

A era digital e suas implicações sociais: Desafios e contribuições

INTERAÇÃO QUÍMICA ENTRE SOLOS AGRÍCOLAS E RESÍDUOS SIDERÚRGICOS NO MARANHÃO

**Ana Michelly Lima Pereira; Delineide Pereira Gomes; Deisy Neves da Silva;
Maria Nasaret M. M. Segunda; Paulo Medeiros dos Santos**

Instituto Federal do Maranhão, IFMA, Campus São Luís – Maracanã, Avenida dos Curiós, S/N, Vila
Esperança, 65095-460 – São Luís, MA, Brasil, delineide.gomes@ifma.edu.br

Resumo

Resíduos siderúrgicos podem ter utilidade na agricultura, melhorando as propriedades químicas do solo, por conter nutrientes como cálcio, magnésio, silício e potássio. O objetivo foi estudar os efeitos dos resíduos da siderurgia no comportamento químico de dois solos agrícolas do Maranhão. Foram obtidos dois lotes de escória e dois de pó de balão da empresa Gusa S/A Nordeste. Utilizou-se dois tipos de solos maranhenses, desejavelmente diferentes entre si quanto à presença de matéria orgânica e acidez. Os lotes dos resíduos siderúrgicos passaram por uma análise química para determinar os elementos constituintes na sua composição. Após isso, os subprodutos foram homogeneizados com os tipos de solos e colocados em vasos de 2L, em dosagens de 0,2,3,4,8,16 g por vaso, somando aos vasos com as dosagens estão incluídas a testemunha (0 g) e a testemunha de corretivo convencional (calcário dolomítico, 3g). Os resíduos siderúrgicos conseguiram reduzir a acidez potencial em solos ácidos. Valores de P, Ca, Mg, Fe, Mn, Zn e Si são acrescentados ao solo quando aplicados os resíduos nas diferentes doses, melhorando assim suas propriedades químicas.

Palavras-chave: Escória; Pó de balão; Acidez; pH.

Área do Conhecimento: Engenharia agrônoma/Agronomia

Introdução

Atualmente, alguns sistemas modernos de tratamento reduzem o potencial poluidor causado pelos subprodutos da siderurgia, reutilizando ou reciclando na própria indústria ou em outros setores. Por exemplo, o uso desses subprodutos da siderurgia na agricultura pode ser alternativa como fonte de nutrientes para plantas ou na correção de acidez ou alcalinidade de solos, dependendo dos componentes químicos presentes nestes subprodutos (ALMEIDA et al., 2007; NOBILE, 2009; SOUZA e OLIVEIRA 2010; SILVA et al., 2019).

Apesar dos indicativos de aproveitamento agrícola de resíduos siderúrgicos, especialmente da escória, existe uma carência muito grande de estudos técnicos do sistema solo-planta para fundamentar o uso dentro do meio agrícola, nas condições específicas de diferentes regiões do País e para diferentes sistemas de produção de culturas (BRASIL et al., 2008).

Neste aspecto, os resíduos de siderurgia podem ser uma opção de custo acessível, prática e estimuladora da agricultura ecológica, necessitando, no entanto, de estudos técnico-científicos sobre as interações físicas, químicas e biológicas que podem resultar do efeito destes produtos sobre os solos, plantas, águas e aos demais seres vivos.

O objetivo desse trabalho foi estudar o efeito de subprodutos/resíduos da siderurgia, na correção de pH, em particular a acidez, e no melhoramento de parâmetros químicos de solos agrícolas.

Metodologia

Os resíduos industriais foram obtidos da siderúrgica parceira com este projeto: a GUSA S/A NORDESTE. Foram avaliados dois lotes de escória e pó de balão, com aproximadamente 30 kg cada, com boas características físicas, sendo armazenados em condições de temperatura e de umidade em ambiente de laboratório. Foram extraídas quatro amostras de cada lote de cada resíduo sendo levantado parâmetros químicos destes subprodutos por meio de análises químicas específicas nos lotes coletados.

A era digital e suas implicações sociais: Desafios e contribuições

Obteve-se amostras de dois solos maranhenses desejavelmente diferentes entre si quanto à presença de matéria orgânica e acidez. Dos quais um ácido e pobre em matéria orgânica e o outro não ácido (levemente neutro a alcalino) e rico em matéria orgânica.

