^{-1}	-----	mg dm^{-3}	-----	$\mu\text{S cm}^{-1}$
PVA	5,09	4,32	6,93	0,36	2,22	2,58	9,15	24,30	13,97	1,77	5,03	1,94	24,79	179,21	0,00	130,97
LVA	6,81	6,13	2,15	0,00	5,15	0,00	7,30	70,69	0,00	4,37	1,66	0,87	7,69	157,67	86,67	233,37

*Potencial hidrogeniônico (pH), Acidez potencial (H+Al), Acidez trocável (Al³⁺), Soma de Bases (SB), CTC efetiva (t), CTC potencial (T), Saturação por bases (V), saturação por Alumínio (m), Cálcio e Magnésio (Ca+Mg), Carbono (CO), Nitrogênio (N), Fósforo (P), Potássio (K), Sódio (Na), Condutividade Elétrica (CE)

De acordo com os resultados visualizados na Tabela 2 a recomendação de adubação química, segundo Ribeiro *et al.* (1999), para a cultura da mamona foi de 4 g m⁻² de N, 3 g m⁻² de P₂O₅ e 3 g m⁻² de K₂O, para ambos os solos.

Tomando o nitrogênio como referência na adubação e o volume de 1,7 dm³ de solo em cada vaso, a dose de biofertilizante aplicada no solo foi de: 0,0 cm³ no T1; 7,2 cm³ no T2; 14,4 cm³ no T3; e 28,8 cm³ no T4.

Os valores das análises realizadas após o período de incubação no Argissolo e do Latossolo estão contidos nas Tabelas 3 e 4, respectivamente. As Figuras 2 e 3 são referentes às regressões significativas relacionando as variáveis analisadas com a dose aplicada de biofertilizante.

Tabela 3. Valores médios das análises realizadas nos Argissolos (Viçosa) dos quatro tratamentos e respectivos Coeficientes de Variação.

Variável	Unidade	Tratamentos				C.V. (%)
		T1	T2	T3	T4	
pH H ₂ O	-	5,17 A	5,08 A	5,25 A	5,15 A	1,70
pH KCl	-	4,5 AB	4,46 B	4,54 A	4,58 A	1,16
H+Al	cmol _c dm ⁻³	7,41 A	7,77 A	7,48 A	7,04 A	5,11
Al ³⁺	cmol _c dm ⁻³	0,43 A	0,46 A	0,40 A	0,40 A	9,63
SB	cmol _c dm ⁻³	4,01 A	3,94 A	3,66 A	4,17 A	7,27
t (CTC _{ef})	cmol _c dm ⁻³	4,44 A	4,40 A	4,06 A	4,57 A	6,31
T (CTC _{pot})	cmol _c dm ⁻³	11,49 A	11,86 A	11,14 A	11,21 A	3,89
V	%	34,93 A	33,20 A	32,87 A	37,19 A	6,84
M	%	9,72 A	10,52 A	9,87 A	8,77 A	12,41
Ca+Mg	mg dm ⁻³	3,81 A	3,73 A	3,44 A	3,95 A	7,66
CO	dag kg ⁻¹	5,41 D	5,87 C	7,02 B	7,56 A	14,06
N	dag kg ⁻¹	0,143 A	0,126 A	0,115 A	0,130 A	12,78
P	mg dm ⁻³	19,78 A	21,60 A	21,67 A	21,06 A	5,86
K	mg dm ⁻³	77,667 A	81,333 A	85,00 A	87,00 A	8,34
Na	mg dm ⁻³	0,00	0,00	0,00	0,00	-
CE	μS cm ⁻¹	130,20 C	178,53 B	197,87 B	250,3 A	24,35

Médias seguidas pelas mesmas letras na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey (P>0,05).

