

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA**  
**INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS**  
**CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL**

**HIGOR TÚLIO CORREA**

**REATIVIDADE E EFICIÊNCIA DO SILICATO DE MAGNÉSIO DE DUNITO  
COMO FONTE DE SILÍCIO**

**Uberlândia**

**2017**

**HIGOR TÚLIO CORREA**

**REATIVIDADE E EFICIÊNCIA DO SILICATO DE MAGNÉSIO DE DUNITO  
COMO FONTE DE SILÍCIO**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de Engenharia Ambiental, da Universidade Federal de Uberlândia, para obtenção do grau de Engenheiro Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. Hamilton Seron Pereira

**Uberlândia**

**2017**

**HIGOR TÚLIO CORREA**

**REATIVIDADE E EFICIÊNCIA DO SILICATO DE MAGNÉSIO DE DUNITO  
COMO FONTE DE SILÍCIO**

Trabalho de conclusão de curso  
apresentado ao curso de Engenharia  
Ambiental, da Universidade Federal  
de Uberlândia, para obtenção do grau  
de Engenheiro Ambiental.

Uberlândia, 16 de Janeiro de 2017.

---

Eng.º Agrônomo M.Sc. Gustavo Alves Santos, UFU/MG

---

Eng.º Agrônomo M.Sc. Bruno Nicchio, UFU/MG

---

Prof. Dr. Hamilton Seron Pereira  
Orientador

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Análise química das amostras dos solos utilizados no experimento.....	10
Tabela 2- Análise física das amostras de solos utilizados no experimento.....	10
Tabela 3- Caracterização química dos fertilizantes em teste.....	10
Tabela 4- Tipo e quantidade de fertilizante aplicada em cada tratamento.....	11
Tabela 5- Teores de Si nas amostras de um Neossolo Quartzarênico Órtico típico (RQo) no 1º cultivo e 2º cultivo.....	13
Tabela 6- Teores de Ca nas amostras de um Neossolo Quartzarênico Órtico típico (RQo) no 1º cultivo e 2º cultivo.....	15
Tabela 7- Teores de Mg nas amostras de um Neossolo Quartzarênico Órtico típico (RQo) no 1º cultivo e 2º cultivo.....	16
Tabela 8- pH em H <sub>2</sub> O nas amostras de um Neossolo Quartzarênico Órtico típico (RQo) no 1º cultivo e 2º cultivo.....	17
Tabela 9- Altura de plantas nas amostras de um Neossolo Quartzarênico Órtico típico (RQo) no 1º cultivo e 2º cultivo.....	18
Tabela 10- Massa seca nas amostras de um Neossolo Quartzarênico Órtico típico (RQo) no 1º cultivo e 2º cultivo.....	19
Tabela 11- Concentração de Si na parte aérea e acumulado em plantas de arroz colhidas no 1º cultivo.....	20
Tabela 12- Concentração de Si na parte aérea e acumulado em plantas de arroz colhidas no 2º cultivo.....	22
Tabela 13- Concentração de Ca na parte aérea e acumulado em plantas de arroz colhidas no 1º cultivo.....	23
Tabela 14- Concentração de Ca na parte aérea e acumulado em plantas de arroz colhidas no 2º cultivo.....	24
Tabela 15- Concentração de Mg na parte aérea e acumulado em plantas de arroz colhidas no 1º cultivo.....	25
Tabela 16- Concentração de Mg na parte aérea e acumulado em plantas de arroz colhidas no 2º cultivo.....	26

Tabela 17- Teores de Si nas amostras de um Latossolo Vermelho Distrófico típico (LVd) no 1° e 2° cultivo.....	27
Tabela 18- Teores de Ca nas amostras de um Latossolo Vermelho Distrófico típico (LVd) no 1° e 2° cultivo.....	29
Tabela 19- Teores de Mg nas amostras de um Latossolo Vermelho Distrófico típico (LVd) no 1° e 2° cultivo.....	30
Tabela 20- pH em H <sub>2</sub> O nas amostras de um Latossolo Vermelho Distrófico típico (LVd) no 1° e 2° cultivo.....	31
Tabela 21- Altura de plantas nas amostras de um Latossolo Vermelho Distrófico típico (LVd) no 1° e 2° cultivo.....	32
Tabela 22- Massa seca nas amostras de um Latossolo Vermelho Distrófico típico (LVd) no 1° e 2° cultivo.....	33
Tabela 23- Concentração de Si na parte aérea e acumulado de plantas de arroz colhidas no 1° cultivo.....	34
Tabela 24- Concentração de Si na parte aérea e acumulado em plantas de arroz colhidas no 2° cultivo.....	36
Tabela 25- Concentração de Ca na parte aérea e acumulado de plantas de arroz colhidas no 1° cultivo.....	37
Tabela 26- Concentração de Ca na parte aérea e acumulado de plantas de arroz colhidas no 2° cultivo.....	38
Tabela 27- Concentração de Mg na parte aérea e acumulado de plantas de arroz colhidas no 1° cultivo.....	39
Tabela 28- Concentração de Mg na parte aérea e acumulado de plantas de arroz colhidas no 2° cultivo.....	40

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1- Teores de Si nas amostras de um Neossolo Quartzarênico Órtico típico (RQo) do 1º cultivo em função da aplicação de doses crescentes de Wollastonita e Silicato.....	13
Figura 2- Teores de Si nas amostras de um Neossolo Quartzarênico Órtico típico (RQo) do 2º cultivo em função da aplicação de doses crescentes de Wollastonita e Silicato.....	14
Figura 3- Concentração de Si na parte aérea de plantas de arroz colhidas no 1º cultivo em função da aplicação de doses crescentes de Wollastonita e Silicato.....	20
Figura 4- Silício acumulado na parte aérea de plantas de arroz colhidas no 1º cultivo em função de doses crescentes de Wollastonita e Silicato.....	21
Figura 5- Teores de Si nas amostras de um Latossolo Vermelho Distrófico típico (LVd) no 1º cultivo em função da aplicação de doses crescentes de Wollastonita e Silicato.....	27
Figura 6- Teores de Si nas amostras de um Latossolo Vermelho Distrófico típico (LVd) no 2º cultivo em função da aplicação de doses crescentes de Wollastonita e Silicato.....	28
Figura 7- Concentração de Si na parte aérea de plantas de arroz colhidas no 1º cultivo em função da aplicação de doses crescentes de Wollastonita e Silicato de Magnésio.....	35
Figura 8- Silício acumulado na parte aérea de plantas de arroz colhidas no 1º cultivo em função da aplicação de doses crescentes de Wollastonita e Silicato.....	36