Os tratamentos consistiram em cinco doses (0,2,4,8,16g por vaso) dos resíduos siderúrgicos (escória e de pó de alto forno), incluindo a testemunha sem aplicação dos produtos e a testemunha de corretivo padrão (calcário dolomítico) e quatro repetições. Os solos foram homogeneizados com as doses e colocados em vasos de 2L, ocorrendo sua incubação e havendo o controle da irrigação conforme adaptações da metodologia de SILVA *et al.* (2019).

Amostras de solo dos vasos antes e após a incubação dos solos com os resíduos siderúrgicos e testemunhas foram enviadas para análise química para a determinação de acidez, minerais, soma de bases, CTC, saturação de bases e outros (RAIJ *et al.*, 1987).

Resultados

A escória apresentou mais nutrientes (elementos químicos) que o pó de balão, incluindo o P₂O₅ (Tabela 1), não detectado no pó de balão. Entretanto, o FeO se mostrou em grande quantidade neste último (Tabela 2).

Tabela 1- Análise química de três lotes da escória de alto forno obtidos para experimentação com adubação de hortaliças.

	Lote 1	Lote 2	Lote 3	Média geral (%)
SiO ₂	43,43	42,49	41,54	42,49
Al ₂ O ₃	15,56	14,65	14,61	14,65
CaO	31,73	31,91	31,48	31,72
MgO	3,44	3,42	4,80	3,44
MnO	2,6	2,95	2,45	2,6
FeO	1,22	1,71	1,45	1,45
P ₂ O ₅	0,02	0,02	0,02	0,02

Fonte: Elaborado pelos autores

Tabela 2 – Análise química de três lotes de pó de balão obtidos para experimentação com adubação de hortaliças.

	Lote 1	Lote 2	Média geral (%)
SiO ₂	14,6	12,01	13,31
Al ₂ O ₃	7,61	2,1	4,86
CaO	20,93	3,3	12,12
MgO	5,01	1,1	3,06
MnO	0,65	0	0,33
FeO	38,34	57,01	47,58

Fonte: Elaborado pelos autores

Pela análise de solo, fica clara a distinção entre os solos 1 e 2, sendo o 1- um solo mais ácido e pobre em matéria orgânica; e o solo 2- solo neutro a levemente alcalino, rico em matéria orgânica (Tabela 3). Os resíduos siderúrgicos não foram capazes de reduzir a acidez ativa, mas reduziram ligeiramente a acidez potencial (H+Al), em especial no solo 1.

Valores de P, Ca, Mg, Fe, Mn, Zn e Si foram acrescentados ao solo quando aplicados os resíduos nas diferentes doses.

Devido à grande quantidade de matéria orgânica do solo 2, esse apresentou valores maiores de soma de bases e consequentes CTC e V%.

A era digital e suas implicações sociais: Desafios e contribuições

Tabela 3 -Análise química de dois solos (1- solo mais ácido e pobre em matéria orgânica e 2- solo neutro a levemente alcalino, rico em matéria orgânica) após a compostagem desses solos com diferentes doses de resíduos (0- testemunhas, 2, 4, 8 e 16 g) e em comparação com a aplicação de calcário (3 g).

