

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE AGRONOMIA**

**EFEITO CORRETIVO DE ALGUNS SILICATOS E CARBONATOS E
DISPONIBILIDADE DE SILÍCIO NO SOLO**

MEIRY ROBERTA MARTINS

GASPAR HENRIQUE KORNDÖRFER
(Orientador)

Monografia apresentada ao Curso de
Agronomia, da Universidade Federal de
Uberlândia, para obtenção do grau de
Engenheiro Agrônomo.

Uberlândia – MG
Dezembro - 2004

**EFEITO CORRETIVO DE ALGUNS SILICATOS E CARBONATOS E
DISPONIBILIDADE DE SILÍCIO NO SOLO**

APROVADO PELA BANCA EXAMINADORA EM 25 / 11 / 2004

Prof. Dr. Gaspar Henrique Korndörfer
(Orientador)

Prof. Dra. Regina Maria Quintão Lana
(Membro da Banca)

Anelisa de Aquino Vidal
(Membro da Banca)

Uberlândia – MG
Dezembro - 2004

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, pela vida, e por mais uma batalha vencida.

Agradeço aos meus pais, Iron e Jandira, pelo amor, incentivo, apoio e companherismo em todos os momentos de minha vida.

Aos meus irmãos, Wendell e Marcelo, pelos conselhos, pela força, pelo apoio e carinho.

As minhas amigas, Thaís, Talita e Fernanda, por todos os momentos, felizes e difíceis que passamos e por sempre serem companheiras.

Aos funcionários do laboratório de solos, Eduardo, Gilda, Manuel e Marinho, pela imensa ajuda, para a realização deste trabalho.

Aos companheiros do Grupo de Silício, Anelisa, Angélica, Lucélia, Mariana e Valéria, por estarem sempre dispostos a ajudar.

Ao Prof. Hamilton, por estar sempre disposto a contribuir com sua experiência, e pela orientação para realização deste trabalho.

Ao prof. Gaspar, pela oportunidade de fazer parte do Grupo de Silício.

ÍNDICE

1- INTRODUÇÃO -----	6
2- REVISÃO DE LITERATURA -----	8
2.1- Silício no solo -----	8
2.2- Extratores de silício -----	10
2.3- Fontes de silício -----	11
3- MATERIAL E MÉTODOS -----	15
4- RESULTADOS E DISCUSSÃO -----	19
4.1- pH -----	19
4.2- Silício em ácido acético -----	20
4.3- Silício em CaCl₂ -----	21
4.4- Cálcio no solo -----	23
4.5- Magnésio no solo -----	23
4.6- H + Al no solo -----	24
4.7- Soma de bases no solo -----	25
4.8- Capacidade de troca catiônica no solo -----	26
4.9- Saturação por bases no solo -----	27
5- CONCLUSÕES -----	29
6- REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS -----	30

RESUMO

O uso de silicatos na agricultura brasileira vem sendo muito difundido, nos últimos anos devido ao avanço nas pesquisas em solos tropicais, que apresentam problemas de elevada acidez, altos teores de Al trocável e deficiência de nutrientes, que corrigidos quimicamente apresentam grande potencial agrícola. Sendo assim, foi realizado um experimento cujos objetivos foram avaliar o efeito corretivo de diferentes fontes de silicatos e calcários, comparado ao CaCO_3 p.a, avaliar metodologias de análises de silício e os efeitos dos produtos nas características químicas do solo. O experimento foi conduzido em casa de vegetação utilizando-se quatro famílias de solos: Latossolo Vermelho Distrófico (LVd) de Uberlândia, Latossolo Vermelho Distrófico (LVd) de Monte Alegre, Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico (LVAd), e Neossolo Quartzarênico Órtico (RQo) . O delineamento utilizado foi inteiramente casualizado, com quatro repetições e nove tratamentos, que consistiram de cinco fontes de silício (A & W, CSN AF, Acesita, Recmix e Açominas, nas doses 4760; 3450; 2530; 3430 e 3280 kg ha⁻¹, respectivamente), de duas fontes de calcários (calcítico e dolomítico, nas doses 3880 e 3790 kg há⁻¹ respectivamente), carbonato cálcio puro na dose de 3000 kg ha⁻¹ e a testemunha. A dose de cada um foi corrigida em função do PN-determinado e a fonte de comparação foi o carbonato puro. Os solos foram secos ao ar e peneirados, depois fez-se a aplicação dos tratamentos em 250 g de solo, os quais foram incubados em recipientes plásticos. Em seguida, o solo foi umedecido até 80% da capacidade de campo, sendo que a umidade perdida por evaporação era repostada frequentemente. Após 90 dias de incubação determinou-se pH CaCl_2 0,01 mol L⁻¹ , silício através dos extratores ácido acético 0,5 mol L⁻¹ e, CaCl_2 a 0,01 mol L⁻¹ , Cálcio e Magnésio

em $\text{KCl } 1 \text{ mol L}^{-1}$, $\text{H} + \text{Al}$ em SMP, Soma de bases (SB), Capacidade de troca catiônica e saturação por bases (V%). Os teores de silício extraídos com ácido acético foram muito superiores comparativamente ao extraído em CaCl_2 , indicando a tendência que o ácido acético possui em superestimar a disponibilidade de silício no solo. As fontes de silício A&W, Recmix e CSN AF apresentaram maior disponibilidade de silício no solo. No entanto a fonte CSN AF, para a correção do pH foi inferior aos demais tratamentos. A maior liberação de Ca foi pela fonte A & W que não se diferiu do CaCO_3 p.a e calcário calcítico. Já, para o Mg os maiores teores, foram para o calcário dolomítico e para a fonte Recmix. As fontes silicatadas A & W, Recmix e Acesita foram juntamente com o carbonato de cálcio e o calcário calcítico, as mais eficientes para a correção da acidez de solo, elevação da SB, CTC e saturação por bases, indicando boa eficiência dessas fontes.

1. INTRODUÇÃO

A maioria dos solos cultivados nas regiões tropicais apresenta-se em condições de elevado grau de acidez, o que caracteriza o principal fator de degradação química do solo. Esses solos apresentam pH baixo, concentração de alumínio em níveis tóxicos, alta capacidade de adsorção de ânions, especialmente fosfatos, resultando em menor absorção dos nutrientes e água, devido ao menor volume de solo explorado.

