

A era digital e suas implicações sociais: Desafios e contribuições

ESCÓRIA DE ALTO FORNO E PÓ DE BALÃO COMO CORRETIVOS PARA O CRESCIMENTO DE MUDAS DE ALFACE

**Ana Michelly Lima Pereira; Delineide Pereira Gomes; Deisy Neves da Silva;
Maria Nasaret Machado M. Segunda e 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

Apesar dos indicativos de aproveitamento agrícola de resíduos siderúrgicos, especialmente da escória, existe uma carência muito grande de estudos técnicos do sistema solo-planta. O objetivo foi estudar os efeitos resíduos da siderurgia no crescimento de mudas de alface. 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 a presença de matéria orgânica e acidez. Os resíduos foram homogeneizados com os tipos de solos e colocados em vasos de 2 L, em dosagens de 0,2,3,4,8,16 g por vaso, consta com a testemunha (0 g) e a testemunha de corretivo convencional (calcário dolomítico, 3g). O delineamento experimental foi inteiramente casualizado. Foram transplantadas, para vasos, mudas de alface do grupo crespa, com 10 dias de idade. Após 40 dias, foram avaliadas variáveis de crescimento tais como o número de folhas, massa fresca e seca e Relação parte aérea/ sistema radicular (RPASR). Os resíduos siderúrgicos proporcionaram bons valores das variáveis de crescimento analisadas, ou seja, favorecem ao crescimento da cultura.

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).

Pesquisas sobre escórias como corretivos de pH de solos comparativamente a correção promovida pelos calcários já existem, mas estão restritos a poucas culturas de interesse tais como: milho (PRADO *et al.* 2002a; PIAU, 1995), cana-de-açúcar (PRADO *et al.*, 2001; PRADO e FERNANDES, 2003), alface (PRADO *et al.*, 2002 b; AMARAL *et al.*, 1994; SILVA *et al.*, 2019), e outras, mas ainda são poucos os trabalhos sobre os efeitos destes resíduos na horticultura (SILVA *et al.*, 2019).

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 siderurgiano crescimento de mudas de alface, através da análise de variáveis de crescimento de desenvolvimento inicial.

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, ao qual foi levantado parâmetros químicos destes subprodutos por meio de análises químicas específicas nos lotes coletados.

A era digital e suas implicações sociais: Desafios e contribuições

Foi obtido amostras de dois solos maranhenses desejavelmente diferentes entre si quanto à presença de matéria orgânica e acidez. Sendo 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, 8,16 g por vaso) dos resíduos siderúrgicos (escória e de pó de alto forno), incluindo a testemunha sem aplicação dos produtos e também 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).

Em seguida, foram transplantadas, para cada vaso, duas mudas de alface, de uma cultivar do grupo crespa, com 10 dias de idade, deixando-se, posteriormente, apenas uma muda por vaso.

Aos 40 dias após o transplante, foram avaliadas variáveis de crescimento tais como o número de folhas, massa fresca e seca, sendo que para isso as plantas foram colocadas em estufa com ventilação forçada a 65° C, por 72 horas, para obtenção da massa da matéria fresca e seca da parte aérea e radicular. Também foi calculado o índice RPASR (relação parte aérea e sistema radicular).

Resultados

Em geral, a escória de alto forno mostrou-se apresentar mais nutrientes (elementos químicos) que o pó de balão, incluindo o P₂O₅ (Tabela 1), o qual não foi 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.

Todos os tratamentos que empregaram os resíduos e o calcário proporcionaram maior número de folhas comparado as testemunhas (Figura 1).

Na comparação entre os solos, o solo 2, na maioria dos tratamentos, proporcionou maior número de folhas, com destaque para os tratamentos 04 e 16 g de pó de balão. Para o solo 1, e para o solo 2, o calcário proporcionou maiores valores. Em geral, o número de Folhas é uma característica bastante dependente do genótipo e pouco influenciada pelas condições ambientais, o que explica o pequeno efeito das doses dos resíduos em comparação com as testemunhas.

