

AGRÁRIA

Revista Brasileira de Ciências Agrárias

ISSN (on line) 1981-0997

v.7, n.4, p.543-547, out.-dez., 2012

Recife, PE, UFRPE. www.agraria.ufrpe.br

DOI:10.5039/agraria.v7i4a1321

Protocolo 1321 - 01/01/2011 • Aprovado em 02/05/2012

Denis T. Ramos^{1,5}

Petterson B. da Luz²

Marcelo D. Machado³

Marcelo E. Cassiolato⁴

Severino de Paiva Sobrinho²

Leonarda G. Neves²

1 Universidade Federal de Mato Grosso,
Programa de Pós-Graduação em Agricultura
Tropical, Av. Fernando Corrêa da Costa,
2367, Bairro Boa Esperança,
CEP 78060-900, Cuiabá-MT, Brasil.
Fone: (65) 3615-8618.

E-mail: denisagropec@hotmail.com

2 Universidade do Estado de Mato Grosso,
Campus Universitário Jane Vanini,
Departamento de Agronomia, Avenida São
João, s/n, Cavalhada, CEP 78200-000,
Cáceres-MT, Brasil. Caixa Postal 118.
Fone/Fax: (65) 3221-0509.

E-mail: petterbaptista@yahoo.com.br;
severopaiva@bol.com.br;
leonardaneves@unemat.br

3 Faculdade da Amazônia, Campus Cristo
Rei, Rua 743, CEP 76980-000, Vilhena-
RO, Brasil. Fone: (69) 3322-5114. E-mail:
marceloangelusjp2_14@hotmail.com

4 Empresa Agro Amazônia, Rua Colonizador
Ênio Pipino, 843, Setor Industrial Sul,
CEP 78550-000, Sinop-MT, Brasil.

Fone: (66) 3515-0001. E-mail:
marcelo.cassiolato@agroamazonia.com.br

5 Bolsista de mestrado da CAPES

Influência da adubação silicatada na produção de arroz de sequeiro

RESUMO

Grãos de arroz beneficiados geram grande quantidade de palha, tornando-se um poluente ambiental, em virtude do descarte inadequado e lenta degradação. No entanto, quando submetidos a alta temperatura produzem elevado teor de silício que, apesar de não ser um elemento essencial, pode trazer inúmeros benefícios fisiológicos para as culturas. O objetivo do trabalho foi avaliar a influência da adubação silicatada a partir de cinzas da casca de arroz na produção de grãos do arroz de sequeiro. O delineamento em blocos casualizados conteve três tratamentos que receberam a adubação de base adotada pela propriedade (AB) a qual constituiu no fornecimento de 300 kg ha⁻¹ (4-20-20), 10 dias após a semeadura e 50 kg ha⁻¹ (20-0-20), quando as plantas apresentaram perfilhamento ativo; portanto, os tratamentos utilizados foram: T₁-Adubação de base "AB"; T₂- AB + 1200 kg ha⁻¹ de sílica; T₃- AB + 2400 kg ha⁻¹ de sílica, com sete repetições. Foram avaliados o número de plântulas, colmos e panículas por m²; panículas por planta; espiguetas por panícula; espiguetas granadas; grãos totais e chochos por panícula; fertilidade das espiguetas; massa de 100 grãos; produtividade de grãos em kg ha⁻¹ e porcentual de Si absorvido pelas plantas. A adubação à base de cinza de casca de arroz elevou os valores de pH, saturação por bases, Ca, Mg e P do solo. Não foram observadas respostas significativas para as doses utilizadas de adubação silicatada sobre as características agrônomicas avaliadas.