A correção da acidez do solo é efetuada com a aplicação de produtos que liberam ânions, capazes de neutralizar os prótons que promovem a acidificação (H^+ e Al^{+3}) da solução do solo. Assim, é necessário, que sejam utilizados corretivos que possuam componentes básicos para gerar ânions e promover a neutralização da acidez.

Os materiais empregados como corretivos de acidez são basicamente os óxidos, hidróxidos, silicatos e carbonatos de cálcio e magnésio.

Da mesma forma como o calcário, alguns resíduos siderúrgicos tem sido utilizados com sucesso na correção da acidez do solo. Seus constituintes são o silicato de cálcio - $CaSiO_3$ e o silicato de magnésio - $MgSiO_3$. A alta

concentração de silicatos de Ca e Mg nas escórias possibilitam sua utilização como corretivo de acidez de solo e como fonte de Ca e Mg para as plantas.

De modo geral, uma fonte de silício indicada para o uso agrícola apresenta altos teores de Si solúvel com alta reatividade, facilidade de aplicação (densidade alta), boa relação cálcio e magnésio e altos teores de CaO e MgO, baixo custo e ausência de potencial de contaminação do solo com metais pesados. No mercado agrícola existem vários produtos comercializados como fontes de silício, no entanto, é necessário investigar e identificar as fontes com maior potencial, observando se essas apresentam as características acima mencionadas.

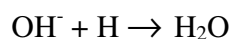
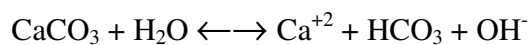
Visto a importância do uso dos silicatos na agricultura foi feito um experimento cujos objetivos foram avaliar o efeito corretivo de diferentes fontes de silicatos comparado ao CaCO_3 e diferentes fontes de calcário, bem como, avaliar metodologias de análises de silício e os efeitos dos produtos nas características químicas do solo.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1- Silício no solo

Os solos do Cerrado são altamente intemperizados, com alto potencial de lixiviação, baixa saturação de bases, baixos teores de Si trocável e baixa relação (Ki) $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ e (Kr) Sílica/Sesquióxidos de Fe e Al apresentando portanto, baixa capacidade de fornecimento de Si disponível para as plantas (Brady, 1992; Silva, 1973; Soils and Rice, 1978). Estes solos apresentam como características: baixa fertilidade natural e alta acidez, além de possuírem elevados teores de sesquióxidos de Fe e Al que contribuem para a alta capacidade de adsorção de fósforo que pode ser reduzida com a adubação silicatada, pois solos dessa natureza uma vez corrigidos quimicamente, apresentam grande potencial agrícola.

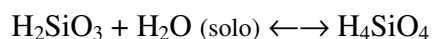
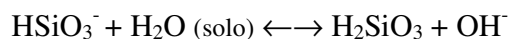
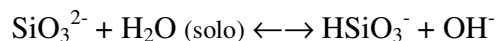
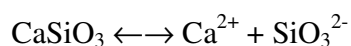
Os materiais empregados como corretivos de acidez são basicamente os óxidos, hidróxidos, escórias e carbonatos de Ca e Mg (Malavolta, 1980). O calcário é o material mais usado, entretanto para que haja a correção da acidez do solo, o mesmo necessita dissolver-se em água, conforme a reação abaixo (Bohnen, 2000):



Assim como, o calcário o uso silicatos de cálcio e magnésio, vem demonstrando efetiva correção da acidez do solo, atuando nas reduções de toxicidade do Fe, Mn e Al, para as plantas (Queiroz, 2003).

As escórias utilizadas na agricultura liberam cálcio e/ou magnésio em solução, além de ânions (SiO_3^{-2}) que apresentam a mesma valência que o carbonato (CO_3^{-2}) proveniente do calcário. Assim, percebe-se que a utilização de escórias apresenta o mesmo potencial corretivo da acidez do solo que o calcário. (Nolla, 2004)

O mecanismo de correção da acidez pela escória resulta na formação de ácido monossilícico (H_4SiO_4), que se dissocia menos que os H^+ adsorvidos ao complexo de troca, e por isso, o pH do solo se eleva, conforme a equação descrita por Alcarde, 1992.



A hidrólise do ânion silicato promove uma liberação de hidroxilas, conforme mostram as equações acima, promovendo a elevação do pH. Aumenta também o fenômeno da adsorção de Si (H_4SiO_4) com a elevação do pH, uma vez que esse fica carregado

negativamente devido a ionização do ácido, estando mais susceptível as forças de adsorção (WALLACE, 1993).

Segundo Arantes (1997) os solos de cerrados são extremamente intemperizados e possuem baixo Si disponível. Nestas condições é de se esperar resposta para aplicação de Si na forma de fertilizantes principalmente e/ou corretivos silicatados quando aplicado em plantas acumuladoras de Si como é caso da maioria das gramíneas. As escórias possuem componentes neutralizantes que são constituídas principalmente de silicatos de Ca e Mg, comportando-se de forma semelhante aos calcários e, apresentam ainda, elevados teores de micronutrientes, justificando sua utilização como fertilizante.

Do ponto de vista agrônômico, as principais formas de Si presentes no solo são: Si solúvel (H_4SiO_4 – ácido monossilícico) que desprovido de carga elétrica tem interessantes conseqüências no comportamento da sílica com relação aos vegetais (RAIJ & CAMARGO, 1973); Si adsorvido no solo ou precipitado com óxidos de ferro e alumínio e os minerais silicatados (cristalinos ou amorfos). A solubilidade destes minerais depende da temperatura, pH, tamanho de partícula, composição química e presença de rachaduras (rupturas) na sua estrutura. A dissolução destes minerais também é afetada por fatores de solo tais como: matéria orgânica, teor de umidade, potencial de óxido - redução e sesquióxidos.

2.2- Extratores de Silício

Vários métodos de extração de Si, já foram propostos, porém estudos recentes indicam que alguns extratores, como o ácido acético extrai mais Si da fonte do que realmente possuem (Queiroz, 2003).

A definição do extrator é um aspecto fundamental a ser considerado na recomendação de adubos contendo Si. Vários extratores podem ser utilizados, tais como a solução tampão de acetato sódio a pH 4 a mais comum no Japão (Sumida, 2002). Por outro lado, o ácido acético $0,5 \text{ mol L}^{-1}$ é o extrator mais usado nos Estados Unidos (Snyder et al., 2001) e no Brasil (Korndöfer et al., 1999). O cloreto de cálcio $0,01 \text{ mol L}^{-1}$ é utilizado na Austrália, apresentando alta correlação entre o silício do solo e o absorvido pelas plantas (Berthelsen et al., 2002). Outros extratores também podem ser utilizados como água, fosfato acidificado (Khalid et al., 1978), NaCl e MgSO_4 (Raij & Camargo, 1973).