Todos os tratamentos que empregaram os resíduos e o calcário proporcionaram maior MFPA às testemunhas de ambos os solos (Figura 2). O solo 2, muitos tratamentos proporcionaram maiores valores de MFPA, com destaque mais uma vez da dose de 04 g de pó de balão, entretanto no Solo 1,

A era digital e suas implicações sociais: Desafios e contribuições

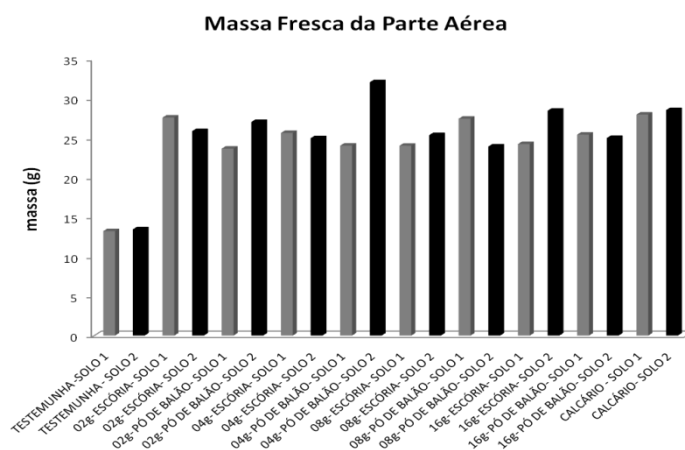
também foram encontrados bons valores de MFPA em comparação com a sua testemunha, com destaque para a aplicação de 02 g de escória e 08 de pó de balão, entretanto, não superiores ao calcário. (Figura 2).

Figura 1 – Número de folhas de alface cultivado em dois tipos de solos (solo 1- pobre em matéria orgânica; solo 2- rico em matéria orgânica) submetidos a diferentes corretivos (escória de alto forno, pó de balão e calcário) em diferentes doses.



Fonte: Elaborado pelos autores

Figura 2- Massa Fresca da Parte Aérea (MFPA) de alface cultivado em dois tipos de solos (solo 1- pobre em matéria orgânica; solo 2- rico em matéria orgânica) submetidos a diferentes corretivos (escória de alto forno, pó de balão e calcário) em diferentes doses.



Fonte: Elaborado pelos autores

Para a MSPA, variável bastante importante, pois reflete a quantidade real de matéria mineral existente no vegetal sem influência do teor de água, foi verificado que ao utilizar o solo 2 foram obtidos maiores valores de MSPA (Figura 3).

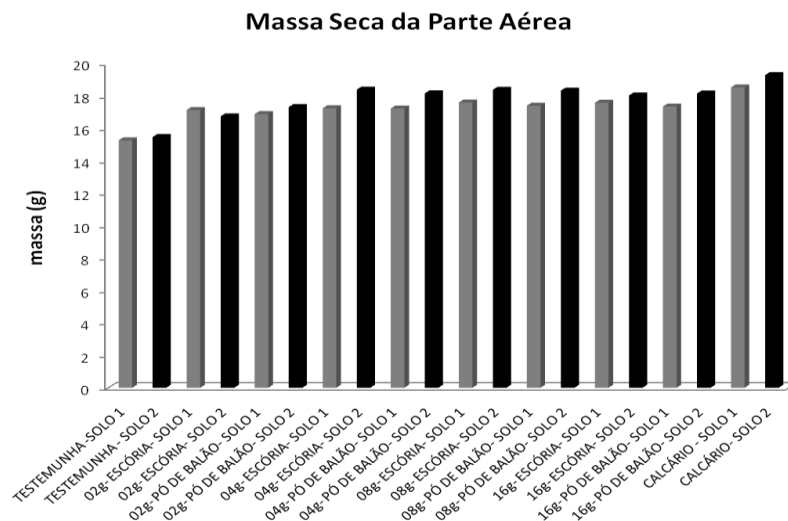
Todos os tratamentos corretivos (resíduos e calcário) proporcionaram comportamento superior ao das testemunhas de ambos os solos, com destaque mais uma vez com a superioridade da aplicação do calcário em relação às doses dos resíduos.

Maiores valores de MFSR foram encontrados quando utilizado o solo 2, na condição de elevação da dose dos resíduos de 02 até 08 g, com destaque para a dose de 08 g de escória (Figura 4). Em geral, os resíduos e o calcário, em ambos os solos, proporcionaram maiores valores de MFSR em

