



Alterações químicas em solo cultivado com arroz de terras altas após aplicação de composto de lodo de esgoto

Felipe Bertacine^(1*); Adrielle Rodrigues Prates⁽²⁾; Bruno Gasparoti Miranda⁽³⁾; Fernando dos Santos Marques da Costa⁽⁴⁾; João Pedro Milan⁽⁵⁾; Pedro Henrique Batista da Silva⁽⁶⁾; Thiago Assis Rodrigues Nogueira⁽⁷⁾

^(1*) Departamento de Fitossanidade, Engenharia Rural e Solos, Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho"; Ilha Solteira, São Paulo, Brasil, 15385-000 (*Felipe Bertacine, felipebertacine@gmail.com).

RESUMO: Objetivando-se avaliar as alterações químicas de um LATOSSOLO cultivado com arroz e adubado com composto de lodo de esgoto (CLE), foi desenvolvido um experimento em condições de campo em solo no Cerrado. Adotou-se o delineamento experimental em blocos ao acaso, com quatro repetições. Os tratamentos foram originados de esquema fatorial $4 \times 2 + 2$, sendo: quatro doses de CLE (5,0; 7,5; 10,0 e 12,5 t ha⁻¹), dois modos de aplicação (área total e nas entrelinhas das culturas) e dois tratamentos controles (sem aplicação do composto e com adubação mineral convencional). Em amostras de solo coletadas nas camadas de 0-20 e 20-40 cm de profundidade, foram avaliados: M.O., pH, CTC, H+Al, Al, SB, V e *m*. A aplicação do CLE na entrelinha das plantas de arroz promoveu maior soma de bases e saturação por bases na camada de 0-20 cm de profundidade. Já em relação a camada de 20-40 cm não houve diferença para o modo de aplicação do CLE. Independentemente da profundidade do solo, notou-se que as doses de CLE aplicadas não promoveram alterações nos atributos químicos estudados. A aplicação do CLE promove aumento dos valores de SB, CTC e V na camada superficial do solo.

Termos de indexação: Biossólido; Fertilidade do solo; Fertilizante orgânico.

INTRODUÇÃO

O arroz de terras altas traz grande oportunidade de expansão de áreas, principalmente em locais onde há pastagem ou a prática de sucessão ou rotação de cultura. Devido às restrições do cultivo do arroz por meio da relação entre planta e ambiente, o sistema de terras altas exige maior atenção na prática de adubação. De modo geral, solos do Cerrado são inférteis, ácidos e oxidicos.

Em toda faixa de extensão territorial do Cerrado o solo predominante são os LATOSSOLOS, cobrindo aproximadamente 46% da área (SANZONOWICZ, 2018). As características deste solo são marcadas pelo processo de latolização, na qual são removidas sílica e bases (Ca, Mg e K) do

perfil, portanto o intemperismo é intenso transformando as argilominerais em óxidos e hidróxidos. O reflexo do intemperismo atribui ao solo características químicas mais severas, com alguns atributos variando: pH de 4,0 a 5,5, soma de base de 0,2 a 3,8 cmol_c dm⁻³, CTC < 17 cmol kg⁻¹ de argila, saturação por bases < 50, além do caráter alítico, ou seja, alumínio ≥ 4 cmol_c kg⁻¹ (CARVALHO et al., 2018).

O uso de fertilizantes minerais ou orgânicos são fundamentais para o bom desenvolvimento das culturas em solos do Cerrado. Assim, em resposta as condições adversas de um LATOSSOLO, a utilização de resíduos orgânicos compostados (p.e. o composto de lodo de esgoto – CLE), deve ser considerada. Os lodos apresentam em sua composição quantidades consideráveis de matéria orgânica e de nutrientes de plantas (BERTON; NOGUEIRA, 2010), podendo promover melhores condições físicas e químicas do solo. Todavia, poucos estudos foram desenvolvidos visando a avaliação de CLE como fornecedor de nutrientes, especialmente, para a cultura do arroz cultivado no solo do Cerrado.

Diante do exposto, objetiva-se avaliar as alterações de alguns atributos químicos (M.O., pH, CTC, H+Al, Al, SB e V) nas profundidades de 0-20 e 20-40 cm do solo, após a aplicação de CLE e cultivo de arroz de terras altas.