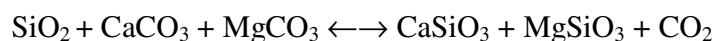
Camargo et. al. (2003) estudou a disponibilidade de silício em amostras de solo da região do Triângulo mineiro, incubados a 80% da capacidade de campo, por 90 dias com doses equivalentes a aplicação de 0; 2; 4 e 6 ton. ha^{-1} de calcário. A calagem proporcionou aumento nos teores de silício extraído em ácido acético para todos os solos estudados o que também ocorreu para os teores de silício extraídos com CaCl_2 $0,01 \text{ mol L}^{-1}$ nos solos arenosos. Entretanto nos solos argilosos e muito argilosos os teores de Si extraídos com CaCl_2 $0,01 \text{ mol L}^{-1}$ diminuíram com as doses de calcário.

2.3- Fontes de silício

Entre as fontes de Si mais utilizadas, se encontram a wollastonita, escórias de siderurgia, silicato de cálcio (sub-produto da produção do fósforo elementar) e o cimento (Snyder et al., 1986). Quanto à quantidade de silicatos a ser aplicada ao solo, essa deve ser baseada em qualquer um dos métodos de recomendação de calagem, isso porque os silicatos de Ca e Mg apresentam comportamento e composição semelhantes ao dos carbonatos, podendo substituir os calcários com vantagens. Em solos com pH e/ou

saturação de bases em níveis desejáveis, visando exclusivamente, o fornecimento de Si, não aplicar doses superiores de 800 kg ha⁻¹ de silicato (Korndörfer et al., 2002). Doses de Si depende da fonte, do tipo de solo e da cultura em questão.

As escórias siderúrgicas são as fontes mais abundantes e baratas de silicatos. As escórias da siderurgia de ferro e aço são originárias do processamento em altas temperaturas, geralmente acima de 1900° C, da reação do calcário (calcítico, magnesiano ou dolomítico) com a sílica (SiO₂) presente no minério de ferro (Korndörfer et al., 2002):



O material fundido é resfriado ao ar ou na água, sendo posteriormente seco e moído. Para cada 4 toneladas de ferro-gusa para uma tonelada de escória de alto forno (Coelho, 1998).

A elevada demanda de ferro pelas indústrias siderúrgicas tem aumentado a geração de resíduos, na forma de escórias, o que vem ocasionando um grave problema ambiental. Uma alternativa bastante viável para o aproveitamento de parte desses subprodutos acumulados pelas indústrias, tem sido o uso das escórias na agricultura como corretivo da acidez do solo, o que contribui para reduzir os depósitos de resíduos, onde o solo torna-se estéril após a estocagem do material ao longo prazo. O uso de escórias como corretivo de solo e fonte de Si, além de diminuir o passivo ambiental da indústria siderúrgica também contribui para reduzir o consumo de calcário. O calcário é um mineral retirado da natureza e, portanto não renovável. A área de solo onde se extrai o minério (calcário) é totalmente degradada não se podendo mais cultivar e reaproveitar para outros fins. Por outro lado, a

reação do calcário no solo produz gás carbônico (CO_2) o qual contribui para aumentar o "efeito estufa" o que não acontece com o silicato. (Nolla, 2004)

As escórias são ricas em Ca e Mg e apresentam ainda, em sua composição, alguns dos principais macro e micronutrientes requeridos em plantações florestais e na agricultura, como o P, o Fe e o Mn (Von Kluger, 1989).

Alguns agregados siderúrgicos (fonte de Si) podem apresentar altos teores de metais pesados na sua composição. O uso desse tipo de material deve ser evitado para não contaminar o solo. Entretanto existem materiais derivados da indústria siderúrgica que apresentam baixo teores de metais podendo em alguns casos apresentar níveis inferiores ao de calcários comercializados (Korndörfer et al., 2002).

Os agregados siderúrgicos de alto forno, possuem maiores quantidades de metais pesados, porém possuem teores elevados de SiO_2 . Apesar de possuírem maiores teores de Si, as escórias de alto forno apresentam baixa solubilidade, enquanto que, as de aciarias (produção de aço) apresentam menores teores de Si, mas de maior solubilidade e ainda apresentam menores teores de metais pesados (Korndörfer et al., 2002).

A escória de alto forno apresenta maior liberação de K e a de aciaria maior disponibilidade de Ca. A granulometria mais fina permite a ambas uma maior reatividade com o solo, tanto nos arenosos como nos argilo-arenosos (Novais et al., 1993). Escórias de alto forno com partículas menores que 0,3mm são mais eficientes no fornecimento de Ca e Mg para o solo, enquanto que as mais grosseiras, com partículas maiores que 2 mm, são as menos efetivas (Oliveira et al., 1994).

Segundo Korndörfer et al. (2002), um silicato recomendado para uso agrícola deve possuir as seguintes características:

- Altos teores de Si "solúvel" com disponibilidade imediata;
- Altos teores de CaO e MgO;
- Alta reatividade (Poder de Neutralização);
- Boas propriedades físicas - granulometria fina e de fácil aplicação (densidade alta);
- Efeito residual prolongado;
- Baixos teores de contaminantes (metais pesados e radioativos);
- Baixo custo.

Comparada ao calcário, a eficiência agronômica da escória varia de acordo com a granulometria, a dosagem, o tipo de solo e o tempo de contato com o solo (Piau, 1991; Novais et al., 1993; Amaral Sobrinho et al., 1993; Oliveira et al., 1994).

Então, silicatos de cálcio e magnésio, por apresentarem comportamento e composição semelhantes, podem perfeitamente substituir os calcários com algumas vantagens, pois além dos efeitos benéficos no solo, como: correção da acidez; aumento dos teores de Ca e Mg; aumento da disponibilidade de fósforo; redução do efeito tóxico do ferro (Fe), manganês (Mn) e alumínio (Al); aumento do teor de Si, com efeito residual e aumento da saturação por bases, ainda proporciona vários efeitos benéficos às plantas, como: maior absorção de Si; maior absorção de Ca e Mg; redistribuição do manganês na planta; maior resistência da parede celular; maior resistência ao acamamento; folhas mais eretas, com maior taxa fotossintética; maior resistência ao ataque de doenças, principalmente doenças causadas por fungos; maior resistência ao ataque de pragas (sugadores e mastigadores, principalmente); redução dos efeitos da geada; evapotranspiração regulada (menor perda de água) e aumento da produtividade (Korndörfer et al. 2002).