TRATAMENTO	pH CaCl ₂	MO	P_RES	K	Ca	Mg	H+Al	Al	SB	CTC	V%	S- SO ₄	B	Cu	Fe	Mn	Zn	Si	Ca%	Mg%	K%
TESTEMUNHA SOLO 1	5,2	25	9	3,3	59	6	23	0	52	75	55,7	8	0,42	0,2	16	3,7	0,4	16	51,73	8,55	2,44
TESTEMUNHA SOLO 2	7,4	57	52	2,8	203	10	9	0	214	232	76,5	13	0,34	0,8	37	2,2	2,3	20	87,72	7,63	1,11
02 g-ESC-SOLO 1	5,6	26	12	2,8	57	9	20	0	69	88	77,8	8	0,35	0,2	27	4,2	0,7	28	64,42	10,23	3,19
02 g-ESC-SOLO 2	7,2	66	73	3,0	222	20	9	0	245	254	96,5	12	0,44	0,9	47	2,7	2,4	24	87,48	7,80	1,17
02 g-PO-SOLO 1	5,8	28	11	2,9	45	12	18	0	60	78	76,9	12	0,49	0,3	30	17,3	0,9	26	57,80	15,41	3,67
02 g-PO-SOLO 2	7,3	58	66	2,2	207	18	8	0	227	235	96,6	10	0,29	0,8	32	3,7	2,6	21	88,18	7,46	1,15
04 g-ESC-SOLO 1	5,6	25	10	2,7	58	9	20	0	69	89	78,1	9	0,38	0,2	30	5,3	0,5	29	65,35	9,67	3,05
04 g-ESC-SOLO 2	7,2	64	61	2,8	212	18	9	0	233	242	96,3	11	0,32	0,8	45	2,8	2,3	20	87,54	7,60	1,14
04 g-PO-SOLO 1	5,9	24	11	2,6	50	12	16	0	64	80	80,1	12	0,45	0,3	25	12,8	0,8	24	62,03	14,92	3,17
04 g-PO-SOLO 2	7,2	53	90	2,3	214	18	9	0	234	242	96,5	15	0,36	0,9	34	2,7	3,2	20	88,25	7,31	1,23
08 g-ESC-SOLO 1	5,8	26	14	2,7	52	11	18	0	66	84	78,6	13	0,38	0,2	26	9,2	0,6	29	62,02	13,33	3,21
08 g-ESC-SOLO 2	7,3	63	79	2,6	209	18	8	0	230	238	96,6	13	0,31	0,7	40	2,4	2,1	21	87,98	7,57	1,19
08 g-PO-SOLO 1	5,2	28	13	3,0	56	14	15	0	73	88	83,4	14	0,41	0,3	19	10,7	1,2	26	63,97	15,99	3,47
08 g-PO-SOLO 2	7,2	63	85	2,5	219	19	9	0	240	249	96,4	15	0,35	0,9	39	2,4	4,4	20	87,75	7,63	1,12
16 g-ESC-SOLO 1	5,4	29	13	3,2	66	12	16	0	81	96	83,9	12	0,42	0,2	24	9,1	0,8	31	68,49	12,07	3,30
16 g-ESC-SOLO 2	7,3	65	64	2,1	201	17	8	0	220	228	96,5	13	0,23	0,8	29	3,0	1,8	22	88,00	7,59	1,11
16 g-PO-SOLO 1	5,9	26	13	3,5	75	13	11	0	92	103	89,3	12	0,49	0,3	13	9,9	2,6	25	73,16	12,68	3,43
16 g-PO-SOLO 2	7,3	62	57	2,6	202	17	8	0	222	230	96,5	13	0,31	0,8	32	3,0	3,1	22	87,83	7,57	1,13
CALC-SOLO 1	5,9	23	11	2,6	65	29	11	0	96	107	89,7	14	0,30	0,2	15	6,8	0,5	25	60,32	26,99	2,42
CALC--SOLO 2	7,3	67	72	1,8	203	16	8	0	221	229	96,5	13	0,22	0,9	32	2,4	2,4	21	88,88	6,82	0,80

Cu, Fe, Mn, Zn em DTPA, pH em CaCl₂; MO- matéria orgânica; P em resina; K, Ca, Mg, H+Al, Al, S e B metodologias segundo "Análise química para avaliação de Fertilidade de Solos Tropicais, Campinas, Instituto Agrônomo de Campinas, 2001"

MO em g/dm³, S, B, Cu, Fe, Mn, e Zn expressos em mg/dm³. K, Ca, Mg, H+Al, Al, Na, SB, e CTC em mmolc/dm³; ESC- escória de alto forno; PO-pó de balão; CALC- calcário. Fonte: Elaborado pelos autores

A era digital e suas implicações sociais: Desafios e contribuições

Tabela 4- Análise química de dois solos (1 e 2) submetidos a diferentes doses (0, 2, 4, 8 e 16 g) dos resíduos escória de alto forno (ESC) e pó de balão (PO) e em comparação com a aplicação de calcário (3g), após o cultivo e colheita das mudas de alface produzidas.