Palavras-chave: cinzas, cultivar, rendimento, silício, solo

Silicon fertilization on production of upland rice

ABSTRACT

Rice grain processing generates large quantities of straw, becoming an environmental pollutant due to inappropriate disposal and slow degradation. However, when exposed to high temperature produces high levels of silicon, which although not being considered an essential element, can bring physiological benefits to crops. The objective of this study was to evaluate the influence of silicon fertilization from the ashes of rice grain husk on the yield of upland rice. The experiment was carried out in a randomized block design with three treatments of fertilizers used by the farmers (AB). This fertilization consisted of application of 300 kg ha⁻¹ (4-20-20) 10 days after sowing and 50 kg ha⁻¹ (20-0-20) when the plants showed active tillering. Therefore, the applied treatments were: T1 – application of fertilizer (AB), T2 – AB + 1200 kg ha⁻¹ of silicon, T3 – AB + 2400 kg ha⁻¹ of silicon, with seven replications. At harvest the number of seedlings, tillers and panicles per m², panicles per plant, spikelets per panicle, spikelets with total and sterile grains per panicle; spikelet fertility; weight of 100 grains; grain yield in kg ha⁻¹ and the percentage of Si absorbed by plants were determined. The fertilization based on rice husk ash increased pH, base saturation, Ca, Mg and P in soil. There was no significant response to the doses of silicon fertilization on the evaluated agronomic parameters.

Key words: ash, cultivar, yield, silicon, soil

INTRODUÇÃO

A cultura do arroz é a terceira mais importante na cadeia produtiva do Estado de Mato Grosso; entretanto vários fatores vêm contribuindo para a queda da produtividade, principalmente a falta de adoção de novas tecnologias e, conseqüentemente, a utilização intensiva de agroquímicos, o que tem elevado os custos da produção. Logo, torna-se oportuno elevar a produtividade das áreas por meio de tecnologias que garantam melhor qualidade final do produto com mínimos danos ambientais (Barbosa Filho et al., 2000).

Conforme Tokura et al. (2007), o silício (SiO_2) é um dos elementos químicos de maior ocorrência nas fases sólida e líquida do solo. Observou-se absorção, pela planta de arroz se dá na forma de ácido monossilícico $[\text{Si}(\text{OH})_4]$ em diferentes pesquisas, o efeito benéfico de sua aplicação na redução do estresse hídrico, por propiciar menor transpiração no aumento da eficiência da fotossíntese, por manter folhas mais eretas e rígidas, com maior interceptação da luz e no aumento da resistência a doenças, pragas, frio, salinidade e toxidez por excesso de Al, Mn e Fe (Korndörfer e Dantoff, 1995; Epstein, 1999).

A adubação à base de Si promove aumento do rendimento de grãos de arroz devido à diminuição da incidência de doenças fúngicas e pragas, pela deposição de Si na epiderme das folhas, formando uma camada fina de sílica amorfa ($\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$) que funciona como barreira física efetiva contra a penetração de hifas de fungos e ao ataque de insetos fitófagos, além de promover melhoria na sua arquitetura e em alguns processos fisiológicos (Korndörfer et al., 1999b; Carvalho Pupatto et al., 2003; Carvalho Pupatto et al., 2004; Barbosa Filho et al., 2004). Entretanto, existem trabalhos, como os de Barbosa Filho et al. (2001) e Mauad et al. (2003a; 2003b), que não encontraram efeitos significativos na produtividade de arroz.

No Brasil, a casca do arroz beneficiado pode tornar-se um problema para o meio ambiente, em virtude de sua lenta biodegradação e volume elevado de resíduos. Algumas empresas beneficiadoras de arroz a utilizam na própria secagem e parbolização; todavia, o problema se agrava com o descarte das cinzas que são depositadas, de forma desordenada, no ambiente. Além de solucionar o problema ambiental, o aproveitamento total deste recurso agroindustrial, pode gerar renda extra através do desenvolvimento de inovação tecnológica que agregue valor às cinzas.

De acordo com Ferreira (2005) a cinza da casca de arroz contém cerca de 15% do seu peso em carbono (C) residual. Com o aquecimento e com a finalidade de eliminar o C residual, poderão ser obtidos aproximadamente 95% de sílica pura; logo, sua utilização na agricultura pode tornar-se uma opção mais econômica e ambientalmente sustentável, frente às fontes convencionais utilizadas.