## Sumário

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	8
<b>2. MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	9
<b>3. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	12
<b>3.1. SOLO ARENOSO</b> .....	12
3.1.1. Si no solo.....	12
3.1.2. Ca no Solo .....	14
3.1.3. Mg no solo .....	15
3.1.4. pH em água .....	16
3.1.5. Altura de plantas .....	17
3.1.6. Massa Seca .....	18
3.1.7. Si na planta .....	19
3.1.8. Ca na planta.....	22
3.1.9. Mg na planta.....	24
<b>3.2. SOLO ARGILOSO</b> .....	26
3.2.1. Si no solo.....	26
3.2.2. Ca no Solo .....	28
3.2.3. Mg no solo .....	29
3.2.4. pH em água .....	30
3.2.5. Altura de plantas .....	32
3.2.6. Massa seca.....	32
3.2.7. Si na planta .....	33
3.2.8. Ca na planta.....	37
3.2.9. Mg na planta.....	38
<b>4. CONCLUSÃO</b> .....	41
<b>5. REFERÊNCIAS</b> .....	41

## RESUMO

O silício (Si) é um elemento abundante na crosta terrestre, no entanto, devido ao cultivo intenso e ao alto grau de intemperismo, os solos perdem quantidades consideráveis desse elemento. Nesses casos, a aplicação de Si por meio de corretivos ou fertilizantes silicatados traz inúmeras vantagens para as plantas, principalmente às gramíneas, que são utilizadas em trabalhos com Si pelo fato de serem plantas acumuladoras desse elemento. O objetivo do trabalho foi comparar a disponibilização de silício, cálcio e magnésio para o solo, seu efeito sobre o pH do mesmo, sua absorção, acúmulo e efeito no desenvolvimento de plantas de arroz, quando provenientes de Silicato de Magnésio de Dunito. Instalou-se um experimento com arroz em casa-de-vegetação, montado em delineamento experimental inteiramente casualizado apresentando um desenho em esquema fatorial 2 (Wollastonita e Silicato de Mg) x 3 (100, 200 e 400 kg ha<sup>-1</sup> de Si) + 1 (Testemunha), sendo sete tratamentos, dois tipos de solo, um Latossolo Vermelho distrófico típico (LVd) e um Neossolo Quartzarênico órtico típico (RQo) e quatro repetições. Foram realizadas análises da concentração de Si, Ca e Mg na parte aérea do arroz e Si, Ca, Mg disponível no solo, bem como os teores de pH do mesmo. As análises de Si no solo e na planta mostram que a aplicação das maiores doses de Wollastonita, resultam em maior disponibilidade do elemento. Nos solos de textura argilosa, a Wollastonita proporcionou maior teor de Si na parte aérea de plantas de arroz, todavia houve também incremento pelo aumento da dose de Silicato de Magnésio. O fornecimento de silício ao solo com Silicato de Magnésio foi semelhante ao da Wollastonita na dose de 100 kg ha<sup>-1</sup> de Si. A produção de massa seca com a Wollastonita foi superior ao Silicato de Magnésio na dose de 400 kg ha<sup>-1</sup>, porém na dose de 100 kg ha<sup>-1</sup> se nota que o Silicato de Magnésio foi mais responsivo, no solo argiloso. Em relação ao Si na parte aérea das plantas de arroz, todos os tratamentos analisados obtiveram resultados significativos em relação a testemunha.

**Palavras-chave:** Silício, Silicato de Magnésio de Dunito, Fontes alternativas de fertilizantes, Cultura de arroz.



## 1. INTRODUÇÃO

O silício é o segundo elemento mais abundante da crosta terrestre, sendo ultrapassado apenas pelo oxigênio. O Si, apesar de não ser considerado um nutriente essencial às plantas, é adotado por diversos autores como elemento benéfico, por apresentar diversos aspectos positivos quando presente nas mesmas, entre eles maior tolerância ao déficit hídrico e menor susceptibilidade a pragas e doenças. (POZZA, 2004).

Ainda que o Si esteja contido no solo em quantidades consideráveis, cultivos consecutivos podem diminuir o nível deste elemento até que sejam necessárias adubações com silício para que se atinjam melhores produções (KORNDORFER; DATNOFF, 1995).

Segundo MA; TAKAHASHI (1990) e KORNDÖRFER; GASCHO (1999), o Si afeta o estado nutricional de culturas como o arroz, mesmo não possuindo função nutricional e fisiológica específica. Confia-se que o Si atue, portanto, na eficiência nutricional das plantas. A absorção do Si traz inúmeras vantagens, principalmente para o arroz (BARBOSA FILHO et al., 2000), mesmo não sendo essencial para o crescimento e desenvolvimento das plantas (EPSTEIN, 1994).

O arroz é acumulador de Si, que, embora não seja considerado elemento essencial, beneficia o crescimento e desenvolvimento da cultura, bem como reduz a transpiração cuticular e aumenta a tolerância das plantas ao ataque de pragas e patógenos (KORNDÖRFER & DATNOFF 1995, LIMA FILHO 2005). Além disso, o Si acumulado no arroz é capaz de reduzir a taxa de transpiração, ocorrendo, assim, uma diminuição do consumo de água pela planta (MARSCHNER, 1995; TAKAHASHI, 1996).

Já muito testado, o arroz é hoje reconhecido como um eficiente acumulador de Si e responde muito bem à fertilização com silicatos. O Silicato de cálcio, por exemplo, é positivo para a cultura do arroz, pelo fato de aumentar sua resistência contra pragas ou doenças, melhorar o rendimento de seus grãos e também pela característica corretiva que desempenha no solo, aumentando a disponibilidade de nutrientes como P, Ca e Mg, que são indispensáveis ao desenvolvimento das plantas (BARBOSA FILHO et al., 2001).