TRATAMENTO	pH CaCl ₂	MO	P RES	K	Ca	Mg	H+Al	Al	SB	CTC	V%	S- SO ₄	B	Cu	Fe	Mn	Zn	Si	Ca%	Mg%	K%
TESTEMUNHA SOLO 01	5,1	35	16	1,8	55	12	29	0	69	98	70,3	4	0,52	0,1	30	8,8	1,0	19	56,44	11,98	1,87
TESTEMUNHA SOLO 02	7,5	88	63	2,4	193	10	9	0	205	214	96,0	14	0,23	0,7	36	2,1	2,4	20	90,23	4,68	1,12
SOLO 1 (ácido e pobre em matéria orgânica)																					
02 g \ ESC	5,2	29	20	1,3	49	12	25	0	63	88	71,5	62	0,46	0,1	27	11,6	92,4	21	56,03	13,92	1,52
02 g \ PO	5,4	40	36	2,5	54	13	21	0	70	90	77,3	9	0,44	0,2	29	16,4	6,0	22	59,73	14,82	2,77
04 g \ ESC	5,3	33	21	1,5	51	13	25	0	65	89	72,6	4	0,50	0,1	26	13,0	1,4	19	56,56	14,34	1,66
04 g \ PO	5,9	32	19	1,5	61	14	16	0	76	92	82,6	5	0,53	0,2	18	16,5	1,9	23	66,34	14,68	1,58
08 g \ ESC	5,4	33	17	1,3	46	10	20	0	58	77	74,7	6	0,47	0,2	23	14,7	2,9	22	59,59	13,37	1,73
08 g \ PO	6,0	28	15	1,0	60	12	16	0	72	88	82,4	9	0,46	0,2	16	13,3	5,7	22	68,02	13,20	1,15
16 g \ ESC	5,4	31	22	1,4	56	12	23	0	69	92	75,1	5	0,49	0,2	28	16,4	1,3	20	60,12	13,43	1,53
16 g \ PO	6,0	30	21	1,4	69	12	16	0	82	98	84,1	11	0,45	0,1	17	9,5	4,9	20	70,55	12,10	1,46
SOLO 2 (neutro a levemente alcalino e rico em matéria orgânica)																					
02 g \ ESC	7,5	85	50	1,6	199	10	8	0	210	218	96,3	15	0,25	0,8	34	1,6	1,3	19	90,85	4,76	0,73
02 g \ PO	7,3	102	72	2,0	216	12	9	0	229	238	96,2	13	0,33	0,9	47	2,5	4,3	20	90,38	4,99	0,85
04 g \ ESC	7,5	80	69	1,6	187	10	8	0	198	206	96,1	15	0,25	0,6	26	1,4	1,6	23	90,77	4,60	0,76
04 g \ PO	7,4	89	75	1,7	206	10	9	0	217	226	96,2	11	0,25	0,6	32	1,4	2,7	21	91,04	4,43	0,76
08 g \ ESC	7,4	95	54	1,6	197	11	9	0	209	218	96,1	9	0,30	0,7	37	1,7	1,5	23	90,46	4,91	0,72
08 g \ PO	7,5	88	73	1,8	197	11	8	0	209	217	96,3	10	0,26	1,1	38	2,2	3,3	22	90,63	4,84	0,83
16 g \ ESC	7,3	90	51	1,7	194	12	9	0	207	216	95,8	14	0,33	0,8	45	2,4	1,6	24	89,63	5,42	0,78
16 g \ PO	7,4	91	83	2,5	190	11	9	0	203	212	95,8	22	0,31	0,8	37	2,6	23,1	21	89,55	5,04	1,17
Calcário-SOLO 01	6,3	35	41	1,5	65	20	15	0	86	101	85,6	9	0,36	0,2	15	10,6	4,0	22	64,15	20,03	1,44
Calcário-SOLO 02	7,4	92	66	2,3	204	12	9	0	218	227	96,0	43	0,29	0,9	42	2,5	39,4	20	89,86	5,15	1,03