Partindo deste pressuposto, este trabalho teve como objetivo avaliar a influência da adubação silicatada a partir de cinzas de casca de arroz na produtividade de arroz de sequeiro.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido no ano agrícola de 2008/2009, na área produtiva da Fazenda Bruno Martin, no município de Sinop, Estado de Mato Grosso. A região tem precipitação média anual de 1900 mm, temperatura média de 25°C e umidade relativa do ar entre 65 e 82% (média anual) apresentando relevo plano, com altitude de 384 metros. O solo da área foi classificado, segundo Embrapa (2006), como Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico, textura franco-argilosa (Tabela 1). A análise da casca de arroz carbonizado foi realizada pelo método B.E.T e apresentou uma concentração de SiO_2 de 89%. A determinação de silício no solo foi feita por colorimetria, após a extração do solo com ácido acético 0,5 mol L⁻¹.

O delineamento experimental empregado foi o de blocos casualizados com 3 tratamentos e 7 repetições. Os tratamentos foram constituídos de sílica extraída da casca de arroz carbonizado através do método citado por Fernandes (2006). A área experimental não recebeu nenhum tipo de preparo de solo. No ano agrícola prévio ao experimento (2007/2008) a área foi cultivada com milho (*Zea mays*) o qual foi cultivado sem um preparo prévio de solo.

A cultivar utilizada no presente ensaio foi a AN Cambará que apresenta, como características principais nas condições de Mato Grosso: ciclo precoce (105 dias), porte médio (97 cm), floração média (75 dias), boa resistência ao acamamento, grão longo fino (agulhinha), rendimento de grãos inteiros em torno de 56% e produtividade entre 3,5 a 4 t ha⁻¹ (Agro Norte Pesquisa e Sementes Ltda, 2010).

A casca de arroz carbonizada foi aplicada a lanço e posteriormente incorporada ao solo, na profundidade de 0 a 20 cm, mediante utilização de grade aradora. Os tratamentos foram constituídos de: adubação de base (AB) adotada pela propriedade, constituída por 300 kg ha⁻¹ de 4-20-20 em cobertura, aos 10 dias após plantio e, posteriormente, 50 kg ha⁻¹ de 20-0-20 em cobertura quando a plântula apresentou perfilhamento ativo, tratamento 1 (T₁ - AB); tratamento 2 adubação de base mais 1200 kg ha⁻¹ de SiO_2 (T₂ - AB + Si) e tratamento 3, adubação de base mais 2400 kg ha⁻¹ de SiO_2 (T₃ - AB + Si). Ambas as aplicações contendo Si foram baseadas nas dosagens recomendadas por Barbosa Filho et al. (2000) e ocorreram com 10 horas de antecedência da semeadura.

A semeadura foi efetuada na densidade de 100 sementes/m linear, com espaçamento entre linhas de 0,25 m em parcelas de 2,45 x 6m. A colheita foi realizada manualmente utilizando-se

Tabela 1. Caracterização química e granulometria do Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico utilizado no experimento. Sinop, Estado de Mato Grosso, 2008/2009

Table 1. Chemical and textural characterization of the Oxisol used in the experiment. Sinop, Mato Grosso, 2008-2009

pH H ₂ O	pH CaCl ₂	P mg dm ⁻³	K mg dm ⁻³	Ca cmol _c dm ⁻³	Mg cmol _c dm ⁻³	H+Al cmol _c dm ⁻³	Si mg dm ⁻³	S (Soma Bases) cmol _c dm ⁻³	T (CTC pH 7)	V (Sat. Bases) %	Areia	Silte	Argila
5,3	5,8	23,60	67,00	2,00	0,31	4,80	24,10	2,7	7,20	33	292,00	104,00	604,00

Fonte: Laboratório Plante Certo/Cuiabá-MT

uma área útil de 2 m² das três linhas centrais das parcelas, quando 90% das panículas apresentavam os grãos com coloração típica de maduros, com 21% de umidade, descartando-se 1 m das extremidades das linhas para eliminar o efeito de bordadura.