As escórias básicas de siderurgia podem ser utilizadas como corretivos de solo e como fonte de Si e outros nutrientes. São constituídas principalmente de silicatos de Ca e Mg. Os silicatos comportam-se de maneira similar aos carbonatos no solo e são capazes de elevar o pH, neutralizando o Al trocável e outros elementos tóxicos (ALCARDE, 1992). Os silicatos de cálcio e magnésio são resíduos que requerem adequada disposição

final. Dessa forma, uma boa destinação pode ser o uso na agricultura, uma vez que possuem composição e atuação similar aos calcários, podendo substituí-los com eficiência no aumento do pH do solo e como fonte de nutrientes (CLAUSSEN; LENS, 1995; KORNDÖRFER et al., 2004a).

A Wollastonita é um silicato de cálcio natural com altos teores de  $\text{CaSiO}_3$  e alto grau de pureza utilizado como padrão internacional para experimentos com Si (RAMOS, 2005). Já o Dunito é uma rocha ígnea plutônica, de textura fanerítica e também uma rocha ultrabásica com mais de 90% olivina ( $(\text{Mg,Fe})_2\text{SiO}_4$ ) podendo apresentar escasso piroxênio em sua composição. O Dunito, rico em silicato de magnésio, representa o produto de diferenciação de magmas, concentrando os minerais mais pesados e refratários, com mais alta temperatura de fusão, que cristalizam antes na câmara magmática. A concentração desses minerais se dá, geralmente, por gravidade com os minerais pesados afundando no magma em resfriamento e concentrando-se em camadas magmáticas no fundo (DUNITO, 2013).

O objetivo do trabalho foi avaliar a disponibilização de Si, Ca e Mg para o solo, seu efeito no pH do mesmo, sua absorção, acúmulo e efeito no desenvolvimento de plantas de arroz, quando provenientes de Silicato de Magnésio de Dunito.

## **2. MATERIAL E MÉTODOS**

Instalou-se um experimento com a cultura do arroz em casa-de-vegetação, sendo utilizado a variedade de arroz escolhida foi a BRS Primavera, cujas principais características são a precocidade e grãos longo-finos. Esta variedade é indicada para plantio em áreas pouco ou moderadamente férteis, podendo também ser plantada em solos férteis, como aplicação moderada de fertilizantes (BRESEGHELLO et al, 2006).

Foram utilizados dois tipos de amostras, da camada de 0-20 centímetros do solo, sendo um Latossolo Vermelho distrófico típico (LVd) e de um Neossolo Quartzarênico órtico típico (RQo), as quais foram analisadas química e fisicamente, sendo os resultados apresentados nas tabelas a seguir (Tabela 1 e 2).

Tabela 1- Análise química das amostras dos solos utilizados no experimento.

<b>Solos</b>	<b>pH</b>	<b>P</b>	<b>Si</b>	<b>Al<sup>3+</sup></b>	<b>Ca<sup>2+</sup></b>	<b>Mg<sup>2+</sup></b>	<b>SB</b>	<b>T</b>	<b>CTC</b>	<b>V</b>	<b>m</b>
		---mg dm <sup>-3</sup> ---		-----cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> -----						----- % -----	
LVd	4,40	2,00	6,60	0,70	0,20	0	0,26	0,96	7,30	4,00	73,00
RQo	5,00	0,20	2,80	0,50	0,30	0,10	0,45	0,95	2,95	15,00	53,00

P = (HCl 0,05 N + H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,025 N); Al, Ca, Mg = (SPT 1 N); SB = Soma de bases / t = CTC efetiva / T = CTC a pH 7,0 / V = Sat. por Bases / m = Sat. por Al.

Tabela 2- Análise física das amostras de solos utilizados no experimento.

<b>Solo</b>	<b>Areia Grossa</b>	<b>Areia Fina</b>	<b>Silte</b>	<b>Argila</b>
	----- g kg <sup>-1</sup> -----			
LVd - Latossolo Vermelho distrófico típico	90	43	33	834
RQo - Neossolo Quartzarênico órtico típico	626	218	1	155

Análise textural pelo Método da Pipeta (EMBRAPA, 1997).

Os fertilizantes em teste foram caracterizados quimicamente quanto aos seus teores de Si total e Si solúvel segundo metodologia descrita por KORNDORFER et al. (2004b), teor de Ca (CaO) e Mg (MgO), conforme metodologia descrita por EMBRAPA (1997) (Tabela 3).

Tabela 3- Caracterização química dos fertilizantes em teste.

<b>Fonte</b>	<b>Si Total</b>	<b>Si Solúvel*</b>	<b>CaO</b>	<b>MgO</b>
	----- % -----			
Wollastonita (Padrão)	20,7	11,0	42,4	1,9
Silicato de magnésio (Dunito)	18,3	1,4	0	23,5

\* Extração com NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub> + Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> + EDTA.

A disposição da escória está se tornando cada vez mais difícil ambiental e economicamente para o produtor de aço. A utilização desse material é benéfica ao meio ambiente por diversas razões, na medida em que se pode substituir minerais não metálicos cuja extração impacta o meio ambiente, como brita, areia, calcário, rocha fosfática, etc. Primeiramente, o uso da escória de aciaria reduz as necessidades de consumo destes recursos naturais primários e não renováveis. Por outro lado, usar escória significa reduzir a quantidade de material a dispor em aterros ou estocar em pilhas. Adicionalmente, em algumas aplicações, o emprego de escória promove outros benefícios ao meio ambiente (KALYONCU, 2000).

O experimento foi montado em delineamento experimental inteiramente casualizado, apresentou um desenho em esquema fatorial 2 (Wollastonita e Silicato de Mg) x 3 (100, 200 e 400 kg ha<sup>-1</sup> de Si) + 1 (Testemunha). Contando com sete tratamentos e quatro repetições, com cultivos nos diferentes solos citados. A quantidade de cada fonte de silício adicionada aos solos foi calculada com base nos teores totais de Si. A descrição de cada tratamento está apresentada na tabela abaixo (Tabela 4).

Tabela 4- Tipo e quantidade de fertilizante aplicada em cada tratamento.