MATERIAL E MÉTODOS

Descrição da área experimental e tratamentos

O experimento foi realizado em área experimental da Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Unesp, em Selvíria, MS (20°22'S e 51°22'W, com altitude de 335 m). O solo foi classificado como LATOSSOLO VERMELHO Distrófico típico argiloso, pelo levantamento detalhado (DEMATTE, 1980) e utilizando-se o Sistema Brasileiro de Classificação dos Solos (SANTOS et al., 2018). **(Tabela 1).**

Os tratamentos foram originados de esquema fatorial $4 \times 2 + 2$, sendo: quatro doses de CLE (5,0, 7,5, 10,0 e 12,5 t ha⁻¹, base úmida) **(Tabela 2)**, dois modos de aplicação (área total e nas entrelinhas das culturas), e dois tratamentos



controle (sem aplicação do composto e com adubação mineral convencional). As aplicações do CLE ocorreram no dia 18/11/2017 para o tratamento em área total e no dia 02/12/17 para o tratamento entrelinha, pois havia a necessidade da emergência da cultura do arroz (semeado no dia 25/11/2018).

Atributos avaliados

Após o término do ciclo da cultura do arroz foram realizadas coletas de cinco subamostras de solo por parcela, aleatoriamente, nas profundidades 0–20 cm e 20-40 cm. As amostras foram secas ao ar, destorroadas e passadas em peneira com 2 mm de abertura de malha. Em seguida, foram avaliados os atributos químicos M.O., pH, CTC, H+Al, Al, SB, V e *m*, conforme os protocolos analíticos descritos em Raij et al. (2001). Dessa forma, os valores de pH foram determinados em suspensões de terra fina seca ao ar (TFSA) em solução de CaCl_2 0,01 mol L⁻¹ na proporção solo-solução de 1:2,5. A matéria orgânica foi determinada após oxidação com $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ em presença de H_2SO_4 e titulação do excesso de dicromato com a solução de $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 0,4 mol L⁻¹. O alumínio trocável (Al^{3+}) foi extraído com 1 mol L⁻¹ e depois titulado com NaOH com 0,025 mol L⁻¹. A acidez potencial (H⁺+Al) foi estimada pelo método do pH SMP. Finalmente foram calculados a capacidade de troca de cátions (CTC) a pH 7,0, a saturação por alumínio (*m*), a Soma de Bases e a saturação por bases (V).

Delineamento e análise estatística

Adotou-se o delineamento experimental em blocos casualizados, com 10 tratamentos e quatro repetições, totalizando 40 unidades experimentais. Os resultados foram submetidos à análise de variância pelo teste F. Para fator quantitativo (doses) foram realizados estudos de regressão polinomial para as interações significativas. A análise estatística foi realizada utilizando o programa AGROESTAT.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Não foi observado interação entre o modo de aplicação e as doses do CLE para os atributos químicos avaliados nas camadas de 0-20 cm e 20-40 cm de profundidade (**Tabela 3**). Por outro lado, pôde-se notar que a aplicação do CLE na entrelinha das plantas de arroz promoveu maior soma de bases e saturação por bases na camada de 0-20 cm

de profundidade. Já em relação a camada de 20-40 cm não houve diferença para o modo de aplicação do CLE.

Independentemente da profundidade do solo, notou-se que as doses de CLE aplicadas não promoveram alteração nos atributos químicos (**Tabela 3**) estudados. Contudo, verificou-se que as médias de pH, Al, SB, CTC e V foram superiores na camada superficial (0-20 cm de profundidade).

A acidez potencial (H+Al) na camada de 20-40 cm no tratamento da adubação convencional foi maior quando comparada ao tratamento controle absoluto. Tal fato pode estar relacionado a aplicação ao adubo nitrogenado aplicado, que durante a reação de liberação de N, fornecem ao solo íons H⁺.

Comparando-se a interação entre o modo de aplicação e as doses de CLE com os tratamentos adicionais, pôde-se notar que as médias dos atributos SB, CTC e V foram maiores no fatorial, evidenciando que a aplicação de CLE, independente das doses e do modo de aplicação, melhorou o ambiente superficial do solo.

CONCLUSÕES

A aplicação do CLE promove aumento nos valores de SB, CTC e V na camada superficial do solo. Tal fato sugere que mesmo com a menor dose de CLE aplicada (5,0 t ha⁻¹, base úmida), é possível obter melhoria de solos inférteis da região do Cerrado.