As variáveis analisadas foram: número de plântulas por m², número de colmos por m², número de panículas por m², número de panículas por planta, número de espiguetas por panícula, número de espiguetas granadas e chochas por panícula, fertilidade das espiguetas, massa de 100 grãos, produtividade de grãos em kg ha⁻¹ e o número de grãos totais, conforme metodologia citada por Alvarez (2004) e, por fim, análise do percentual de Si absorvido pelas plantas, de acordo com técnica descrita por Elliott & Snyder (1991) e adaptada por Korndorfer et al., 1999a.

As variáveis foram submetidas à análise de variância e ao teste Tukey a 5% de probabilidade, utilizando software de análises estatísticas ASSISTAT.

Resultados e Discussão

A aplicação de Si alterou alguns atributos químicos do solo com redução da acidez potencial (H+Al), causada pela elevação do pH gerado pelo poder neutralizante da base SiO₃⁻² presente no material, formando HSiO₃ + OH⁻, que reduziu o H⁺ presente na solução do solo. Observou-se, também, aumento da disponibilidade de fósforo no caso do tratamento (T₃), do Ca, Mg e Si nos tratamentos (T₂, T₃) favorecendo, posteriormente, a elevação da porcentagem de saturação por bases (Tabela 2). Resultados semelhantes com o uso de escórias foram relatados por (Carvalho Pupatto et al. 2003; Carvalho Pupatto et al. 2004).

O teor de Si contido na matéria seca das plantas de arroz da cultivar AN Cambará variou de 0.135% a 0.19% (Tabela 3) teor este abaixo dos resultados obtidos por Barbosa Filho et al. (2004) com a cultivar Caiapó, que definiram como 2,25%, o teor de Si da matéria seca como o nível crítico de produtividade para o arroz de sequeiro.

De acordo com os dados contidos na Tabela 3, verifica-se que a aplicação da casca de arroz carbonizado não incrementou os teores de Si nos tecidos das plantas; provável que a casca de arroz carbonizada não tenha sofrido mineralização no período do ciclo da cultura ou o Si contido se encontra em forma não disponível às plantas.

Não houve diferença significativa para nenhuma das variáveis analisadas (Tabela 4).

O baixo número de plantas m⁻² aos 30 dias após semeadura pode estar relacionado ao baixo índice de emergência

Tabela 2. Resultado das análises químicas das amostras de solo (0-20 cm) coletadas por ocasião da colheita do arroz em razão dos tratamentos. Sinop, Estado de Mato Grosso, 2008/2009

Table 2. The results of chemical analysis of soil samples (0-20 cm) collected during the rice harvest in the treatments. Sinop, Mato Grosso, 2008-2009

Tratamentos	pH H ₂ O	pH CaCl ₂	P mg dm ⁻³	K cmol _c dm ⁻³	Ca cmol _c dm ⁻³	Mg cmol _c dm ⁻³	H+Al cmol _c dm ⁻³	Si mg dm ⁻³	S		T		V	
									(Soma Bases) cmol _c dm ⁻³	(CTC pH 7) cmol _c dm ⁻³	(Sat. Bases) %	(Sat. Bases) %		
T ₁ - AB	5,30	4,60	25,50	50,00	1,69	0,31	4,95	20,10	2,10	7,10	30,10			
T ₂ - AB + Si 1200 Kg ha ⁻¹	5,40	4,70	25,40	61,00	1,81	0,38	4,58	20,70	2,40	6,90	33,90			
T ₃ - AB + Si 2400 kg ha ⁻¹	5,50	4,80	27,40	57,00	2,13	0,43	4,58	21,80	2,70	7,30	37,20			

Fonte: Laboratório Plante Certo/Cuiabá-MT

Tabela 3. Valores dos teores de Silício acumulado na parte aérea das plantas de arroz, nos grãos e percentual contido na matéria seca. Sinop, Estado de Mato Grosso, 2008/2009

Table 3. The values of the Silicon levels accumulated in the rice shoots, grains and the percentage contained in dry matter. Sinop, Mato Grosso, 2008-2009