3. MATERIAL E MÉTODOS

Para determinar a reatividade e o efeito corretivo das fontes de Si (escórias), das fontes de calcário e do CaCO_3 , estudos de incubação foram conduzidos utilizando-se 4 classes de solos característicos da região do Triângulo Mineiro, coletados sob vegetação nativa do cerrado. Eles são classificados são como Latossolo Vermelho Distrófico (LVd) de Uberlândia, Latossolo Vermelho Distrófico (LVd) de Monte Alegre, Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico (LAd), e Neossolo Quartzarênico Órtico (RQo), os quais suas características físicas e químicas estão descritas nas tabelas 1, 2 e 3. Os estudos de incubação foram conduzidos segundo metodologia descrita por Medina-Gonzales et al. (1988). Os tratamentos no estudo de incubação consistiram de fontes silício, calcários e carbonato de cálcio, como mostra a tabela 4.

Tabela 1. Classificação, localização, horizontes, profundidades de amostragens e material de origem dos solos estudados.

Classificação dos solos	Local de coleta	Horiz.	Prof. (cm)	Material de origem
1 - Latossolo Vermelho Distrófico típico (LVd)	Uberlândia	B	52-65	Sedimentos
2 - Latossolo Vermelho Distrófico típico (LVd típico)	Monte Alegre	B	32 – 72	Arenito
3 - Latossolo Vermelho - Amarelo Distrófico típico (LVAd)	Uberaba	A	0 – 27	Arenito
4 - Neossolo Quartzarênico Órtico típico (RQo típico)	Santa Vitória	A	0 – 19	Arenito

Tabela 2. Classes, horizontes e texturas .

Classe	Horiz.	Argila	Silte	Areia Fina	Areia Grossa
		----- % -----			
1 - Latossolo Vermelho Distrófico típico (LVd)	B	88	1	5	6
2 - Latossolo Vermelho Distrófico típico (LVd típico)	B	20	1	49	30
3 - Latossolo Vermelho - Amarelo Distrófico típico (LVAd)	A	26	1	41	32
4 - Neossolo Quartzarênico Órtico típico (RQo típico)	A	12	0	23	65

Tabela 3. Análises químicas dos solos. (Camargo, 2003).

Classificação	Procedência	Matéria Orgânica %	P mg kg ⁻¹	V%	Si mg kg ⁻¹	pH CaCl ₂	Ca	Mg	K	CTC
							----- cmolc dm ⁻³ -----			
LVd (hor. B)	Uberlândia	2,9	0,2	2,9	24	3,9	0,0	0,1	0,0	5,0
LVdt (hor. B)	M.Alegre	0,6	0,7	1,0	5	3,8	0,2	0,0	0,0	7,1
LVAd (hor. A)	Uberaba	0,9	2,3	2,2	6	3,9	0,1	0,0	0,0	3,8
RQo típico	S. Vitória	0,9	0,3	4,4	3	3,8	0,1	0,0	0,1	2,5

(1) pH em água (1:2,5). Cálcio e Magnésio (KCl molL⁻¹). Potássio (Melich 1), Si (ácido acético 0,5molL⁻¹).

O experimento foi instalado na casa de vegetação do Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Uberlândia, onde os solos foram secos ao ar e peneirados. Os tratamentos, foram aplicados em 250 g de solo, incubados em recipientes plásticos. O delineamento utilizado foi inteiramente casualizado, com quatro repetições. Em seguida, o solo foi umedecido até 80% da capacidade de campo para que as reações químicas

ocorressem. A quantidade de água aplicada para cada solo foi 60ml, 100ml, 80ml e 110ml por pote para os solos RQo, LAd, LVd Monte Alegre e LVd Ubelândia, respectivamente. Somando-se a água aplicada ao peso do solo tem-se então 310g para a RQo, 350g para o LAd, 330g para o LVd Monte Alegre e 360g por pote para o LVd de Ubelândia. Estes pesos serviram como parâmetro para se verificar a evaporação de água, a qual era verificada uma vez por semana, para que pudesse ser repostada.



Figura 1. Experimento de Incubação de solo com escórias. (Método descrito por Medina-Gonzales et al. (1988))

Para a realização do estudo foram selecionadas fontes com elevado teor de Si mas com diferente capacidade de liberação de silício ao solo. O potencial corretivo das fontes foi comparado ao CaCO_3 p.a e a duas fontes de calcário (calcítico e dolomítico). Os materiais foram caracterizados quanto a teores de Si-total, Ca, Mg e PN, conforme apresentados na Tabela 4.

A fonte padrão de comparação foi o CaCO_3 p.a em uma dose de 3000 kg ha^{-1} . As demais fontes foram secas e peneiradas em malha de 50 mesh, a dose de cada uma foi corrigida função do PN-determinado como apresentado na Tabela 4.

Tabela 4. Características das fontes e doses de cada tratamento.

Material	SiO ₂ Total	CaO	MgO	PN calculado	PN Determinado	Doses
	----- g kg ⁻¹ -----			Eq(%)	CaCO ₃	kg ha ⁻¹
Testemunha	-	-	-	-	-	-
A & W	461,1	435,0	6,8	79,6	63,0	4760
CSN AF	333,8	425,3	52,3	89,1	87,5	3450
Acesita	100,9	564,2	57,8	115,3	118,5	2530
Recmix	232,2	367,0	94,3	89,1	87,5	3430
Açominas	111,9	276,3	28,5	56,6	91,5	3280
CaCO ₃	-	559,5	-	100,1	99,6	3000
Cal. Calcítico	-	438,0	6,6	80,1	77,4	3880
Cal. Dolomítico	-	243,0	160,0	83,5	79,1	3790

Após 90 dias de incubação, amostras homogêneas de solo foram retiradas dos recipientes plásticos, secas ao ar e depois analisadas quanto ao Si "disponível" pelos métodos de extração com ácido acético 0,5 mol L⁻¹ (Korndörfer et. al, 1999) e CaCl₂ a 0,01mol L⁻¹; pH em CaCl₂, Ca e Mg (extração com KCl mol L⁻¹) e H +Al (pH SMP). Depois avaliaram-se as metodologias de análise de Si e os efeitos dos produtos nas características químicas do solo, como Soma de Bases (SB), Capacidade de Troca Catiônica (CTC) e Saturação por Bases (V%).