FONTES	Teor de	Dose de	Dose da fonte
	Si Total	Si	
	----- % -----		----- kg ha <sup>-1</sup> -----
1. Testemunha	0	0	0
2. Wollastonita	20,7	100	483
3. Wollastonita	20,7	200	966
4. Wollastonita	20,7	400	1932
5. Silicato de magnésio	18,3	100	546
6. Silicato de magnésio	18,3	200	1093
7. Silicato de magnésio	18,3	400	2185

O trabalho foi realizado em dois cultivos, onde a diferença entre eles é o efeito residual do primeiro cultivo para o segundo, foi utilizado vasos contendo 5 kg de amostra de terra fina seca ao ar (TFSA), que recebeu tratamento 30 dias antes da semeadura, onde foram adicionados CaCO<sub>3</sub> + MgCO<sub>3</sub> na proporção que cada tratamento exige de forma que todos recebam a mesma quantia de Ca e Mg (considerando as quantidades desses nutrientes provenientes dos produtos aplicados nos tratamentos) e a saturação por bases do solo (V%) ficasse em torno de 60%. Antes da semeadura os solos receberam 45 mg dm<sup>-3</sup> de N, 220 mg dm<sup>-3</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 78 mg dm<sup>-3</sup> de K<sub>2</sub>O, provenientes das fontes mono-amônio-fosfato (MAP) e KCl, respectivamente, e 40 mg dm<sup>-3</sup> do produto FTE BR-12 contendo 9 % Zn; 7,1 % Ca; 5,7 % S; 2 % Mn; 1,8 % B; 0,8 % Cu; 0,1 % Mo.

As sementes de arroz foram semeadas na profundidade aproximada de 2 cm, distribuindo-se 20 sementes por vaso. Aos 15 DAS (dias após a semeadura) foi feito o desbaste, deixando em todos os vasos as dez plantas que se desenvolveram melhor. Ainda, aos 15 e 30 DAS do arroz, foi realizada a adubação de cobertura com dose equivalente a 100 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio, utilizando como fonte, o sulfato de amônio em solução, cuja concentração foi de 4 g L<sup>-1</sup> N, aplicando-se 100 ml da solução por vaso.

A parte aérea das plantas foi colhida após 70 dias da semeadura (em ambos

cultivos), posteriormente, as mesmas foram colocadas em sacos de papel e levadas para a estufa a 65° C, para secar até obterem peso constante. Após serem retiradas da estufa, as plantas foram pesadas para obtenção da massa seca e, em seguida, moídas para fazer a análise da concentração de Si (KORNDORFER, et al., 2004b), Ca e Mg na parte aérea do arroz, segundo metodologia descrita por EMBRAPA (1997). O acúmulo de nutrientes na parte aérea das plantas de arroz foi calculado através da multiplicação da concentração do nutriente pela massa seca da planta.

Após a realização do processo acima descrito da parte aérea do arroz, foram retiradas amostras de solo de cada vaso, com auxílio de um "mini-trado" para determinar o Si disponível no solo com o extrator  $\text{CaCl}_2$  (KORNDORFER et al., 2004b) e os teores de Ca, Mg e pH do solo EMBRAPA (1997).

Com o auxílio do programa estatístico ASSISTAT (SILVA; AZEVEDO, 2009), os resultados foram comparados entre si pelo teste de Tukey para verificar a diferença entre as fontes e com a testemunha pelo teste de Dunnett ambos a 0,05 de significância.

Os resultados dos tratamentos quantitativos, por sua vez, foram analisados por meio de regressões, feitas com o auxílio do programa estatístico SISVAR (FERREIRA, 2011) das quais, somente as que apresentaram ajuste quantitativo são exibidas na forma de gráfico.

### **3. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

#### **3.1. SOLO ARENOSO**

##### **3.1.1. Si no solo**

No estudo das fontes de silício, as análises de Si no solo mostram que a aplicação das maiores doses de Wollastonita (200 e 400 kg ha<sup>-1</sup>) resultam em maior disponibilidade do elemento no solo quando se usa a mesma quantidade de silicato de magnésio em ambos cultivos (Tabela 5).

As referidas doses de Wollastonita são também as únicas que fornecem silício ao solo de modo que os teores encontrados nos cultivos para as doses de 200 e 400 kg ha<sup>-1</sup>, sejam superiores ao teor de silício no solo do tratamento testemunha (Tabela 5).

Tabela 5- Teores de Si nas amostras de um Neossolo Quartzarênico Órtico típico (RQo) no 1º cultivo e 2º cultivo.

Dose de Si kg ha <sup>-1</sup>	Si no solo			
	1º Cultivo		2º Cultivo	
	Wollastonita	Silicato de Mg	Wollastonita	Silicato de Mg
0	-----mg dm <sup>-3</sup> -----			
	2,3		3,3	
100	2,8 a	2,3 a	4,5	2,9
200	3,8* a	2,5 b	5,0*	3,6
400	4,7* a	2,8 b	7,5*	4,7
Média	3,7	2,5	5,7 a	3,8 b

1º cultivo: DMS Dunnett: 1; DMS Tukey: 0,9; Cv (%): 16,4  
 2º cultivo: DMS Dunnett: 1,5; Dms Tukey: 1; Cv (%): 17,71

Médias seguidas por letras distintas na linha diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de significância.  
 \*significativo em relação à testemunha pelo teste de Dunnett a 0,05 de significância.

Por sua vez, o estudo do efeito das doses de silício sobre a disponibilidade do elemento no solo mostra um comportamento linear para a Wollastonita nos dois cultivos, o que indica que à medida que se aumenta a dose aplicada, os teores no solo também aumentam proporcionalmente (Figuras 1 e 2).

