



Aproveitamento de Subprodutos Siderúrgicos na Agricultura

Use of Steel by-products in Agriculture

Delineide Pereira Gomes; Deisy Neves da Silva; Érica Garcia França; Cinara da Conceição S. Santana; Adiano Reinaldo Silva Costa

¹Instituto Federal do Maranhão, IFMA, Campus São Luis - Maracanã, Av. dos Curiós, s/n – Vila Esperança, São Luís - MA, 65095-460, São Luis, MA, franca.eric@acad.ifma.edu.br; delineide.gomes@ifma.edu.br; deisyneves7@gmail.com; franca.eric@acad.ifma.edu.br; adianos@acad.ifma.edu.br; cinara.santana@acad.ifma.edu.br

Resumo

A geração de resíduos da siderurgia é uma questão ambiental inquietante para o Maranhão, pois muitas siderúrgicas do estado preocupam-se com a destinação adequada, sem prejuízos ao ambiente. Esses resíduos podem beneficiar a agricultura, por exemplo, na correção de pH, melhorando parâmetros químicos dos solos por conter elementos como cálcio, magnésio, silício, e outros. Entretanto, esses resíduos podem ter propriedades físicas e químicas semelhantes ou superiores de muitos corretivos agrícolas, além de conter macro e micronutrientes para diversas culturas.

Palavras-chave: Escória; Pó de alto forno; Reciclagem de resíduos sólidos

Abstract

The generation of waste from the steel industry is a disturbing environmental issue for Maranhão, as many steel companies in the state are concerned with proper disposal, without harming the environment. These residues can benefit agriculture, for example, in the correction of pH, improving chemical parameters of soils for containing elements such as calcium, magnesium, silicon, and others. However, these residues can have physical and chemical properties similar or superior to those of many agricultural correctives, in addition to containing macro and micronutrients for different cultures.

Keywords: Slag; Blast furnace powder; Recycling of solid waste.

Introdução

Mundialmente a produção de resíduos sólidos avança ininterruptamente na indústria, nos serviços e com as tecnologias dos países desenvolvidos ou não, tornando-se urgente a necessidade de métodos para o tratamento e reciclagem destes resíduos de forma correta e sem transtornos ao ambiente (SILVA, 2007; BRASIL, 2008; ABREU et al., 2012; SILVA et al., 2019).



A indústria metalúrgica e siderúrgica contribuem com a geração de resíduos sólidos pelos processos atuais de produção de ferro gusa (SCHULIN et al. 2007; SILVA, 2007; MONTANARI et al., 2008). No Maranhão, as siderúrgicas de ferro gusa instaladas em alguns municípios produzem e descartam constantemente toneladas de resíduos sólidos oriundos da etapa de limpeza dos reatores de alto forno, que especificadamente são a escória e o pó de alto forno (SILVA et al., 2019).

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).

A escória são formadas em sua essência por silicatos com cálcio e magnésio (AMARAL et al., 1994; PRADO et al., 2003; NOBILE, 2009; SILVA et al., 2019) que em determinadas condições físico-químicas, pode corrigir pH (potencial de hidrogênio) de solos de forma similar ao calcário (RIBEIRO et al., 1986; FORTES, 1993; PRADO et al., 2003; NOBILE, 2009, SILVA et al., 2019), tendo como a vantagem adicional de ofertar silício e outros micronutrientes para o solo (PRADO et al., 2001; NOBILE, 2009; SILVA et al., 2019), podendo este resíduo ser reutilizado, dentre outras formas, na agricultura, contribuindo assim para a preservação ambiental pelo redução de seu descarte na natureza (FONSECA, 2007; NOBILE, 2009; SILVA et al., 2019).

O pó de coletor, pó de alto forno ou pó de balão é constituído da mistura de óxidos de ferro, cinzas e altos teores de carbono, enquadrado como uma fertilizante organo-mineral, caso sua composição química e o risco atenda ao exigido pelo Ministério de Agricultura (SILVA, 2007; ABREU et al., 2012; 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. 2002; PRADO e KORNDORFER, 2003; PIAU, 1995; RODRIGUES et al., 2011; ABREU et al., 2011), cana-de-açúcar (PRADO et al., 2000; 2001a,b; PRADO e FERNANDES, 2003), arroz (BRASIL et al., 2008; VIDAL e PRADO, 2011), goiaba (PRADO et al., 2003), tomate (LANA et al., 2003), maracujá (PRADO e NATALE, 2004), forrageiras (FONSECA, 2007), alface (PRADO et al., 2002; AMARAL et al., 1994; BACKES et al., 2008; 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.