Os resultados foram avaliados estatisticamente fazendo-se teste Tukey.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1- pH

Todos os tratamentos foram capazes de corrigir o pH dos solos comparado a testemunha, sendo que com o CaCO_3 p.a obteve-se maior valor de pH, porém não diferindo estatisticamente da fonte Acesita em todos os tipos de solo (Tabela 5). Já, para o solo LVd (Udi), apenas a fonte CSN AF não foi eficiente na correção do pH como os demais tratamentos, porém apresentando pH superior ao da testemunha. E, ainda a fonte CSN AF foi a que apresentou menor correção de pH para todos os solos, indicando que este material apresenta uma menor reatividade. Comparando-se as fontes de Si com os calcários, pode-se observar que as escórias siderúrgicas apresentaram eficiência semelhante aos calcários para a correção dos solos. Depois da Acesita os valores de pH mais altos foram Calcário Calcítico e Recmix.

Tabela 5. pH extraído com CaCl_2 $0,01 \text{ mol.L}^{-1}$ após 90 dias de incubação em 4 diferentes tipos de solo.

Tratamentos	Solos				Média
	LVd (Udi)	LVd (M.Alegre)	LVAd	RQo	
	pH (CaCl_2)				
Testemunha	4,6C	3,9F	4,2D	3,7F	4,1E
A & W	6,7A	6,1D	6,0B	6,2BCD	6,3C
CSN AF	6,0B	5,6E	5,5C	5,0E	5,5D
Açominas	6,5A	6,6C	6,2AB	6,1CD	6,4C
Recmix	6,7A	6,6C	6,6A	6,5ABC	6,6B
Acesita	6,8A	7,1AB	6,4AB	6,6AB	6,7AB
CaCO_3	6,9A	7,3A	6,6A	6,7A	6,9A
Cal. Calcítico	6,8A	6,8BC	6,5A	6,3ABCD	6,6B
Cal. Dolomítico	6,6A	6,2D	6,1B	5,9D	6,2C
C.V. (%)					3,03
Dms 5%		0,42			0,21

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si ao nível de significância indicado pelo Dms. 5%

4.2- Silício em ácido acético

Houve aumentos nos teores de Si para todos os solos e em todos os tratamentos (Tabela 6), sendo que os tratamentos com CaCO_3 p.a, Calcário Calcítico e Calcário Dolomítico foram os que apresentaram teores mais baixos sendo que o CaCO_3 p.a e o Calcário Calcítico diferiram da testemunha apenas no solo LVd (M. Alegre), e na média geral dos solos apenas o Calcário Dolomítico não diferiu da testemunha, estes são tratamentos que não possuíam Si na sua composição. No entanto houve um pequeno acréscimo do elemento no solo, provavelmente devido ao efeito do pH em que valores mais elevados de pH provocam alterações no equilíbrio entre o monossilicato e os polissilicatos do solo .

A fonte que apresentou maior teor de Si foi CSN AF seguida pela A & W e Recmix. Apesar da fonte CSN AF ter apresentado maior teor de Si, apresentou menor correção de pH. O Si não está disponível na solução do solo, isso acontece pelo fato do

extrator ácido acético conseguir extrair Si de frações não solúveis provenientes do silicato ainda não reagido no solo.

Tabela 6. Teores médios de Si extraído com Ácido Acético após 90 dias de incubação em 4 diferentes tipos de solo.

Tratamentos	Solos				Média
	LVd (Udi)	LVd (M.Alegre)	LVAd	RQo	
	mg kg ⁻¹				
Testemunha	15,2D	6,9F	6,8EF	4,4F	8,3F
A & W	91,4B	79,4B	120,0B	71,0B	90,5B
CSN AF	210,9A	210,4A	204,4A	233,8A	214,9A
Açominas	35,0D	44,1CD	27,2CDEF	30,7CDE	34,2DE
Recmix	58,3C	63,8BC	45,8C	51,8BC	54,9C
Acesita	35,4D	52,3CD	32,6CD	36,0CD	39,1D
CaCO ₃	26,6D	41,8DE	24,2DEF	18,9DEF	27,9E
Cal. Calcítico	26,2D	35,8DE	27,8CDE	17,4DEF	26,8E
Cal. Dolomítico	20,0D	20,9EF	6,4F	10,7EF	14,5F
C.V. (%)					16,82
Dms 5%	21,28				5,86

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si ao nível de significância indicado pelo Dms. 5%

4.3- Silício em CaCl₂ 0,01 mol L⁻¹

Houve um acréscimo de Si disponível no solo, quando extraído com CaCl₂ 0,01 mol L⁻¹, porém os teores são muito mais baixos quando comparados aos teores extraídos com ácido acético (Tabela 7). Isso foi observado por Vidal,(2003), trabalhando com 14 fontes de Si para a cultura do arroz. Queiroz (2003) utilizando como extratores a água e o ácido acético observou que o ácido acético extraiu mais silício do solo. Estes resultados indicam que o extrator ácido acético possa estar superestimando os resultados em solos que receberam silicatos recentemente. Este fato pode ser explicado pela desestabilização provocada pela acidez do ácido acético que complexaria o alumínio, liberando silício para a solução do solo.

A fonte que apresentou maior teor de Si foi A & W seguida pela Recmix e CSN AF. Os tratamentos CaCO_3 p.a, Calcário Calcítico e Calcário Dolomítico, apresentaram aumento no teor de Si se diferenciando da testemunha nos solos LVd (M. Alegre) e RQo. Já para os solos LVd (Udi) e LVAd, apenas o CaCO_3 se diferenciou da testemunha. Estes corretivos não possuem Si na sua composição, no entanto houve um incremento na disponibilidade deste elemento. Isso pode ser explicado em parte pela despolimerização de compostos de Si e dissociação de monômeros (H_4SiO_4), aumentando assim os teores no solo com a elevação do pH.

Para o solo LVd (Udi), houve uma redução do teor de Si extraído com CaCl_2 0,01 mol L^{-1} nos tratamentos calcário calcítico e calcário dolomítico. Uma hipótese para explicar este fato é que pode ter ocorrido uma interação entre o teor de argila e o teor de Si, em que o solo LVd (Udi) é argiloso, sendo que possivelmente o Si na solução do solo foi adsorvido pelo solo.