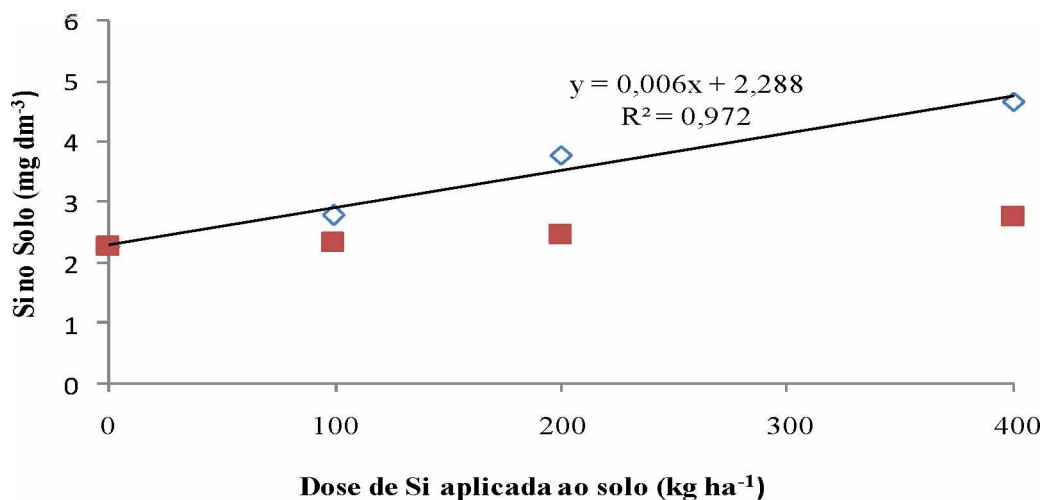


Figura 1- Teores de Si nas amostras de um Neossolo Quartzarênico Órtico típico (RQo) do 1º cultivo em função da aplicação de doses crescentes de Wollastonita e Silicato.

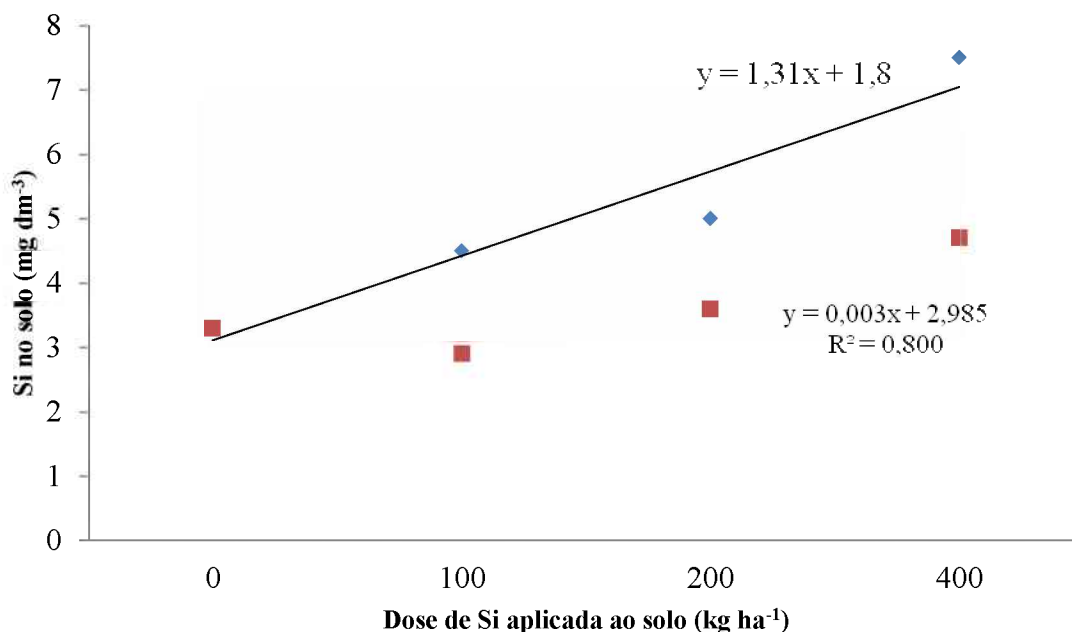


Figura 2- Teores de Si nas amostras de um Neossolo Quartzarênico Órtico típico (RQo) do 2º cultivo em função da aplicação de doses crescentes de Wollastonita e Silicato.

A aplicação de Wollastonita propiciou um aumento linear e significativo no teor de Si no solo. Esse resultado se assemelha a BARBOSA FILHO, et al. (2001) que, estudando o silicato de cálcio como fonte de Si na cultura do arroz de sequeiro, avaliou o efeito de doses de Wollastonita sobre os atributos pH, Ca, Mg e Si no solo e obteve que a aplicação de silicato de cálcio na forma de Wollastonita promoveu aumento no teor de Si solúvel do solo.

### 3.1.2. Ca no Solo

O estudo de fontes mostra que tanto no primeiro quanto no segundo cultivo, não há diferença entre a aplicação de Wollastonita e Silicato de Magnésio, ou seja, os teores de cálcio no solo são semelhantes para essas duas fontes.

A comparação entre as doses de Si não mostrou diferenças da testemunha, além disso, não houve incremento no fornecimento de cálcio ao solo quando se aumentou a dose de Si e, conseqüentemente, a dose de Wollastonita e de Silicato de Magnésio, aplicadas ao solo, devido ao equilíbrio do tratamento com CaCO<sub>3</sub>, realizado na preparação do solo antes da aplicação das fontes (Tabela 6).

Tabela 6- Teores de Ca nas amostras de um Neossolo Quartzarênico Órtico típico (RQo) no 1º cultivo e 2º cultivo.

Dose kg ha <sup>-1</sup>	Ca no solo			
	1º Cultivo		2º Cultivo	
	Wollastonita	Silicato de Mg	Wollastonita	Silicato de Mg
0	1,2		0,9	
100	1,2	1,1	1,1	1,0
200	1,3	1,2	1,0	0,9
400	1,0	1,1	0,9	0,8
Média	1,2 a	1,1 a	1,0 a	0,9 a

1º cultivo: DMS Dunnett: 0,3; DMS Tukey: 0,1; CV (%): 14,1  
 2º cultivo: DMS Dunnett: 0,26; DMS Tukey: 0,11; CV (%): 14,23  
 Médias seguidas por letras distintas na linha diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de significância.  
 \*significativo em relação à testemunha pelo teste de Dunnett a 0,05 de significância.

De acordo com ALVAREZ (1999), esses resultados obtidos para cálcio no solo do primeiro e segundo cultivo podem ser classificados como “BAIXO” (0,41 – 1,20 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>).

### 3.1.3. Mg no solo

No que diz respeito às fontes de Si, a aplicação de Wollastonita e Silicato de Magnésio não resultaram em diferenças em relação aos teores de magnésio no solo, uma vez que os valores médios de magnésio no solo encontrados foram semelhantes para ambos os tratamentos e cultivos (Tabela 7).