Tratamentos	Teor de Silício nas plantas (g kg ⁻¹)		
	Silício parte aérea (colmos + folhas)	Silício nos grãos	Silício na Matéria seca (%)
T ₁ - AB	0,31	1,14	0,145
T ₂ - AB + Si 1200 Kg ha ⁻¹	0,33	1,57	0,190
T ₃ - AB + Si 2400 kg ha ⁻¹	0,27	1,08	0,135

Fonte: Laboratório Plante Certo/Cuiabá-MT

constatado (menor que 60%) que, de acordo com Mielezski et al. (2008), pode estar relacionado ao vigor das sementes.

Quanto ao número de colmos que variou de 82.09 a 91.57 por m², entre os tratamentos que receberam diferentes dosagens na adubação silicatada, observa-se que a variação ocorrida entre tratamentos decorreu possivelmente, da diferença no grau de perfilhamento ativo das plantas.

Constatou-se, conforme o aumento da dosagem de Si, um favorecimento na transformação de gemas vegetativas em reprodutivas havendo incremento no número de panículas m⁻² no tratamento T₃ com média de 84,42, sendo que a menor dose empregada de Si resultante do tratamento T₂ já favoreceu o aumento de panículas por planta, com média de 1,49 mas, para ambas as variáveis, não se obteve diferença significativa. Reis et al. (2008) também não obtiveram diferenças significativas quanto ao número de panícula m⁻².

O número total de espiguetas por panícula variou de 1 a 4 espiguetas em média sendo o tratamento T₂ o que proporcionou a maior média. Esta variação entre tratamentos indica que foi definida na fase de diferenciação das gemas vegetativas em reprodutivas do primórdio da panícula, que é a época primordial para determinação deste fator. Portanto, as características genéticas de cada planta são fundamentais nesta fase (Alvarez, 2004). Tal resultado foi concordante com os obtidos por Mauad et al. (2003b), embora se opondo aos encontrados por Deren e al. (1994).

Ocorreu aumento no número de espiguetas granadas por panícula com o aumento na adubação de Silício. De acordo com Mauad et al. (2003b), o silício pode ter promovido uma arquitetura melhor de planta, o que pode ter refletido no aumento de panículas granadas; No entanto, Barbosa Filho et al. (2004) colocam que, conforme haja aumento na disponibilidade de fósforo, cálcio e a elevação da porcentagem de saturação por bases, ocorrerá o aumento do número de

Tabela 4. Análise de variância e respectivas significâncias estatísticas, pelo teste F, do número de plantas m^{-2} (NP), número de colmos m^{-2} (NC), número de panículas m^{-2} (NP), número de panículas por planta (PP), número total de espiguetas panícula $^{-1}$ (EP), espiguetas granadas (EG) e chochas (EC), fertilidade das espiguetas (%) (FE), massa de 100 grãos (g) (MG), número total de grãos (TG) e produtividade de grãos ($kg\ ha^{-1}$) (PG) de arroz sequeiro submetido a adubação silicatada. Sinop, Estado de Mato Grosso, 2008/2009

Table 4. Analysis of variance and its statistical significance by F test, of the number of plants m^{-2} (NP), number of shoots m^{-2} (NC), number of panicles m^{-2} (NP), number of panicles plant $^{-1}$ (PP), total number of spikelets panicle $^{-1}$ (EP), spikelets with grains (EG), spikelets without grains (EC), spikelets fertility (%) (FE), weight of 100 grains (g) (MG), total number of grains (TG) and grain yield ($kg\ ha^{-1}$) (PG) of upland rice subjected to silicon fertilization. Sinop, Mato Grosso, 2008-2009