Cu, Fe, Mn, Zn em DTPA, pH em CaCl₂; MO; P em resina; K, Ca, Mg, H+Al, Al, S e B metodologias segundo "Análise química para avaliação de Fertilidade de Solos Tropicais, Campinas, Instituto Agrônomo de Campinas, 2001" MO em g/dm³, S, B, Cu, Fe, Mn, e Zn expressos em mg/dm³. K, Ca, Mg, H+Al, Al, Na, SB, e CTC em mmolc/dm³. Fonte: Elaborado pelos autores

A era digital e suas implicações sociais: Desafios e contribuições

Foi observado que os resíduos nas diferentes doses diminuiram ligeiramente a acidez no solo 1, mas praticamente não alteraram a acidez no solo 2. O calcário, no solo 1, elevou o pH de 5,9 para 6,3; já para o solo 2, elevou de 7,3 para 7,4, na escala de pH, corrigindo assim a acidez no solo 1 (Tabela 4).

Discussão

Alguns experimentos, inclusive o presente, mostram que os efeitos da escória, na reação do solo, são diferentes daqueles correspondentes ao calcário pois apresentam reação mais lenta do que o carbonato de cálcio (FORTES, 1993), o que pode se relacionar com o efeito apresentado pela escória utilizada para a correção de acidez no solo 1. Maiores valores de P disponível foram encontrados em função da aplicação dos resíduos, corroborando Chaves e Farias (2008), porém esses últimos verificaram que a reação de neutralização da acidez do solo foi mais rápida com o uso da escória de siderurgia, o que aqui não foi constatado, pois a acidez no solo 1 reduziu no máximo para 5,4, comparado à testemunha.

Conclusão

Em solos ácidos, a escória de alto forno e o pó de balão contribuem para reduzir a acidez potencial do solo. Valores de P, Ca, Mg, Fe, Mn, Zn e Si são acrescentados ao solo quando aplicados os resíduos nas diferentes doses, melhorando assim suas propriedades químicas.

Referências

- ALMEIDA, H. C. et al. Composição química de um resíduo alcalino da indústria de papel e celulose (DREGS). **Quím. Nova [online]**. 2007, vol.30, n.7.
- BRASIL, E. C.; NICOLI, C. M. L.; OLIVEIRA, R. F. **Alternativas tecnológicas para o aproveitamento de resíduos gerados durante o processo de produção de ferro gusa voltadas para utilização agroflorestal: estudo de viabilidade técnica e econômica**. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2008 (Embrapa Amazônia Oriental. Documentos, 333).
- CHAVES, L. H.; FARIAS, C. H. DE A. Escória de siderurgia e calcária na correção da acidez do solo e na disponibilidade de cálcio, magnésio e fósforo. **Revista Caatinga** (Mossoró, Brasil), v.21, n.5 (Número Especial), p.75-82, 2008.
- FORTES, J.L.O. Eficiência de duas escórias de siderurgia, do Estado do Maranhão, na correção da acidez do solo. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1993. 66p. **Dissertação de Mestrado**.
- NOBILE, F.O. **Uso Agrônomo da Escória de Siderurgia**. Rev. Uniara, n. 22, p. 108-128, 2009.
- RAIJ, B. VAN.; QUAGGIO, J.A.; CANTARELLA, H.; FERREIRA, M.E.; LOPES, A.S.; BATAGLIA, O.C. **Análise química de solo para fins de fertilidade**. Campinas: Fundação Cargill, 1.ed.1987.170p.
- SILVA, J.R. ; REIS, V. M. R.; OLIVEIRA, J.; PROTÁSIO, P. J., P.; GOMES, D. P. Adubação de alface com resíduos siderúrgicos: Análise foliar. In: Congresso Internacional das Licenciaturas - COINTER PDVAgro, 4, **Anais**, 2019. DOI: 10.31692/2526-7701. IV COINTER PDV Agro. 2019, 0170.
- SOUZA, K. R.; OLIVEIRA, F. C. **Reaproveitamento de resíduo gerado na fabricação de clorato de sódio para fabricação de fertilizante orgânico composto**. In: Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental, 1, 2010, Bauru. Anais... IBEAS, 2010.

Agradecimentos

Ao IFMA e a PRPGI/IFMA pela oportunidade de realização do trabalho e fomento e à FAPEMA (Fundação de Amparo à Pesquisa do Maranhão) pela concessão de bolsa de pesquisa (PIBITI).