Em seguida, a respeito das doses de Si, observa-se que não há diferenças entre as doses de Si aplicadas ao solo e a testemunha, cujo teores de magnésio no solo obtido foi muito próximo em todos tratamentos (Tabela 7).

A partir desses resultados, consultando ALVAREZ (1999), o solo no primeiro cultivo é tido como “BAIXO” (0,16 – 0,45 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>) em magnésio trocável, já o segundo cultivo é classificado como "MUITO BAIXO" (abaixo de 0,15 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>).



Tabela 7- Teores de Mg nas amostras de um Neossolo Quartzarênico Órtico típico (RQo) no 1º cultivo e 2º cultivo.

Dose	Mg no solo			
	1º Cultivo		2º Cultivo	
	Wollastonita	Silicato de Mg	Wollastonita	Silicato de Mg
kg ha <sup>-1</sup>	-----cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> -----			
0	0,4		0,1	
100	0,3	0,3	0,1	0,1
200	0,4	0,3	0,2	0,2
400	0,4	0,3	0,1	0,2
Média	0,3 a	0,3 a	0,1 a	0,2 a

1º cultivo: DMS Dunnett: 0,2; DMS Tukey: 0,1; Cv (%): 27,50  
 2º cultivo: DMS Dunnett: 0,7; DMS Tukey: 0,3; Cv (%): 26,43

Médias seguidas por letras distintas na linha diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de significância.  
 \*significativo em relação à testemunha pelo teste de Dunnett a 0,05 de significância.

### 3.1.4. pH em água

Analisando as fontes de Si nos dois cultivos, a aplicação de Wollastonita e Silicato de Magnésio não trouxeram resultados diferentes para o teor de pH das amostras de um Neossolo Quartzarênico Órtico típico (RQo), ou seja, o pH no solo foi semelhante para ambas as fontes, tanto para a Wollastonita quanto para o Silicato de Magnésio.

Analisando-se as doses, apenas para o Silicato de Magnésio no primeiro cultivo na dose de 400 kg ha<sup>-1</sup> houve diferença em comparação com a testemunha. No entanto, essa diferença foi negativa, uma vez que o pH encontrado para a testemunha foi acrescido de 0,5 em relação ao pH do Silicato de Magnésio na dose de 400 kg ha<sup>-1</sup>, cujo valor foi de 4,3. Isso se deve ao fato de que a testemunha recebeu maiores quantidades de CaCO<sub>3</sub> e MgCO<sub>3</sub>, para equilibrar as quantidades de Ca e Mg em relação ao demais tratamentos que receberam Wollastonita ou Silicato de Magnésio. Dessa forma, observa-se que a utilização de CaCO<sub>3</sub> e MgCO<sub>3</sub> foi mais responsiva em comparação com o Silicato de Magnésio, que se mostrou muito insolúvel. Além disso, a aplicação de doses crescentes de Si por meio da utilização de Wollastonita e Silicato de Magnésio, não geraram aumento nos teores de pH (Tabela 8).

Tabela 8- pH em H<sub>2</sub>O nas amostras de um Neossolo Quartzarênico Órtico típico (RQo) no 1º cultivo e 2º cultivo.

Dose	pH em água			
	1º Cultivo		2º Cultivo	
	Wollastonita	Silicato de Mg	Wollastonita	Silicato de Mg
0	4,8		5,6	
100	4,4	4,4	5,2	5,5
200	4,6	4,5	4,5	5,4
400	4,4	4,3*	4,7	4,8
Média	4,4 a	4,4 a	4,8 a	5,2 a

1º cultivo: DMS Dunnett: 0,4; DMS Tukey: 0,2; Cv (%): 4,59  
 2º cultivo: DMS Dunnett: 1,32; DMS Tukey: 0,56; Cv (%): 13,15

Médias seguidas por letras distintas na linha diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de significância. \* significativo em relação à testemunha pelo teste de Dunnett a 0,05 de significância.

ALVAREZ (1999), considera o pH obtido como “MUITO BAIXO” (abaixo de 4,5), no primeiro cultivo, porém nota-se um aumento do pH devido ao efeito residual no segundo cultivo, assim no mesmo, o pH do solo passa a ser classificado como “BAIXO” (4,5 – 5,4).

### 3.1.5. Altura de plantas

A análise das fontes nos dois cultivos mostra que, independente da aplicação de Wollastonita ou Silicato de Magnésio, a altura das plantas não apresentou diferenças, sendo a altura média das plantas que receberam Wollastonita igual a 84,7 cm no primeiro cultivo e de 82,6 no segundo cultivo e a altura das plantas com aplicação de Silicato de Magnésio igual a 81,8 cm no primeiro cultivo e de 88,3 cm no segundo cultivo (Tabela 9).

Comparando-se as doses de Si com a testemunha, que não recebeu a aplicação desse nutriente, observa-se que não houve diferença do tratamento testemunha. Nota-se ainda que não houve incremento na altura das plantas quando se aumentou a dose de Si através das fontes Wollastonita e Silicato de Magnésio, aplicadas ao solo em nenhum dos cultivos (Tabela 9).

Tabela 9- Altura de plantas nas amostras de um Neossolo Quartzarênico Órtico típico (RQo) no 1º cultivo e 2º cultivo.

Dose	Altura de plantas			
	1º Cultivo		2º Cultivo	
	Wollastonita	Silicato de Mg	Wollastonita	Silicato de Mg
kg ha <sup>-1</sup>	-----cm-----			
0	82,7		84,0	
100	84,8	80,9	73,1	83,4
200	84,0	81,5	88,6	89,5
400	85,2	83,1	86,8	92,0
Média	84,7 a	81,8 a	82,6 a	88,3 a

1º cultivo: DMS Dunnett: 3,74; DMS Tukey: 3,4; Cv (%): 21,84  
 2º cultivo: DMS Dunnett: 9,8; DMS Tukey: 4,2; Cv (%): 33,20

Médias seguidas por letras distintas na linha diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de significância. \*significativo em relação à testemunha pelo teste de Dunnett a 0,05 de significância.