Desenvolvimento

A indústria siderúrgica: seus produtos e subprodutos (resíduos)

Na indústria, o ferro metálico é produzido através das misturas de óxidos de ferro com fontes de carbono e oxigênio. Estes componentes reagem gerando energia e gases redutores que são necessários para a redução de Fe_2O_3 . Esse processo no Brasil é obtido nas indústrias de alto forno que empregam como agentes termorreductores o carvão vegetal e coque (SILVA, 2007; NOBILE, 2009; VIDAL e PRADO, 2011).

O alto forno é um grande reator que reduz os óxidos de ferro contidos no minério de ferro, tais como magnetita, hematita e ferro metálico (Fe^{2+}). Essas reações de redução ocorrem pelo uso do carvão de origem vegetal, que possui mais de 70% de carbono e é considerado como agente termorreductor, o qual tem o papel de injetar calor e retirar oxigênio associado ao óxido de ferro (SILVA, 2007; NOBILE, 2009; VIDAL e PRADO, 2011).

Em resumo, o ferro-gusa é obtido no reator de alto forno, sendo que o minério de ferro, os agentes termorreductores (carvão vegetal ou coque) e os fundentes (como sílicas, calcários e outros) entram em sentido contrário ao fluxo de gases expelidos pela queima do carbono com o oxigênio e vão para a base do alto forno (SILVA, 2007; MONTANARI et al., 2008; NOBILE, 2009; PINTO-COELHO, 2009). O minério de ferro, o calcário e os agentes termorreductores aquecem-se a 1.900°C, o que reduz o ferro e produz compostos não desejáveis no processo (subprodutos do minério e do carvão). Assim, quando esses produtos se misturam ao cálcio e o magnésio do calcário estes dão origem a escória (PEREIRA, 1978; SILVA, 2007; NOBILE, 2009; VIDAL e PRADO, 2011).

Neste processo, os gases que saem pelo ápice do alto forno arrastam muitas partículas, e nos casos em que esse material particulado é extraído por via seca, gera-se o pó de alto forno ou de balão (SILVA, 2007).

Atualmente, algumas indústrias brasileiras estão realizando programas internos para a reciclagem dos seus resíduos industriais sólidos, pois a segregação do material, ainda na fonte geradora, diminui o volume total de resíduos, reduz os gastos operacionais e, em alguns casos, pode gerar uma nova receita para a indústria. Entre os principais tipos de reciclagem estão a de material orgânico, para a fabricação de compostos e fertilizantes ou sem o emprego direto na agricultura; a de papel, cacos de vidro e metais, para o uso na própria indústria ou na fabricação de produtos recicláveis, como embalagens (SILVA, 2007).

Propriedades químicas de resíduos da siderurgia: escória e pó de balão

Como visto, a produção do ferro gusa gera diversos subprodutos, dentre esses as escórias e o pó de alto forno. As escórias se originam pela mistura de minérios com óxidos de silício e alumínio (SiO_2 , Al_2O_3), com óxidos de cálcio e magnésio derivados dos fundentes e por cinzas de carvão vegetal. O pó de balão é oriundo do processo de limpeza do alto forno a seco, o qual



arrasta partículas pela efluência dos gases que passaram pelo alto forno (BRASIL et al., 2007; 2008a,b).

Grande parte dos resíduos gerados no processo siderúrgico de ferro gusa é constituída pelas escórias, a qual tem em sua constituição elevadas quantidades de sílica, óxidos de cálcio, óxidos de alumínio e óxidos de ferro, devido às reações entre os fundentes (sílica, calcários e outros) e os materiais impuros do minério, o que corresponde entre 10 a 15 % de resíduos do processo (AMARAL et al., 1994; PRADO et al., 2003; BRASIL et al., 2007; 2008a,b; VIDAL e PRADO, 2011; SILVA et al., 2019).

Segundo Prado et al. (2001), essa composição química varia em decorrência da constituição da matéria-prima (minério de ferro, carvão, calcário) utilizada no processo de fabricação do produto. Pelo fato de as escórias apresentarem constituintes neutralizantes (ALCARDE, 1992) e bases como Ca, Mg (PIAU, 1991), além do Si (WINSLOW, 1992), o uso agrícola da escória de siderurgia como alternativa ao tradicional calcário ainda tem a vantagem de diminuir o impacto ambiental em áreas próximas a indústrias produtoras de ferro e aço (BRASIL et al., 2008). As melhorias nas características químicas do solo pela utilização de escórias decorrem da ação neutralizante do SiO_3^{2-} , e, conseqüentemente, da elevação do pH e dos teores de Ca e Mg, CTC e V %, e diminuição da concentração de H^+ Al (PRADO e FERNANDES, 2000, 2001; PRADO et al., 2002).