Causas de variação	GL	NP 30 DAS	NC	NP	PP	EP	EG	EC	FE (%)	MG (g)	TG	PG ($kg\ ha^{-1}$)
Adubação	1	61,03 ^{ns}	76,13 ^{ns}	59,15 ^{ns}	0,13 ^{ns}	46,49 ^{ns}	66,37 ^{ns}	9,67 ^{ns}	2,04 ^{ns}	0,001 ^{ns}	402810813,56 ^{ns}	215854,21 ^{ns}
Resíduo	12	56,42	32,72	23,05	0,08	299,92	169,72	16,02	6,86	0,0045	136766458,47	82803,81
CV (%)	...	20,48	9,79	9,05	18,7	12,98	10,88	23,924	2,98	2,69	16,56	16,3
Média Geral	...	36,66	58,412	52,99	1,54	133,41	119,67	16,730	87,90	2,50	70597,83	1764,49

*,** e ns = significativos a 5%, 1% e não significativo, respectivamente

espiguetas granadas por panícula e na redução da porcentagem de espiguetas chochas, o qual também não se diferiu significativamente entre os tratamentos.

A fertilidade de espiguetas variou em média de 1%, aproximadamente, entre os tratamentos, variação que pode estar relacionada com a quantidade de assimilados disponíveis ao metabolismo das plantas na fase de formação e do desenvolvimento dos grãos (Alvarez, 2004).

Analisando os resultados de massa de 100 grãos nos tratamentos com e sem Silício, a diferença máxima variou em torno de 0,03g.

Para o rendimento em $kg\ por\ ha^{-1}$ e número de grãos totais, ocorreram variações entre os tratamentos, em que o tratamento T₃ apresentou produção superior cerca de 16% ou 771,03 $kg\ ha^{-1}$ em relação tratamento T₁, com produção de 4146,97 $kg\ ha^{-1}$, enquanto o número de grãos totais prevaleceu na casa de 17% acima, resultado que pode ser atribuído ao maior número de grãos granados por panícula, resultante da uma melhoria dos atributos químicos do solo.

Como já discutido, a aplicação de Si não afetou a produção de grãos o que permite inferir que o teor original de Si no solo (24,10 $mg\ dm^{-3}$) foi suficiente para o desenvolvimento adequado das plantas de arroz da cultivar AN Cambará; todavia, Mauad et al. (2003a) e Korndörfer et al. (1999b) concluíram trabalhando em casa de vegetação com o cultivar IAC-165, que o nível de suficiência de Si no solo para obter 90% da produtividade máxima foi de 9,8 $mg\ dm^{-3}$, ou seja, valor bastante inferior ao teor encontrado no presente trabalho, 24,10 $mg\ dm^{-3}$ no (T₁) sem aplicação de Silício, concentração esta definida por Korndörfer et al. (2001) como média (Tabela 1).

Esta falta de resposta pode estar relacionada, portanto, com vários fatores, dentre os quais a diferença genotípica existente entre cultivares, a eficiência na absorção e a quantidade necessária de silício, podendo a cultivar AN Cambará ser menos exigente em silício que o cultivar IAC- 165.

CONCLUSÕES

A adubação à base de cinza de casca de arroz elevou os valores de pH, saturação por bases, Ca, Mg e P do solo.

Os componentes da produção, como número de panículas m^{-2} , panículas planta $^{-1}$, produção em $kg\ ha^{-1}$, número de grãos

totais e a massa de 100 grãos, não foram influenciados pela aplicação de doses de Silício no solo.

A aplicação de Silício não interferiu no desenvolvimento das plantas de arroz cultivar AN Cambará.