Tabela 7. Teores médios de Si extraído com CaCl_2 0,01 M após 90 dias de incubação em 4 diferentes tipos de solo.

Tratamentos	Solos				Média
	LVd (Udi)	LVd (M.Alegre)	LVAd	RQo	
	mg kg^{-1}				
Testemunha	2,5E	2,1F	2,5E	0,6F	1,9G
A & W	15,3A	12,0A	9,9A	6,4A	10,9A
CSN AF	6,8C	7,1C	5,2D	2,7CDE	5,5C
Açominas	4,6D	5,8D	5,5D	3,3CD	4,8D
Recmix	8,2B	8,7B	7,8B	4,7B	7,4B
Acesita	4,8D	5,7D	6,5C	3,5C	5,1CD
CaCO_3	3,9D	3,6E	4,5D	2,2E	3,5E
Cal. Calcítico	2,4E	4,0E	3,1E	2,5DE	3,0F
Cal. Dolomítico	2,4E	3,9E	2,8E	1,7E	2,7F
C.V. (%)					9,30
Dms 5%	1,04				0,52

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si ao nível de significância indicado pelo Dms. 5%

4.4- Cálcio no solo

O tratamento que liberou menos Ca foi o calcário dolomítico devido a uma menor concentração deste elemento na sua composição. Porém, diferiu estatisticamente da testemunha, seguido pela CSN AF e Recmix (Tabela 8). O tratamento que mais liberou Ca na média dos quatro solos foi a fonte A & W não diferindo do CaCO_3 p.a e Calcário Calcítico. Era de se esperar que a maior liberação de Ca fosse do corretivo CaCO_3 p.a, pois foi o corretivo com maior correção de pH do solo, mas isto não ocorreu. Este fato ocorreu provavelmente devido a maior dose da fonte A&W, que forneceu 23% mais Ca que o carbonato. No entanto todos os tratamentos demonstraram capacidade de liberação de cálcio trocável.

Tabela 8. Teores médios de Ca extraído com KCl 1 mol L⁻¹ após 90 dias de incubação em 4 diferentes tipos de solo.

Tratamentos	Solos				Média
	LVd (Udi)	LVd (M.Alegre)	LVAd cmol _c dm ⁻³	RQo	
Testemunha	0,03D	0,01E	0,01F	0,01F	0,02F
A & W	3,05A	2,87A	7,18AB	7,08A	5,04A
CSN AF	1,33C	1,37CD	3,48D	3,23E	2,35D
Açominas	2,38A	2,18ABC	6,35BC	5,43CD	4,08C
Recmix	2,34AB	1,88BCD	5,80C	4,78D	3,70C
Acesita	2,74A	2,55AB	6,48BC	6,43AB	4,55B
CaCO_3	2,79A	2,71AB	7,05AB	6,33AB	4,72AB
Cal. Calcítico	2,51A	2,49AB	7,60A	6,08BC	4,67AB
Cal. Dolomítico	1,48BC	1,21D	1,53E	2,75E	1,74E
C.V. (%)					11,74
Dms 5%	0,90				0,45

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si ao nível de significância indicado pelo Dms. 5%

4.5- Magnésio no solo

Obteve-se maior concentração de magnésio quando foi usado calcário dolomítico , devido a alta concentração deste elemento na sua composição (Tabela 9). Em seguida, está a fonte Recmix, que apresentou uma boa liberação de Mg, o que já era esperado devido a sua alta concentração no material (tabela 4), não se diferenciando do calcário dolomítico no solo LVAd. As fontes Acesita e CSN AF apresentaram aumentos no teor de Mg. Enquanto que a fonte A&W, calcário calcítico e CaCO_3 , foram os que apresentaram menor disponibilidade, devido a sua baixa ou nenhuma concentração em óxido de magnésio.

Tabela 9. Teores médios de Mg extraído com KCl após 90 dias de incubação em 4 diferentes tipos de solo

Tratamentos	Solos				Média
	LVd (Udi)	LVd (M.Alegre)	LVAd	RQo	
			$\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$		
Testemunha	0,01D	0,02D	0,43DE	0,50D	0,24E
A & W	0,01D	0,02D	0,13G	0,43D	0,14E
CSN AF	0,24C	0,26C	1,03C	0,98C	0,62C
Açominas	0,18CD	0,16CD	0,63D	0,80C	0,44D
Recmix	0,77B	0,65B	1,73A	1,95B	1,27B
Acesita	0,14CD	0,16CD	1,33B	0,83C	0,61C
CaCO_3	0,01D	0,01D	0,35EF	0,33D	0,18E
Cal. Calcítico	0,02D	0,03D	0,15FG	0,45D	0,16E
Cal. Dolomítico	1,12A	0,89A	1,70A	2,43A	1,53A
C.V. (%)					16,51
Dms 5%		0,21			0,11

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si ao nível de significância indicado pelo Dms. 5%

4.6- H + Al no solo

Os corretivos de solo demonstraram eficiência na correção da acidez potencial do solo, ocorrendo uma redução significativa nos teores de H + Al (Tabela 10). Sendo que a fonte CSN AF apresentou menor eficiência em relação aos demais tratamentos. O

tratamento que apresentou o melhor resultado foi o CaCO_3 p.a, que não diferiu das fontes Acesita, Recmix e calcário calcítico, indicando uma boa eficiência dessas fontes.

Tabela 10. Teores médios de H + Al extraído em solução SMP após 90 dias de incubação em 4 diferentes tipos de solo

Tratamentos	Solos				Média
	LVd (Udi)	LVd (M.Alegre)	LVAd	RQo	
			cmol _c dm ⁻³		
Testemuna	4,00A	3,00A	4,05A	3,00A	3,51A
A & W	1,88C	1,40B	1,85BC	1,05D	1,54CD
CSN AF	2,48B	1,43B	1,98B	1,68B	1,89B
Açominas	2,00C	1,18BCD	1,60CD	1,20CD	1,49DE
Recmix	1,88C	1,05CD	1,60CD	1,05D	1,39EF
Acesita	1,78C	1,03D	1,60CD	1,08D	1,37EF
CaCO_3	1,75C	1,00D	1,35D	1,00D	1,28F
Cal. Calcítico	1,75C	1,10CD	1,48D	1,25CD	1,39EF
Cal. Dolomítico	1,95C	1,30BC	1,88B	1,38C	1,63C
C.V. (%)					6,70
Dms 5%		0,26			0,13

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si ao nível de significância indicado pelo Dms. 5%

4.7- Soma de bases no solo

A maior soma de bases (SB) após 90 dias de incubação ocorreu com a fonte A & W, embora não tenha sido a fonte com a maior correção do pH. As fontes com maior liberação de Si apresentaram as maiores SB (Tabela 11), mas não diferiram da fonte de carbonato puro. Isto poderia ser explicado pela maior dose aplicada da fonte A & W que apresentou maior teor de cálcio, mas não explica este efeito na fonte Acesita. Isto dá indícios de alguma alteração além do pH, também nas cargas elétricas do solo.