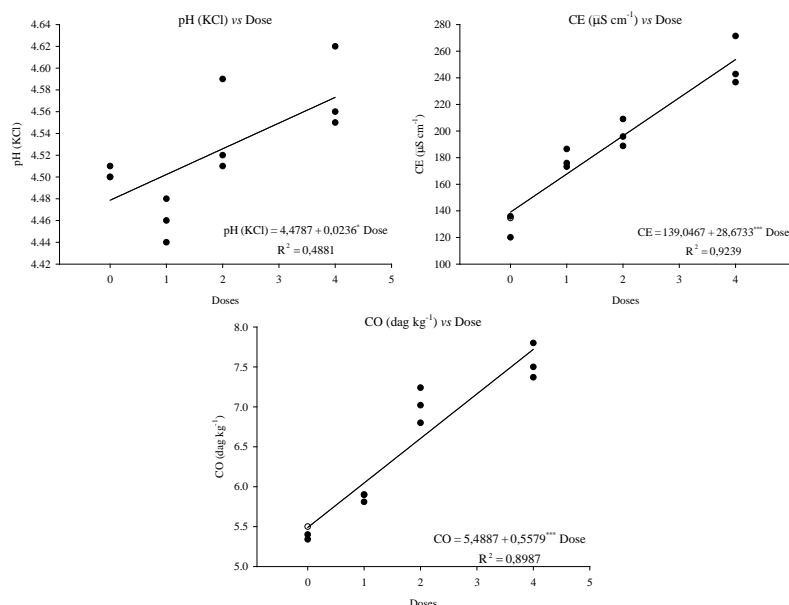


Figura 2. Regressões das variáveis analisadas em função das doses de biofertilizante aplicadas no PVA. Sendo *significativo à 5% e ** a 1% de probabilidade

De acordo com a Tabela 3 e a Figura 2, verifica-se que os valores médios de pH em água, H+Al, Al³⁺, SB, CTC efetiva e potencial, V e m, Ca + Mg, N_T, P e K não foram estatisticamente diferentes entre si pelo teste Tukey a 5% de significância, o que infere que não há alterações significativas nas médias destes valores, aplicando o biofertilizante em quatro vezes a dose recomendada ou não aplicando-o.

O pH em KCl foi menor no tratamento T2 e não houve diferenças significativas entre os demais tratamentos. Observa-se um aumento significativo nos teores de C.O. no PVA (Tabela 3) em função do aumento das doses do biofertilizante, indicando que o biofertilizante aumenta significativamente o teor de matéria orgânica do solo favorecendo mecanismos benéficos advindos da presença de material orgânico no solo.

Não se observou presença de Na⁺ nos tratamentos, mas houve um aumento significativo da CE de 130 (T1) para 250 $\mu\text{S cm}^{-1}$ (T4), mas estes valores ainda são muito menores que o limite sugerido por Craul e Switzenbaum (1996), citado por Matos (2008), que afirmam que a salinidade dos resíduos orgânicos não deve provocar um aumento na salinidade do solo superior a 4 dS m⁻¹ (4000 $\mu\text{S cm}^{-1}$).

Tabela 4. Valores médios das análises realizadas nos Latossolos (Mucugê) dos quatro tratamentos e respectivos Coeficientes de Variação.

Variável	Unidade	Tratamentos				C.V. (%)
		A	B	C	D	
pH H ₂ O	-	6,81 A	6,14 B	6,09 B	6,13 B	5,87
pH KCl	-	6,13 A	5,51 AB	5,45 B	5,62 AB	6,13
H+Al	cmol _c dm ⁻³	2,15 A	2,70 A	2,86 A	2,20 A	19,05
Al+3	cmol _c dm ⁻³	0,00	0,00	0,00	0,00	-
SB	cmol _c dm ⁻³	5,15 B	5,08 B	4,97 B	5,75 A	6,7
T (CTC _{pot})	cmol _c dm ⁻³	7,30 A	7,78 A	7,56 A	7,94 A	6,23
V	%	70,69 A	65,38 A	65,77 A	72,83 A	7,33
m	%	0,00	0,00	0,00	0,00	-
Ca+Mg	mg dm ⁻³	4,37 B	4,37 B	4,48 B	5,12 A	8,06
CO	dag kg ⁻¹	1,66 A	1,79 A	1,82 A	1,85 A	7,8
N	dag kg ⁻¹	0,87 A	0,92 A	0,97 A	1,00 A	7,71
P	mg dm ⁻³	7,69 A	6,82 A	8,02 A	6,79 A	15,7
K	mg dm ⁻³	157,67 A	164,33 A	101,00 A	131,00 A	29,06
Na	mg dm ⁻³	86,77 A	66,70 A	53,33 A	66,67 A	34,08
CE	$\mu\text{S cm}^{-1}$	233,37 C	238,57 BC	313,20 B	398,83 A	25,5

Médias seguidas pelas mesmas letras na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey (P>0,05).