### 3.1.6. Massa Seca

Não houve diferença, quando se analisa as fontes de Si, quanto à produção de massa seca do arroz, através da aplicação de Wollastonita e Silicato de Magnésio em nenhum dos cultivos. Além disso, quando se compara as doses, os tratamentos com Wollastonita e Silicato de magnésio em ambos cultivos não diferiram da testemunha. Ainda a respeito do estudo das doses, não se constatou um aumento no teor de massa seca das plantas com o aumento das doses de Si por meio da aplicação ao solo de Wollastonita e Silicato de Magnésio (Tabela 10).

Esses resultados se assemelham com os obtidos por MAUAD et al. (2003), TANAKA; PARK (1966), LIANG et al. (1994) e Carvalho (2000) que, em seus estudos, também não observaram relação entre o aumento na produção de massa seca da parte aérea do arroz e a aplicação de Si.

Tabela 10- Massa seca nas amostras de um Neossolo Quartzarênico Órtico típico (RQo) no 1º cultivo e 2º cultivo.

Dose	Massa Seca			
	1º Cultivo		2º Cultivo	
	Wollastonita	Silicato de Mg	Wollastonita	Silicato de Mg
kg ha <sup>-1</sup>	-----g vaso <sup>-1</sup> -----			
0	8,3		12,7	
100	9,2	7,9	10,3	13,5
200	9,3	8,1	15,6	17,2
400	9,7	8,3	18,0	17,2
Média	9,4 a	8,1 a	14,6 a	16 a

1º cultivo: DMS Dunnett: 3,74; DMS Tukey: 3,4; Cv (%): 21,84  
 2º cultivo: DMS Dunnett: 9,8; DMS Tukey: 4,2; Cv (%): 33,20

Médias seguidas por letras distintas na linha diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de significância. \*significativo em relação à testemunha pelo teste de Dunnett a 0,05 de significância.

### 3.1.7. Si na planta

As análises de Si na planta no primeiro cultivo, em relação ao estudo das fontes de silício, demonstram que independente da dose aplicada de Wollastonita (100, 200 e 400kg ha<sup>-1</sup>) os resultados são mais satisfatórios em relação à disponibilidade do elemento Si na parte aérea das plantas, quando comparados com as mesmas quantidades aplicadas de Silicato de Magnésio (Tabela 11).

Tabela 11- Concentração de Si na parte aérea e acumulado em plantas de arroz colhidas no 1º cultivo.

Dose	Si na planta			
	Si na parte aérea		Si acumulado	
	Wollastonita	Silicato de Mg	Wollastonita	Silicato de Mg
kg ha <sup>-1</sup>	-----g kg <sup>-1</sup> -----		-----mg vaso <sup>-1</sup> -----	
0	1,0		69,8	
100	1,4	1,0	130,2 a	76,0 a
200	1,7*	1,2	161,7* a	91,3 b
400	2,5*	1,2	245,9* a	93,8 b
Média	1,9 a	1,1 b	179,3	87,0

Si na parte aérea: DMS Dunnett: 0,5; DMS Tukey: 0,4; Cv (%): 17,3  
 Si Acumulado: DMS Dunnett: 76,4; DMS Tukey: 69,1; Cv (%): 30,75

Médias seguidas por letras distintas na linha diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de significância. \*significativo em relação à testemunha pelo teste de Dunnett a 0,05 de significância.

Em relação à testemunha, as únicas doses capazes de apresentar diferenças em comparação ao tratamento que não recebeu o nutriente Si foram as doses de 200 e 400 kg ha<sup>-1</sup> advindo da Wollastonita (Tabela 11).

Em conformidade com os resultados apresentados, PEREIRA et al. (2003a), em seus trabalhos, também verificou que a Wollastonita foi umas das fontes que proporcionou maiores teores de Si na parte aérea e maiores quantidades acumuladas do mesmo, quando se avaliou a produção e extração de Si pelo arroz.

Em relação ao Si acumulado, nota-se que a aplicação das maiores doses de Si (200 e 400kg ha<sup>-1</sup>) foram as que obtiveram os melhores resultados, sendo também as únicas que diferiram da testemunha. Além disso, as referidas doses de Wollastonita se mostraram mais responsivas em comparação com a aplicação das mesmas quantidades de Silicato de Magnésio (Tabela 11).

A respeito do estudo do efeito das doses de silício em decorrência da disponibilidade do elemento na planta, em função da aplicação de doses crescentes de Wollastonita e Silicato de Magnésio, tem-se que a Wollastonita atuou de forma linear, enquanto o Silicato de Magnésio se manteve constante para as diferentes doses aplicadas (Figura 3). O desempenho da Wollastonita indica que conforme se aumenta a dose de Si aplicado ao solo, aumenta-se também os teores de Si encontrados na parte aérea do arroz (Figura 3).