Literatura Citada

- Agro Norte Pesquisa e Sementes Ltda. AN Cambará: características. <<http://www.agronorte.com.br/g-an-cambara/caracteristicas>>. 19 Dez. 2010.
- Alvarez, A. C. C. Produção do arroz em função da adubação com silício e nitrogênio no sistema de sequeiro e irrigado por aspersão. Botucatu: Universidade Estadual Paulista, 2004. 87p. Dissertação Mestrado.
- Barbosa Filho, M. P.; Snyder, G. H.; Fageria, N. K.; Datnoff, L. E.; Silva, O. F. Silicato de cálcio como fonte de silício para o arroz de sequeiro. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v. 25, n. 2, p.325-330, 2001. <<http://www.malavolta.com.br/pdf/502.pdf>>. 21 Dez. 2010.
- Barbosa Filho, M. P.; Snyder, G. H.; Prebhu, A. S.; Datnoff, L. E.; Korndorfer, G. H. Importância do silício para a cultura do arroz. Informações Agronômicas, n. 89, p. 1-8, 2000. Encarte técnico. <[http://www.ipni.org.br/ppiweb/brazil.nsf/87cb8a98bf72572b8525693e0053ea70/d5fbc829a2f54298832569f8004695c5/\\$FILE/Encarte%2089.pdf](http://www.ipni.org.br/ppiweb/brazil.nsf/87cb8a98bf72572b8525693e0053ea70/d5fbc829a2f54298832569f8004695c5/$FILE/Encarte%2089.pdf)>. 11 Nov. 2010.
- Barbosa Filho, M. P.; Zimmermann, F. J. P.; Silva, O. F. S. Influência da escória silicatada na acidez do solo e na produtividade de grãos do arroz de terras altas. Ciência e Agrotecnologia, v. 28, n. 2, p. 323-331, 2004. <<http://www.scielo.br/pdf/cagro/v28n2/a11.pdf>>. 23 Dez. 2010. doi:10.1590/S1413-70542004000200011.
- Carvalho Pupatto, J. G. C.; Büll, L. T.; Crusciol, C. A. C. Atributos químicos do solo, crescimento radicular e produtividade do arroz de acordo com a aplicação de escórias. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.39, n.12, p.1213-1218, 2004. <<http://www.scielo.br/pdf/pab/v39n12/22863.pdf>>. 17 Dez. 2010. doi:10.1590/S0100-204X2004001200008.
- Carvalho Pupatto, J. G. C.; Büll, L. T.; Crusciol, C. A. C.; Mauad, M.; Silva, R. H. Efeito de escória de alto forno no crescimento radicular e na produtividade de arroz. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 38, n. 11, p. 1323-1328, 2003. <<http://www.scielo.br/pdf/pab/v38n11/18928.pdf>>. 18 Dez. 2010. doi:10.1590/S0100-204X2003001100011.