REFERÊNCIAS

- BARBOSA, J. C.; MALDONADO, JUNIOR, W. AgroEstat - sistema para análises estatísticas de ensaios agrônômicos. Jaboticabal: FCAV/UNESP, 2015. 396 p.
- BERTON, R.S.; NOGUEIRA, T.A.R. Uso de lodo de esgoto na agricultura. In: COSCIONE, A.R.; NOGUEIRA, T.A.R.; PIRES, A.M.M. Uso agrícola de lodo de esgoto: avaliação após a resolução nº 375 do Conama. FEPAF: Botucatu, 2010. p. 31.
- CARVALHO, A.L, et al. Processo de Formação do Solo. Disponível em: <<https://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Leite/LeiteCerrado/aspectos/processo>>. Acesso em 12 jun. 2018.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUARIA – EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa do Solo. Manual de métodos de análise de solo. 2. ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA, CNPS, 1997. 212 p.
- RAIJ, B. van; et al. Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais. 1.ed. Campinas: Instituto Agrônomo, 2001. 285 p.
- SANTOS, H. G. et al. Sistema brasileiro de classificação de solos. 5. ed. rev. e ampl. Brasília: Embrapa, 2018.
- SANZONOWICZ, C. Solos do Cerrado. Disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Agencia16/AG01/arvore/AG01_14_911200585231.html>. Acesso em 12 jun. 2018.



Tabela 1 – Atributos químicos⁽¹⁾ e físicos⁽²⁾ das amostras dos solos utilizados no experimento (Média ± desvio-padrão; $n = 3$).

Atributos	Unidade	Profundidade (cm)	
		0-20	20-40
pH _(CaCl2)	-	4,5 ± 0,06	4,7 ± 0,06
Matéria orgânica	g dm ⁻³	19 ± 1,16	14 ± 0,58
Fósforo	mg dm ⁻³	16 ± 0,58	9 ± 0,00
Potássio	mmol _c dm ⁻³	1,7 ± 0,17	0,7 ± 0,15
Cálcio	mmol _c dm ⁻³	13 ± 0,58	11 ± 0,58
Magnésio	mmol _c dm ⁻³	12 ± 1,00	10 ± 0,00
Alumínio	mmol _c dm ⁻³	4 ± 0,00	2 ± 0,58
H+Al	mmol _c dm ⁻³	37 ± 2,31	32 ± 1,73
SB	mmol _c dm ⁻³	27,0 ± 1,69	22,1 ± 0,72
S-SO ₄	mg dm ⁻³	15 ± 0,58	8 ± 0,58
CTC	mmol _c dm ⁻³	63,7 ± 0,86	54,1 ± 2,45
V	%	42 ± 3,21	41 ± 0,58
Areia (> 0,05 mm)	g kg ⁻¹	553 ± 12,86	
Silte (> 0,002 e < 0,05 mm)	g kg ⁻¹	81 ± 3,21	
Argila (< 0,002 mm)	g kg ⁻¹	372 ± 19,05	

⁽¹⁾Raij et al. (2001). ⁽²⁾Embrapa (1997).

Tabela 2 – Composição química e microbiológica de amostras do composto de lodo de esgoto (Média ± desvio-padrão; $n = 3$).

Característica	Unidade	Base úmida	Valor permitido ⁽¹⁾
pH _(CaCl2)	-	7,0 ± 0,10	--
Umidade (60-65 °C)	%	40,96 ± 0,26	--
Nitrogênio Total	g kg ⁻¹	13,85 ± 0,25	--
Fósforo (P ₂ O ₅) Total	g kg ⁻¹	12,25 ± 1,35	--
Potássio (K ₂ O) Total	g kg ⁻¹	6,00 ± 2,20	--
Cálcio (Ca) Total	g kg ⁻¹	19,40 ± 4,40	--
Magnésio (Mg) Total	g kg ⁻¹	5,20 ± 0,50	--
Enxofre (S) Total	g kg ⁻¹	4,75 ± 0,25	--
Arsênio	mg kg ⁻¹	3,15 ± 1,76	20,0
Cádmio	mg kg ⁻¹	1,00 ± 0,01	3,0
Cobre	mg kg ⁻¹	237 ± 16,54	--
Chumbo	mg kg ⁻¹	18,10 ± 1,60	150,0
Cromo	mg kg ⁻¹	54,25 ± 1,75	--
Níquel	mg kg ⁻¹	26,52 ± 0,50	70,0
Zinco	mg kg ⁻¹	456 ± 8	--
<i>Microbiológica</i>			
<i>Salmonella</i> sp.	NMP/10g	Ausente	
<i>Coliforme Termotolerantes</i>	NMP/g	0	
Ovos viáveis de helmintos	Ovos/g de ST	0,12	

⁽¹⁾IN SDA N°7 MAPA (2016).



Tabela 3 – Efeitos dos tratamentos estudados em alguns atributos químicos do solo após o cultivo de arroz de terras altas.