O pó de alto ou de balão tem na sua constituição também misturas de óxidos de ferro e traços de carvão e calcário devido ao arraste de grande quantidade de partículas que geraram o pó do sistema de limpeza a seco do alto forno. Normalmente sua composição química varia conforme o processo industrial e características do material empregado para a fundição, sendo em geral formado na maior parte por óxidos de ferro (aproximadamente 45%), cinzas (aproximadamente 75%), carbono (em torno de 24%), e em menor parte, sílicatos (7-25%) e alumínio (2-12%) (OLIVEIRA; MARTINS, 2003; BRASIL et al., 2008a,b; ABREU et al., 2012; SILVA et al., 2019).

A composição química desse tipo de resíduo varia com o processo e com as matérias-primas empregadas, sendo constituído, principalmente, por óxidos de ferro (~45 %), carbono (~24 %), sílica (7 % – 25 %), cinzas (~75 %) e alumina (1,5 % – 12) (OLIVEIRA; MARTINS, 2003; BRASIL et al., 2008).

O “pó de balão” é classificado segundo a norma da ABNT, NBR 10004, como um resíduo classe II, não perigoso, não-inerte e representam um grande prejuízo anual para as empresas, pois se perde muito da matéria prima (TELLES et al., 2009).

Aproveitamento de subprodutos/resíduos da siderurgia na agricultura

Conforme Amaral et (1994) o uso de rejeitos das indústrias siderúrgicas na agricultura nacional é bastante limitada, uma vez que os mesmos apresentam, entre outros usos, na própria indústria, e também na agricultura como oferta de macronutrientes e micronutrientes (PRADO e FERNANDES, 2001; NOBILE, 2009).



Entre os minerais mais são presentes nos subprodutos das siderúrgicas está o Fe, Ca, Mg, Si, B, Cu, Mn e Zn, os quais são minerais essenciais e úteis à nutrição das plantas, no entanto, dependendo da química desses resíduos podem ser vistos minerais tóxicos aos seres vivos, tais como chumbo, cádmio, estrôncio, cromo, e outros (PRADO e FERNANDES, 2000; MONTANARI et al., 2008). Por isso, algumas pesquisas apontam restrições das escórias e do pó de alto forno na agricultura, entretanto, poucos trabalhos concluem isto (PRADO e KORNDORFER, 2003; PRADO e NATALE, 2004; MONTANARI et al., 2008; VIDAL e PRADO, 2011). Por exemplo, Piau (1991) citado por Montanari et al. (2008) apontou que, após a incubação de 90 dias, as escórias de alto-forno, aciária e a pré-cal, com tamanho de partículas variáveis, não aumentaram a quantidade de elementos tóxicos em solos.

Malavolta (1994), levantando o potencial poluidor de elementos tóxicos com o uso de adubos, corretivos e resíduos industriais, verificou que a utilização desses insumos nas doses e modos de aplicação indicados não aumentam os teores de elementos tóxicos a níveis indesejados no solo e nas plantas.

Alguns trabalhos têm mostrado haver poucas restrições ao uso agrícola de escórias (PRADO; KORNDORFER, 2003; PRADO;NATALE, 2004). Piau (1991), pois, por exemplo, após incubar, durante 90 dias três tipos de escória de siderurgia (alto-forno, aciária e a pré-cal) em diversas granulometrias, não observaram acréscimo de metais pesados no solo.

As escórias e o pó de balão também podem contribuir com o silício que é um mineral benéfico na agricultura, entre outras vantagens, ele permite aumentar a resistência das plantas à incidência de pragas e de doenças (TAKAHASHI, 1995), pode melhorar o aproveitamento de recursos hídricos (AGARIE et al., 1998) e estimular o processo fotossintético (DEREN et al., 1994), e por fim, a produtividade das culturas, em particular gramíneas (NOBILE, 2009; VIDAL e PRADO, 2011).

Segundo Korndörfer et al. (2002), as escórias siderúrgicas consistem nas fontes de Si mais abundantes e de baixo custo de silicatos para uso na agricultura e magnésio, baixa concentração de metais pesados e baixo custo. Carvalho-Pupatto et al. (2003) avaliaram a aplicação da escória de alto forno na cultura do arroz e verificaram incrementos nos teores de Si, no solo e na planta, à medida que se aumentaram as doses. Pereira et al. (2007), analisando diversos materiais como fontes de silício, observaram, também, incrementos nos teores de silício no solo e nas plantas de arroz.