Tabela 11. Teores médios de SB após 90 dias de incubação em 4 diferentes tipos de solo.

Tratamentos	Solos			RQo	Média
	LVd (Udi)	LVd (M.Alegre)	LVAd cmol _c dm ⁻³		
Testemunha	0,06C	0,04C	0,51D	0,55F	0,29D
A & W	3,07A	2,90A	7,37A	7,55A	5,22A
CSN AF	1,60B	1,66B	4,57B	4,25E	3,02C
Açominas	2,58A	2,35AB	7,04A	6,26C	4,56B
Recmix	3,12A	2,53AB	7,60A	6,76ABC	5,00AB
Acesita	2,89A	2,72A	7,87A	7,29AB	5,19A
CaCO ₃	2,81A	2,74A	7,46A	6,69ABC	4,93AB
Cal. Calcítico	2,54AB	2,53AB	7,81A	6,57BC	4,86AB
Cal. Dolomítico	2,60A	2,12AB	3,29C	5,21D	3,30C
C.V. (%)					10,47
Dms 5%	0,94				0,47

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si ao nível de significância indicado pelo Dms. 5%

4.8- CTC no solo

O carbonato, os calcários e os silicatos aumentaram a CTC dos solos em relação a testemunha. As fontes A & W, Acesita e Recmix foram as que apresentaram maior aumento na CTC, na media geral dos solos (Tabela 12). A CTC do solo determinada pelo SMP estima a CTC a pH 7, mesmo o solo estando ácido a testemunha deveria apresentar uma CTC próxima ao demais tratamentos. Isto dá indícios que a metodologia usada também pode não ter sido a mais adequada, pois no calculo da CTC a SB pode estar sendo superestimada devido a análise de Ca e Mg que não estão fazendo parte do complexo de troca. De qualquer forma é animador os efeitos sobre a CTC das fontes com maior liberação de Si, pois quando se comparou ao carbonato verificou-se aumento da CTC, mesmo em fontes onde as doses da soma de Ca e Mg foram menores ao carbonato como a Acesita e a Recmix.

Tabela 12. Teores médios de CTC após 90 dias de incubação em 4 diferentes tipos de solo.

Tratamentos	Solos				Média
	LVd (Udi)	LVd (M.Alegre)	LVAd	RQo	
	cmol _c dm ⁻³				
Testemuna	4,06C	3,04B	4,56C	3,55F	3,80E
A & W	4,95AB	4,30A	9,22A	8,60A	6,77A
CSN AF	4,08BC	3,08B	6,55B	5,93E	4,91D
Açominas	4,58ABC	3,53AB	8,64A	7,46CD	6,05C
Recmix	5,00A	3,58AB	9,20A	7,81ABC	6,40ABC
Acesita	4,67ABC	3,75AB	9,47A	8,36AB	6,56AB
CaCO ₃	4,56ABC	3,74AB	8,81A	7,69BC	6,20BC
Cal. Calcítico	4,29ABC	3,63AB	9,29A	7,82ABC	6,26BC
Cal. Dolomítico	4,55ABC	3,42B	5,16C	6,58DE	4,93D
C.V. (%)					6,88
Dms 5%		0,88			0,44

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si ao nível de significância indicado pelo Dms. 5%

4.9- Saturação por bases no solo

Observando-se as médias de todos os solos praticamente todas as fontes (Tabela 13), incluindo calcário e silicatos, foram capazes de corrigir o solo e elevar a saturação de bases (V%) para valores acima de 70% , com exceção da escória CSN AF, confirmando que o material possui menor reatividade em relação aos demais tratamentos. O CaCO₃, juntamente com as fontes Acesita, Recmix, A&W e o calcário calcítico, demonstraram maior capacidade de elevação da saturação por bases.

No entanto, quando observa-se os solos separadamente, verifica-se que apenas nos solos LVAd e RQo, que a saturação por bases consegue atingir valores acima de 70%, enquanto que nos solos LVd (Udi) e LVd (M. Alegre), o valor da saturação por bases não conseguem atingir valores acima de 70%, em todos os tratamentos, principalmente no solo LVd(Udi) onde todos os valores são abaixo de 63%. Provavelmente isso se deve ao poder tampão dos solos em que quanto maior o poder tampão do solo ocorre menor variação.

Verifica-se então, que os resultados de saturação de bases (V%) demonstram que as fontes silicatadas que liberaram mais silício foram juntamente com o carbonato puro e o Calcário Calcítico as que apresentaram a maior elevação na saturação de bases. Isto vem a confirmar a eficiência dessas fontes, podendo estas, serem utilizadas como corretivos de solo.

Tabela 13. Teores médios de V% após 90 dias de incubação em 4 diferentes tipos de solo.

Tratamentos	Solos				Média
	LVd (Udi)	LVd (M.Alegre)	LVAd	RQo	
	----- % -----				
Testemuna	1,5D	1,4F	11,1D	15,4D	7,3E
A & W	62,1A	67,4BC	79,5A	87,8A	74,2AB
CSN AF	39,2C	53,8E	70,0C	71,7C	58,7D
Açominas	56,3B	66,7CD	81,5A	83,6AB	72,0B
Recmix	62,5A	70,6ABC	82,5A	86,5A	75,5A
Acesita	61,9A	72,6AB	83,1A	87,0A	76,2A
CaCO ₃	61,7A	73,2A	84,6A	87,0A	76,6A
Cal. Calcítico	59,1AB	69,7ABC	84,1A	83,9AB	74,2AB
Cal. Dolomítico	57,2AB	61,9D	63,7B	79,1B	65,5C
C.V. (%)					3,70
Dms 5%		5,31			2,65

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si ao nível de significância indicado pelo Dms. 5%

5. CONCLUSÕES

- As escórias são capazes de corrigir a acidez do solo.
- As melhores fontes de silício no solo, de acordo com a solubilidade nos extratores testados são A&W, Recmix e Acesita.
- O extrator que CaCl_2 extrai menos silício que o ácido acético.
- O extrator ácido acético possui a tendência de superestimar a disponibilidade de silício no solo

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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

AMARAL SOBRINHO, N.B.; VELLOSO, A.C.X.; OLIVEIRA, C.; COSTA, L.M. 1993. Riscos de contaminação por metais pesados em solo tratado com resíduo siderúrgico. **In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIENCIA DO SOLO, 25, 1995.** Resumos Expandidos... Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, p. 2321-2322.