A era digital e suas implicações sociais: Desafios e contribuições

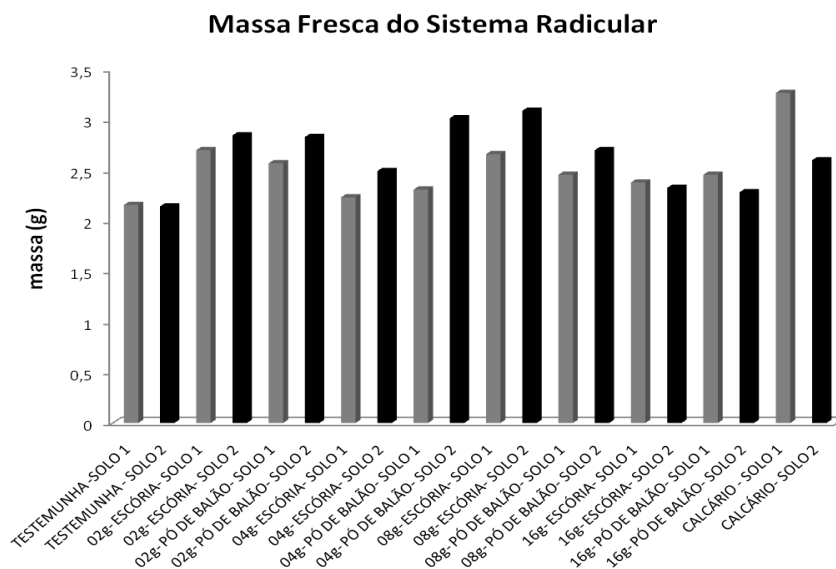
comparação com as testemunhas. Destaque mais uma vez para a aplicação de calcário, só que desta vez no solo 1, onde foram encontrados o maior valor de MFSR.

Figura 3- Massa Seca da Parte Aérea (MSPA) de alface cultivado em dois tipos de solos (solo 1- pobre em matéria orgânica; solo 2- rico em matéria orgânica) submetidos a diferentes corretivos (escória de alto forno, pó de balão e calcário) em diferentes doses.



Fonte: Elaborado pelos autores

Figura 4 -Massa Fresca do Sistema radicular (MFSR) de alface cultivado em dois tipos de solos (solo 1- pobre em matéria orgânica; solo 2- rico em matéria orgânica) submetidos a diferentes corretivos (escória de alto forno, pó de balão e calcário) em diferentes doses.



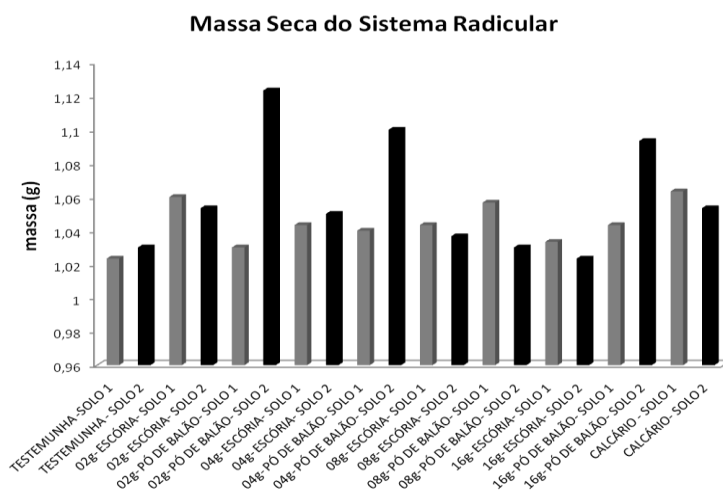
Fonte: Elaborado pelos autores

No que diz respeito ao solo 1, todos os tratamentos (resíduos e calcário) proporcionaram valores superiores de MSSR em comparação com a sua respectiva testemunha (Figura 5). Entretanto para o

A era digital e suas implicações sociais: Desafios e contribuições

solo 2, foram encontrados excelentes resultados quando empregados as doses de 02, 04 e 16 g de pó de balão, inclusive superiores ao da aplicação de calcário.

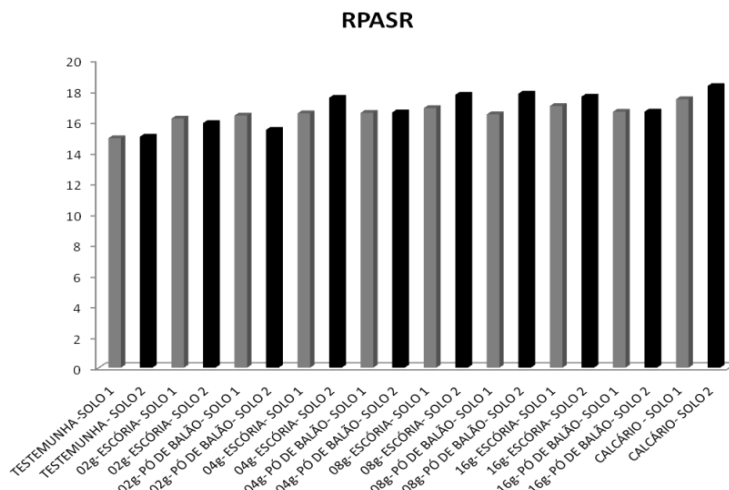
Figura 5- Massa Seca do Sistema radicular (MSSR) de alface cultivado em dois tipos de solos (solo 1- pobre em matéria orgânica; solo 2- rico em matéria orgânica) submetidos a diferentes corretivos (escória de alto forno, pó de balão e calcário) em diferentes doses.