Tratamentos	MO	pH	H+Al	Al	SB	CTC	V	m	MO	pH	H+Al	Al	SB	CTC	V	m
	g dm ⁻³	CaCl ₂	mmol _c dm ⁻³			%			g dm ⁻³	CaCl ₂	mmol _c dm ⁻³			%		
	0 – 20 cm								20 – 40 cm							
Modos de Aplicação (MA)																
Área total	18,1	5,2	31,4	0,4	47,5	78,8	60,1	0,9	15,4	4,9	32,6	1,8	32,8	65,4	50,2	5,2
Entrelinhas	18,2	5,3	29,6	0,1	51,3	80,9	63,4	0,2	15,4	4,9	32,9	1,7	34,4	67,3	50,7	4,9
Teste F	0,03 ^{NS}	3,50 ^{NS}	3,42 ^{NS}	2,22 ^{NS}	7,40*	1,80 ^{NS}	8,35**	1,88 ^{NS}	0,02 ^{NS}	0,01 ^{NS}	0,16 ^{NS}	0,24 ^{NS}	0,99 ^{NS}	1,06 ^{NS}	0,20 ^{NS}	0,12 ^{NS}
Doses do CLE (base úmida)																
5,0 t ha ⁻¹	17,9	5,2	30,0	0,4	48,8	78,8	61,9	0,6	15,6	4,9	33,5	1,9	33,0	66,5	49,6	5,4
7,5 t ha ⁻¹	18,2	5,3	32,5	0,2	48,8	81,3	60,0	0,5	15,1	4,9	31,9	1,7	33,0	64,9	50,5	5,1
10,0 t ha ⁻¹	18,1	5,9	29,1	0,1	51,9	81,0	63,9	0,2	15,2	4,9	32,6	1,6	35,1	67,8	51,7	4,6
12,5 t ha ⁻¹	18,4	5,2	30,4	0,4	48,1	78,5	61,4	0,9	15,6	4,9	33,1	1,7	33,2	66,4	50,0	5,1
Teste F	0,30 ^{NS}	1,99 ^{NS}	2,29 ^{NS}	0,33 ^{NS}	1,40 ^{NS}	0,84 ^{NS}	1,96 ^{NS}	0,33 ^{NS}	0,37 ^{NS}	0,21 ^{NS}	0,83 ^{NS}	0,16 ^{NS}	0,44 ^{NS}	0,41 ^{NS}	0,54 ^{NS}	0,19 ^{NS}
Tratamentos Adicionais (TA)																
Controle	18,8	5,3	30,2	0,5	42,1	72,3	58,5	1,2	15,7	5,0	31,0	1,5	33,0	64,0	51,2	4,7
Adubação convencional	18,0	5,2	31,8	0,2	42,7	74,5	57,2	0,5	15,7	5,0	34,2	1,5	30,8	65,0	47,0	4,5
Teste F	10,42 ^{NS}	0,88 ^{NS}	0,63 ^{NS}	0,36 ^{NS}	0,06 ^{NS}	0,48 ^{NS}	0,30 ^{NS}	0,68 ^{NS}	0,00 ^{NS}	0,17 ^{NS}	4,46*	0,00 ^{NS}	0,49 ^{NS}	0,08 ^{NS}	2,84 ^{NS}	0,03 ^{NS}
(TA) x [(MA) X (CLE)]																
Média dos Tratamentos Adicionais	17,5	5,2	31,0	0,4	42,4	73,4	57,9	0,9	15,7	5,0	32,6	1,5	31,9	64,5	49,1	4,6
Média do Fatorial	18,1	5,3	30,5	0,3	49,4	79,9	61,8	0,6	15,4	4,9	37,8	1,7	33,6	66,4	50,5	5,0
Teste F	2,30 ^{NS}	0,27 ^{NS}	0,22 ^{NS}	0,16 ^{NS}	19,19**	13,46**	9,28**	0,38 ^{NS}	0,52 ^{NS}	2,58 ^{NS}	0,03 ^{NS}	0,77 ^{NS}	0,94 ^{NS}	0,83 ^{NS}	0,91 ^{NS}	0,29 ^{NS}
Teste F (MA) x (CLE)	0,65 ^{NS}	3,25 ^{NS}	1,20 ^{NS}	0,56 ^{NS}	3,58 ^{NS}	2,96 ^{NS}	2,08 ^{NS}	0,73 ^{NS}	0,77 ^{NS}	0,29 ^{NS}	0,82 ^{NS}	0,40 ^{NS}	1,68 ^{NS}	1,48 ^{NS}	1,55 ^{NS}	1,03 ^{NS}
Média Geral	18,0	5,2	30,6	0,3	48,0	78,6	61,0	0,6	15,5	4,9	32,7	1,7	33,2	66,0	50,2	5,0
CV (%)	6,1	2,9	8,7	197,7	8,4	5,7	5,3	206,0	7,8	3,5	6,6	42,3	13,42	7,9	7,1	41,2

** , * e ^{NS} – Significativo a 1 e 5% de probabilidade e não significativo, respectivamente.