O cálcio é um elemento que está na constituição dos resíduos siderúrgicos, principalmente nas escórias. Sabe-se que ele é um elemento essencial para a calagem pra a correção de solos ácidos (CAIRES et al., 2001), e fundamental para manter a integridade das membranas e paredes celulares das células vegetais (MALAVOLTA et al., 1997).

Alguns estudos já corroboraram quanto ao sucesso do uso de determinados resíduos da siderurgia em cultivos agrícolas, tais como milho (PRADO et al. 2002; PRADO e KORNDORFER, 2003; PIAU, 1995; RODRIGUES et al., 2011; ABREU et al., 2011), cana-de-açúcar (PRADO et al., 2000; 2001a,b; PRADO e FERNANDES, 2003), arroz (BRASIL et al., 2008; VIDAL e PRADO, 2011), goiaba (PRADO et al., 2003), tomate (LANA et al., 2003),



maracujá (PRADO e NATALE, 2004), forrageiras (FONSECA, 2007), alface (PRADO et al., 2002; AMARAL et al., 1994; BACKES et al., 2008; SILVA et al., 2019), e outros.

Referências

ABREU, T. C. C.; BARBOSA, M. V.; SILVA, A. G. da; VIEIRA, S.; CALDEIRA, D. C. D.; MOREIRA, J.A.A.; CRUZ, J.C.; MARRIEL, I.E. Acúmulo de macronutrientes em plantas de milho adubadas com pó de balão. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 30, 2012, Maceió. A responsabilidade socioambiental da pesquisa agrícola: *Anais*. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2012. CD-ROM. Fertbio, 2012.

ALCARDE, J. C. *Corretivos da acidez dos solos: características e interpretações técnicas*. São Paulo: ANDA, 1992. (Boletim Técnico, 6).

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

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 alface em dois solos. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 29, n. 9, p. 1351-1358, 1994.

BRASIL. E.C.; SILVA, E. L.; SILVA, K.C.R. *Alterações de atributos químicos do solo em decorrência da aplicação de escória de siderúrgica*. Edição: 2007. Fonte/Impressa: In: Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 31., 2007, Gramado. Disponível em: <<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/387256/1/TRAB12321527.pdf>>.a

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, 2008a (Embrapa Amazônia Oriental. Documentos, 333).

BRASIL. E.C.; NASCIMENTO, E. V. S.; SILVA, K.C.R. *Influência da Aplicação de Escória sobre Atributos Químicos do Solo e Teores de Nutrientes em Plantas de Arroz de Sequeiro*. In: Manejo e conservação do solo e da água no contexto das mudanças ambientais, 1, 2008, Rio de Janeiro. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/85507/1/TRAB-1765-671.pdf>> 2008b.

CARVALHO-PUPATTO, J.G. et al. Efeito de escória de alto forno no crescimento radicular e na produtividade de arroz. *Pesq. Agropec. Brasileira*, 2003, v.38, n.11.

FONSECA, I. M. *Efeito da escória de siderurgia como fonte de silício e sua interação com a adubação nitrogenada em Brachiaria brizantha*. 79f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e veterinária, 2007.



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.

KORNDÖRFER, G.H.; PEREIRA, H.S.; CAMARGO, M.S. de. *Silicatos de cálcio e magnésio na agricultura*. Uberlândia: UFU/ICIAG, 2002. (GPSi-ICIAG-UFU. Boletim técnico; 23p.

LANA, R.M.Q.; KORNDÖRFER, G.H.; ZANÃO JÚNIOR, L.A.; SILVA, A.F. da; LANA, A.M.Q. Efeito do silicato de cálcio sobre a produtividade e acumulação de silício no tomateiro. *Bioscience Journal*, v.19, p.15-20, 2003.

MALAVOLTA, E. *Fertilizantes e seu impacto ambiental: micronutrientes e metais pesados: mitos, mistificações e fatos*. Piracicaba: ProduQuímica, 1. ed. 1994. 153p.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. S.; OLIVEIRA de S. A. *Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações*. 2. ed. Piracicaba: Potafos, 1997. 319 p.

MONTANARI, R.; MARQUES JÚNIOR, J.; CAMPOS, M. C.C.; SOUZA, Z.M. de. Caracterização química de resíduos da indústria metalúrgica para fins de uso agrícola. *Ambiência*, v. 4, n.1. Guarapuava, 2008.

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

OLIVEIRA, M.R.C. de; MARTINS, J. Caracterização e classificação do resíduo sólido "pó do balão", gerado na indústria siderúrgica não integrada a carvão vegetal: estudo de um caso na região de Sete Lagoas/MG. *Quím. Nova*, São Paulo, v. 26, n. 1, p. 05-09, 2003.