ARANTES, V. A. de. **Aplicação de silício para arroz de sequeiro cultivado em material de solos fase Cerrado.** Uberlândia: monografia apresentada para obtenção de título de Engenheiro Agrônomo. Universidade Federal de Uberlândia, 1997. 42p.

BERTHELSEN, S.; NOBLE, A.; KINGSTON, G.; HURNEY, A.; RUDD, A. **Effect of Ca-silicate amendments on soil chemical properties under a sugarcane cropping system.** In: Silicon In Agriculture Conference, 2., 2002. Anais. Tsuruoka, Japão, Japanese Society of Soil Science and Plant Nutrition, p. 57, 2002.

BOHNEN, H. Acidez do solo: Origem e correção. In: KAMINSKI, J. (Coord.). **Uso de corretivos da acidez do solo no plantio direto.** Pelotas: Núcleo Regional Sul, 2000. p.9-19. (Boletim Técnico, 4).

BRADY, N.C. **The nature and properties of soils.** 10. ed. New York: Macmillan Publishing, p.179-200, 1992.

CAMARGO, M. S.; BARBOSA, D. S.; RESENDE, R. H.; RAMOS, L. A.; VIDAL, A. A.; KORNDÖRFER, G. H.; PEREIRA, H. S.; CORRÊA, G. F. **Disponibilidade de silício em solos: efeito do pH , silício e extratores,** Cd Rom XXIX Congresso Brasileiro de Ciência do solo, 2003.

COELHO, P.E. 1998. **Da escória ao vidro.** Revista Limpeza Pública, no. 49, dez. p. 36-45

KHALID, R.A.; SILVA, J.A. **Residual effect of calcium silicate on pH, phosphorus and aluminium in a tropical soilprofile.** Soil Sci. Pl. Nutr., 26:87-98, 1980.

KORNDÖRFER, G.H.; V.A.; CORRÊA, G.F., et al. **Efeito do silicato de cálcio no teor de silício no solo e na produção de grãos de arroz de sequeiro.** Rev. Bras. Ci. Solo, 23:623-629, 1999.

KORNDÖRFER, G.H.; PEREIRA, H.S. & CAMARGO, M.S. 2002. **Silicatos de Cálcio e magnésio na agricultura:** Uberlândia: Grupo de pesquisa “Silício na Agricultura”. 2002. 23p. (GPSi- ICIAG-UFU. Boletim Técnico, 01).

MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição de plantas.** Piracicaba: Agronômica Ceres, 1980, 251p.

MEDINA-GONZALES, O.A., R.L. FOX, AND R. P. BOSSHART. 1988. **Solubility and availability to sugarcane (Saccharum spp.) of two silicate materials.** Fert. Res. 16:3-13.

NOLLA, A. **Correção da acidez do solo com silicatos.** IN: Simpósio Sobre Silício na Agricultura, 3. , Uberlândia, 2004. (Cd Rom)

NOVAIS, R.F.; BARROS, N.F.; LEITE, F.P.; TEIXEIRA, J.L.; LEAL, P.G.L. 1993. **Eficiência agrônômica de escórias da Siderúrgica Pains.** UFV, Viçosa.

OLIVEIRA, A.C.; HAHNE, H.; BARROS, N.F.; MORAIS, E.J. 1994. **Uso de escória de alto forno como fonte de nutrientes na adubação florestal.** Seminário sobre uso de

resíduos florestais e urbanos em florestas. Botucatu: Fundação de Estudos e Pesquisas Agrícolas e Florestais, p. 77-96.

PIAU, W.C. 1991. **Viabilidade do uso de escórias como corretivo e fertilizantes**. Piracicaba: USP, 1991. 99 p. Dissertação (Mestrado em Energia Nuclear na Agricultura) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.

QUEIROZ, A. A. **Reação de fontes de silício em quatro solos do cerrado**. 2003. 40p. Monografia (Agronomia) - Programa de Graduação em Agronomia, Instituto de Ciências Agrárias, Núcleo de solos, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2003.

RAIJ, B. VAN; O. A. CAMARGO. 1973. **Sílica solúvel em solos**. Baragantia 32:223-236.

SILVA, J.A. **Plant mineral nutrition. Yearbook of Science and tecnologia**. McGraw - Hill Book Co, Inc. 1973.

SNYDER, G. H., D. B. JONES,; G. J. GASCHO. 1986. **Silicon fertilization of rice on Everglades Histosols**. Solo Sci. Soc. Am. J. 50:1259-1263.

SNYDER, G.H. **Methods for silicon analysis in plants, soils and fertilizers**. In: DATNOFF, L.E.; SNYDER, G.H.; KORNDÖRFER, G.H. Silicon in Agriculture, Elsevier: Amsterdam, p.185-196, 2001.

SOIL AND RICE. **International Rice Research Institute**. Los Banos, Phillippines. 825p. 1978.

SUMIDA, H. **Plant available silicon in paddy soils**. In: Silicon In Agriculture Conference, 2, 2002. Anais. Tsuruoka, Japão, Japanese Society of Soil Science and Plant Nutrition, 2002, p.43-49.

VIDAL, A. A. **Fontes de silício para a cultura do arroz**. 2003. 40p. Monografia (Agronomia) - Programa de Graduação em Agronomia, Instituto de Ciências Agrárias, Núcleo de solos, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2003.

VON KLUGER, P. 1989. **Utilização de escória de aciaria LD para agricultura** - uma visão geral. I Seminário Nacional de Aproveitamento de Descartes de Resíduos da Indústria. Salvador.

WALLACE, A. **Participation of silicon in cation-anion balance as a possible mechanism for aluminum and iron tolerance in some Gramineae**. J. Plant Nutri., 16 : 547-553, 1993.