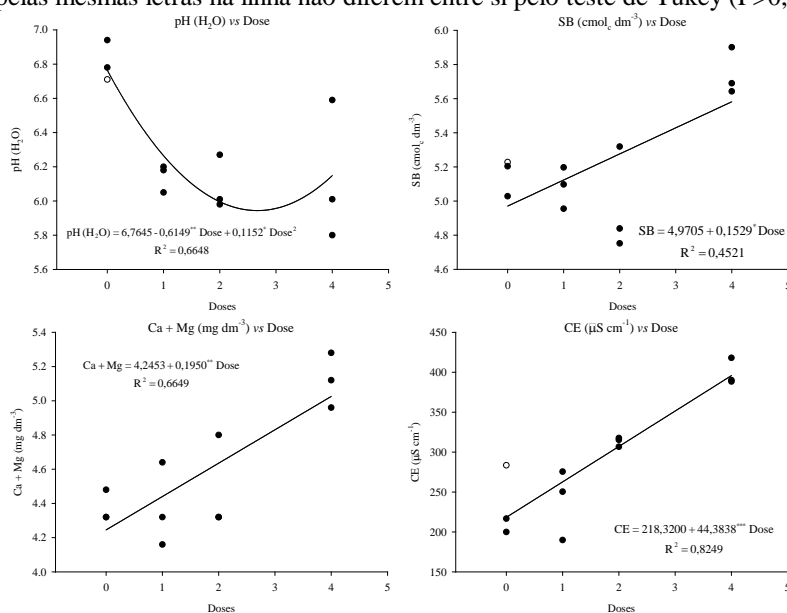


Figura 3. Regressões das variáveis analisadas em função das doses do biofertilizante aplicadas no LVA. Sendo *significativo à 5% e ** a 1% de probabilidade

De acordo com a Tabela 4 e Figura 3, verifica-se que os valores médios de acidez potencial, acidez ativa, CTC potencial, V, m, CO, N_T, P, K⁺ e Na⁺ não foram estatisticamente diferentes entre si pelo teste Tukey a 5% de significância, o que infere que não há alterações significativas nas médias destes valores, aplicando o biofertilizante em quatro vezes a dose recomendada.

Assim como o observado para o Argissolo, verifica-se que houve um aumento no teor de C.O. Contudo, tal elevação não foi estatisticamente significativa ao nível de 5% pelo teste de Tukey.

Houve uma ligeira redução no pH quando adicionado o biofertilizante, mas esta queda não é significativa para afetar a produção de plantas, uma vez que os valores considerados bons para a produção agrícola encontram-se na faixa de pH de 5,5 a 6,0 (RIBEIRO *et al.*, 1999).

A SB e o teor de Ca + Mg tiveram um aumento significativo, principalmente no T4. Isto se deve ao incremento dos nutrientes básicos (Ca, Mg, Na) no solo provenientes da torta de mamona.

A CE teve aumento significativo a medida que se aumentou as doses do biofertilizante, mas assim como no solo anterior o valor não ultrapassou os 4000 $\mu\text{S cm}^{-1}$.

CONCLUSÕES

De acordo com os dados obtidos e baseando-se no método empregado neste experimento, conclui-se que:

- Não houve alteração significativa dos atributos químicos do solo com exceção a condutividade elétrica dos dois solos, e ao teor de matéria orgânica do Argissolo.
- Tomando-se como referência o nitrogênio, não se observou riscos de acúmulo excessivo de íons com a adubação via biofertilizante oriundo de torta de mamona.
- Os solos já apresentavam boas qualidades químicas e de fertilidade
- A torta de mamona é um resíduo com boas qualidades para a produção de biofertilizante e sua aplicação no solo deve ser feita de forma adequada, seguindo a recomendação para cada solo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ALVAREZ V., V.H. Caracterização química do solo. Viçosa, UFV, s.d. 77 p. (mimeografado)
2. APHA – AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION – Standard methods for the examination of water and wastewater. New York: APHA, WWA, WPCR. 21ª ed. 2005.
3. BELTRÃO, N. E. M. ; CARDOSO, G. D. ; SEVERINO, L. S. ; PEREIRA, J. R. ; GONDIM, T. M. S. ; CARTAXO, W. V. Biodiesel do óleo da mamona e a produção de fitomassa: considerações gerais e singularidades. Campina Grande, Embrapa, 2004.
4. COSTA, F. X.; SEVERINO, L. S. BELTRÃO, N. E. M.; FREIRE, R. M. M.; LUCENA, A. M. A.; GUIMARÃES, M. M. B. Composição química da torta de mamona. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA, 1., 2004, Campina Grande. Energia e sustentabilidade - Anais... Campina Grande: Embrapa Algodão, 2004.
5. FREITAS, S. M. & FREDO, C. E. Biodiesel à base de óleo de mamona: algumas considerações. Informações Econômicas, SP, n. 35, n.1, jan. 2005.
6. MATOS, A. T. Práticas de Tratamento e aproveitamento agrícola de resíduos sólidos. Viçosa: Associação dos Engenheiros Agrícolas de Minas Gerais/UFV, 2008. 43 p. (Série Caderno Didático, 45).
7. PERES, S. Policon. Workshop de Co-produtos do Biodiesel – MCT. Rio de Janeiro, 2005.
8. RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ V., V. H. (Ed.). Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5.a aproximação. Viçosa, MG: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. 359 p.
9. SILVA, F.C. (ed.). Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 2009. 627 p.