PEREIRA, J. E. *Solubilidade de alguns calcários e escórias de alto forno*. 1978. 84 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 1978.

PEREIRA, H. S.; et al. Avaliação de fontes e de extratores de silício no solo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 42, n. 02, p. 239-247, fev. 2007.

PIAU, W.C. *Viabilidade do uso de escória como corretivo e fertilizante*. Piracicaba, 1991. 99p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Estadual Paulista, 1991.

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.

PINTO-COELHO, R.M. *Reciclagem e desenvolvimento sustentável no Brasil*. Belo Horizonte: Recóleo Coleta e Reciclagem de Óleos, 2009. 346 p. ISBN: 978-85-61502-01-0



PRADO, R. M.; FERNANDES, F. M. Escória de siderurgia e calcário na correção da acidez do solo cultivado com cana-de-açúcar em vasos. *Scientia Agrícola*, Piracicaba, v.57, n.4, p.739-744, 2000.

PRADO, R. M.; FERNANDES, F. M. Efeito da escória de siderurgia e calcário na disponibilidade de fósforo de um Latossolo Vermelho-Amarelo cultivado com cana-de-açúcar. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.36, n.9, p.1199-1204, 2001a.

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. 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 alface. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 37, n. 4, p. 539-546, 2002.

PRADO, R. M.; FERNANDES, F. M. Efeito residual da escória de siderurgia como corretivo da acidez do solo na soqueira da cana-de-açúcar. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas v. 27, n. 2, p. 287-296, 2003.

PRADO, R.M.; KORNDORFER, G.H. Efeitos da escória de siderurgia sobre a cultura do milho (*Zea mays L*) cultivo em um Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, *Científica*, Jaboticabal, v.31, n.1, p.9-17, 2003.

PRADO, R.M.; NATALE, W. Efeitos da aplicação da escória de siderurgia ferrocromo no solo, no estado nutricional e na produção de matéria seca de mudas de maracujazeiro. *Revista Brasileira de Fruticultura*, Jaboticabal, v.26, n.1, p.140-144, 2004.

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.

RIBEIRO, A. C.; FIRME, D. J.; MATOS, A. C. M. Avaliação da eficiência de uma escória de aciaria como corretivo da acidez. *Revista Ceres*, Viçosa, v. 33, n. 187, p. 242-248, 1986.

RODRIGUES, C. C. F.; PEREIRA, M. RI; BARBOSA, E. RI; SANTOS, G. A.I; SIQUEIRA. G. M.I; SOUZA, J. B.I; CASTRO, A. A.; PAIVA, C.; MARRIEL, I. E *Crescimento e desenvolvimento de plantas cultivadas em solo adicionado pó de balão: 1. Altura e acúmulo de biomassa de milho (Zea mays L.)*. Embrapa Milho e Sorgo: 2011. Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/65842/1/Crescimento-desenvolvimento-1.pdf>>. Acesso: 08. Dez. 2013.

SCHULIN, R.; CURCHOD, F.; MONDESHKA, M.; DASKALOVA, A.; KELLER, A. Heavy metal contamination along a soil transect in the vicinity of the iron smelter of Kremikovtzi. *Geoderma*, Amsterdam, v.140, p.52–61, 2007.



SILVA, C.S.W. Avaliação ambiental decorrente do uso agrícola de resíduos do sistema de limpeza de gases de uma indústria siderúrgica a carvão vegetal. Viçosa. 98p. *Dissertação*. Universidade Federal de Viçosa, 2007.

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.IVCOINTERPDVAgro. 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.

TAKAHASHI, E. Uptake mode and physiological functions of silica. In: MATUSUO, T.; KUMAZAWA, K.; ISHII, R.; ISHIHARA, K.; HIRATA, H. *Science of rice plant physiology*. Tokyo: Nobunkyo, 1995. v. 2, p. 420-433.

TELLES, F. G. ABREU, F. et al. Reutilização de resíduos finos oriundos do processo siderúrgico, Congresso Brasileiro de Engenharia Química em Iniciação Científica, 8, *Anais*, Uberlândia, 2009.

VIDAL, A. DE A.; PRADO, R. DE M. Aplicação de escória siderúrgica, calcário e ureia em latossolo cultivado com arroz. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, v. 41, n. 2, p. 264-272, 28 2011.

WINSLON, M.D. Silicon, disease resistance, and yield of rice genotypes under upland cultural conditions. *Crop Science*, Madison, v.32, p.1208-13, 1992.