- Deren, C. W.; Datnoff, L. E.; Snyder, G. H.; Martin, F. G. Silicon concentration, disease response, and yield components of rice genotypes grown on flooded organic histosols. *Crop Science*, v. 34, n. 3, p. 733-737, 1994. <<https://www.crops.org/publications/cs/abstracts/34/3/CS0340030733>>. 14 Dez. 2010. doi:10.2135/cropsci1994.0011183X003400030024x.
- Elliott, C.L.; Snyder, G.H. Autoclave - Induced digestion for the colorimetric determination of silicon in rice straw. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v.39, n.6, p.1118-1119, 1991. <<http://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/jf00006a024>>. 15 Dez. 2010. doi:10.1021/jf00006a024.
- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema brasileiro de classificação de solos. 2.ed. Brasília: Embrapa-SPI, 2006. 306p. <http://ag20.cnptia.embrapa.br/Repositorio/Livro+SBCS_2-ed_000fzvhmj5j02wx5ok0q43a0rx9wj0bm.PDF>. 10 Dez. 2010.
- Epstein, E. Silicon. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology*, v.50, n.1, p.641-664, 1999. <<http://www.annualreviews.org/doi/pdf/10.1146/annurev.arplant.50.1.641>>. 17 Dez. 2010. doi:10.1146/annurev.arplant.50.1.641.
- Fernandes, A. A. Síntese de zeólitas e wolastonita à partir da cinza da casca do arroz. São Paulo: Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, Universidade de São Paulo, 2006. 98p. Tese Doutorado. <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/85/85134/tde-08062007-145111/>>. 22 Dez. 2010.
- Ferreira, C. Desenvolvimento do processo de obtenção de filme polimérico a partir da cinza da casca de arroz. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2005. 75p. Dissertação Mestrado. <<http://www2.enq.ufsc.br/teses/m140.pdf>>. 10 Dez. 2010.
- Korndörfer, G. A.; Datnoff, L. E. Adubação com silício: uma alternativa no controle de doenças da cana-de-açúcar e do arroz. *Informações Agronômicas*, n. 70, p.1-3, 1995. <[http://www.ipni.org.br/ppiweb/brazil.nsf/87cb8a98bf72572b8525693e0053ea70/7f5e4aadaad18bda032571d300403c1d/\\$FILE/Page1-3-70.pdf](http://www.ipni.org.br/ppiweb/brazil.nsf/87cb8a98bf72572b8525693e0053ea70/7f5e4aadaad18bda032571d300403c1d/$FILE/Page1-3-70.pdf)>. 11 Nov. 2010.
- Korndörfer, G. H.; Arantes, V. A.; Corrêa, G. F.; Snyder, G. H. Efeito do silicato de cálcio no teor de silício e na produção de grãos de arroz de sequeiro. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.23, n.3, p.635-41, 1999a. <<http://sbc.solos.ufv.br/solos/revistas/v23n3a17.pdf>>. 17 Dez. 2010.
- Korndörfer, G. H.; Datnoff, L. E.; Corrêa, G. F. Influence of silicon on grain discoloration and upland rice growth in four savanna soils of Brazil. *Journal of Plant Nutrition*, v.22, n. 1, p.93-102, 1999b. <<http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/01904169909365609>>. 18 Dez. 2010. doi:10.1080/01904169909365609.
- Korndörfer, G. H.; Lepsch, I. Effect of silicon on plant growth and crop yield. In: Datnoff, L.E.; Snyder, G. H.; Korndörfer, G. H. (Eds.). *Silicon on agriculture*. Amsterdam: Elsevier, 2001. Chap. 7, p. 133-147. (Studies in Plant Sciences, 8).
- Mauad, M.; Filho, H. G.; Crusciol, A. C.; Corrêa, J. C. Teores de silício no solo e na planta de arroz de terras altas com diferentes doses de adubação silicatada e nitrogenada. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.27, n.5, p. 867-873, 2003a. <<http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v27n5/v27n5a11.pdf>>. 18 Nov. 2010. doi:10.1590/S0100-06832003000500011.
- Maud, M.; Cruscioli, C. A. C.; Grassi Filho, H.; Corrêa, J. C. Nitrogen and silicon fertilization of upland rice. *Scientia Agricola*, v.60, n.4, p.761-765, 2003b. <<http://www.scielo.br/pdf/sa/v60n4/a23v60n4.pdf>>. 22 Nov. 2010. doi:10.1590/S0103-90162003000400023.
- Mielezrski, F.; Schuch, L. O. B.; Peske, S. T.; Panozzo, L. E.; Peske, F. B.; Carvalho, R. R. Desempenho individual e de populações de plantas de arroz híbrido em função da qualidade fisiológica das sementes. *Revista Brasileira de Sementes*, v. 30, n.3, p. 86-94, 2008. <<http://www.scielo.br/pdf/rbs/v30n3/12.pdf>>. 25 Nov. 2010. doi:10.1590/S0101-31222008000300012.
- Reis, M. A.; Arf, O.; Silva, M. G.; Sá, M. E.; Buzetti, S. Aplicação de silício em arroz de terras altas irrigado por aspersão. *Acta Scientiarum Agronomy*. v. 30, n. 1, p. 37-43, 2008. <<http://periodicos.uem.br/ojs/index.php/ActaSciAgron/article/view/1126>>. 30 Nov. 2010. doi:10.4025/actasciagron.v30i1.1126.
- Tokura, A. M.; Neto, A. E. F.; Curi, N.; Carneiro, L. F.; Alovís, A. A. Silício e fósforo em diferentes solos cultivados com arroz de sequeiro. *Acta Scientiarum Agronomy*, v. 29, n. 1, p. 9-16, 2007. <<http://periodicos.uem.br/ojs/index.php/ActaSciAgron/article/view/58>>. 30 Nov. 2010. doi:10.4025/actasciagron.v29i1.58.