Fonte: Elaborado pelos autores

Em geral, maiores valores RPASR foram encontrados nos tratamentos que empregaram os resíduos e com a aplicação do calcário, em comparação com as testemunhas de ambos os solos (Figura 6). O solo 2, somente a partir da dose de 04 g mostrou efeito superior comparado ao solo 1. Para ambos os solos, a aplicação do calcário não foi tão superior quanto a aplicação dos resíduos, embora apresente resultados mais elevados com a aplicação desse corretivo padrão.

Figura 6 - Relação parte aérea/ sistema radicular (RPASR) de alface cultivado em dois tipos de solos (solo 1- pobre em matéria orgânica; solo 2- rico em matéria orgânica) submetidos a diferentes corretivos (escória de alto forno, pó de balão e calcário) em diferentes doses.



Fonte: Elaborado pelos autores

A era digital e suas implicações sociais: Desafios e contribuições

Discussão

Conforme Prado *et al.* (2002 b), em sua pesquisa, todos os materiais corretivos aumentaram a produção de matéria seca da alfaca, porém destacaram-se os calcários.

Dentre os resíduos industriais com elevado potencial agrônomo, a escória de siderurgia ganha destaque, em razão da grande quantidade com que é gerada e por ser um subproduto rico em CaSiO_3 e MgSiO_3 , comportando-se de maneira semelhante aos calcários (FRANCE *et al.*, 2017).

Um exemplo é na cultura da pimenta dedo-de-moça, ao qual a adição de em torno de 10% de escória ao substrato proporcionou melhores resultados para a produção de suas mudas. Desse modo, o uso de escória pode ser uma alternativa para redução dos custos de produção de mudas, minimizando os impactos gerados pelo setor siderúrgico (OZA *et al.*, 2018).

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

AMARAL, A. S.; DEFELIPO, B. V.; COSTA, L. M.; FONTES, M. P. F.. Liberação de Zn, Fe, Mn e Cd de quatro corretivos da acidez e absorção por alfaca em dois solos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 29, n. 9, p. 1351-1358, 1994.

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.

NOBILE, F.O. **Uso Agrônomo da Escória de Siderurgia**. Rev. Uniara, n. 22, p. 108-128, 2009.

OZA, E. F.; LO MONACO, P. A. V.; SANTOS, M. M.; GARCIA, W. A. Aproveitamento de escória de siderurgia em substratos alternativos para produção de mudas de pimenteira dedo-de-moça. **Revista Ceres**, v. 65, n.1, p. 104-109, jan/fev, 2018.

PRADO, R. de M.; FERNANDES, F.M.; NATALE, W. **Uso agrícola da escória de siderurgia no Brasil: estudo na cultura da cana-de-açúcar**. Jaboticabal: Funep, 2001b. 67p.

PRADO, R. de M.; FERNANDES, F. M.; NATALE, W. Calcário e Escória de siderurgia avaliados por análise foliar, acúmulo, e exportação de macronutrientes los cana-de-Açúcar. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v 59, n. 1, 2002 a.

PRADO, R. M.; FERNANDES, F. M.; COUTINHO, E. L. M.; ROQUE, C. G.; VILLAR, M. L. P. Avaliação da escória de siderurgia e de calcários como corretivos da acidez do solo no cultivo da alfaca. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 4, p. 539-546, 2002.

PIAU, W. C. Efeitos de escórias de siderurgia em atributos químicos de solos e na cultura do milho (*Zea mays L.*). 1995. 124 f. Tese (Doutorado em Energia Nuclear na Agricultura) – Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

SILVA, J.R.; et al. Adubação de alfaca com resíduos siderúrgicos: Análise foliar. In: Congresso Internacional das Licenciaturas - COINTER PDVAgro, 4, **Anais**, 2019. DOI: 10.31692/2526-7701. IV COINTER PDV Agro.

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 do trabalho e fomento e à FAPEMA (Fundação de Amparo à Pesquisa do Maranhão) pela concessão de bolsa de pesquisa (PIBITI/IFMA 2022/2023).