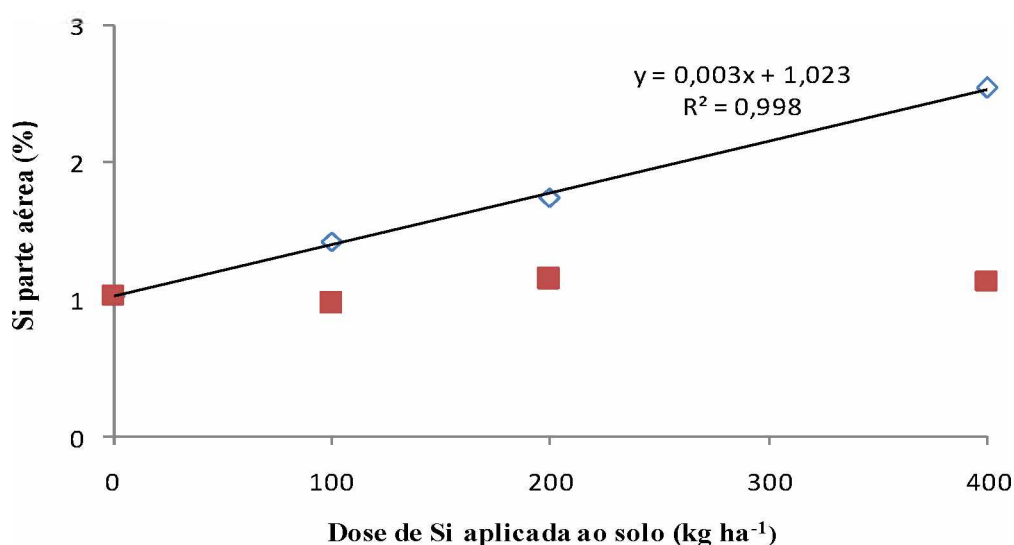
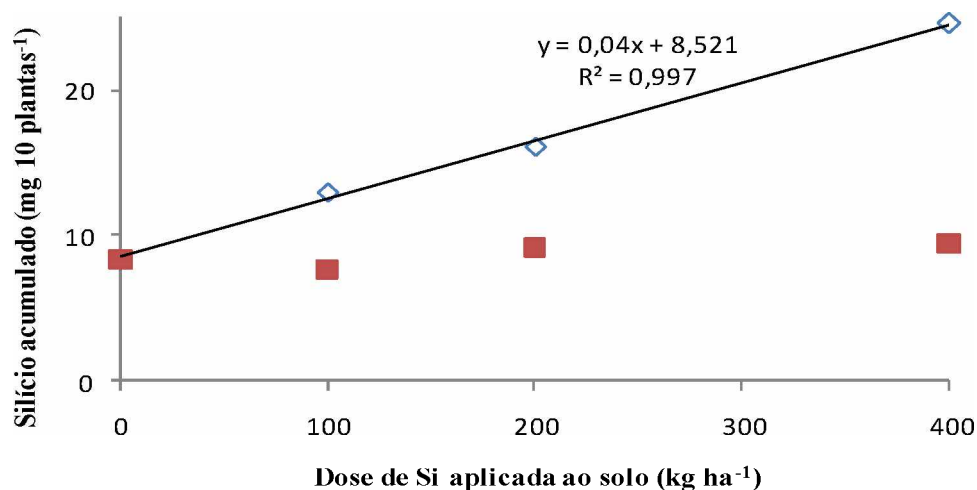


Figura 3- Concentração de Si na parte aérea de plantas de arroz colhidas no 1º cultivo em função da aplicação de doses crescentes de Wollastonita e Silicato.

A respeito do silício acumulado, quanto ao estudo do efeito das doses, comparando-se a aplicação de doses crescentes de Wollastonita e Silicato de Magnésio, nota-se uma conduta constante para o Silicato de Magnésio, independente do incremento

das doses, enquanto a Wollastonita apresenta um comportamento linear, o que demonstra que com o aumento das doses de Si aplicadas ao solo, aumenta-se também os teores de Si acumulado na parte aérea das plantas de arroz (Figura 4).



Figura

4- Silício acumulado na parte aérea de plantas de arroz colhidas no 1º cultivo em função de doses crescentes de Wollastonita e Silicato.

Os valores encontrados neste trabalho mostraram-se equivalentes aos de BARBOSA FILHO, et al. (2001) que, em seus estudos, avaliou que o arroz-de-sequeiro respondeu positivamente e de forma linear à aplicação de silicato de cálcio, sob a forma de Wollastonita, quanto a acumulação de Si na planta. Da mesma forma, PEREIRA, et al. (2007), avaliando fontes e extratores de Si no solo, também verificou que o teor de Si na parte aérea das plantas de arroz apresentou resposta linear em decorrência de doses crescentes de Wollastonita aplicadas ao solo. A respeito do Si acumulado, RAMOS, et al. (2008), identificando as fontes que melhor disponibilizam o silício no solo e proporcionam maior crescimento e desenvolvimento da cultura do arroz, determinou que, quanto maior o teor de Si aplicado ao solo, em função de doses crescentes de Wollastonita, maior foi o teor de Si acumulado nas plantas de arroz.

No segundo cultivo as análises de Si na planta, em relação ao estudo das fontes de silício, demonstram que independente da dose aplicada os resultados não se diferenciam em relação à disponibilidade do elemento Si na parte aérea das plantas. O mesmo se observa em relação à testemunha, onde nenhum tratamento apresentou diferença

significativa em comparação ao tratamento que não recebeu o nutriente Si, visto que obteve resultado superior as médias das duas fontes utilizadas (Tabela 12).

Tabela 12- Concentração de Si na parte aérea e acumulado em plantas de arroz colhidas no 2º cultivo.

Dose kg ha <sup>-1</sup>	Si na planta			
	Si na parte aérea		Si acumulado	
	Wollastonita	Silicato de Mg	Wollastonita	Silicato de Mg
0	-----g kg <sup>-1</sup> ----- 0,73		-----mg vaso <sup>-1</sup> ----- 7,1	
100	1,0	0,9	7,2 a	9,3 a
200	0,6	0,4	9,9 a	7,6 b
400	0,6	0,5	11,1* a	9,8 a
Média	0,7 a	0,6 a	9,4	8,9

Si na parte aérea: DMS Dunnett: 0,74; DMS Tukey: 0,32; Cv (%): 53,62

Si Acumulado: DMS Dunnett: 2,89; DMS Tukey: 1,24; Cv (%): 16,52

Médias seguidas por letras distintas na linha diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de significância. \*significativo em relação à testemunha pelo teste de Dunnett a 0,05 de significância.

Quanto ao Si acumulado, em relação as fontes estudadas, nota-se que apenas na aplicação de 200 kg ha<sup>-1</sup> via Wollastonita se tem diferença significativa entre a aplicação do Silicato de magnésio, onde nas outras doses não se nota essa diferença, e no caso da aplicação de 100 kg ha<sup>-1</sup> via Silicato de Magnésio se nota um incremento superior a mesma dose de Wollastonita. Em relação a aplicação da dose somente a de 400 kg ha<sup>-1</sup> via Wollastonita foi a única que obteve resultado significativo em relação ao tratamento testemunha, cujo teor de Si acumulado foi de 11,1 mg vaso<sup>-1</sup> (Tabela 12).

### 3.1.8. Ca na planta

A respeito das fontes, temos que a aplicação de Silicato de Magnésio mostrou-se melhor quando comparada a Wollastonita, uma vez que os teores médios de cálcio na planta são de 2,0 g kg<sup>-1</sup> para o tratamento com Silicato de Magnésio e de 1,8 g kg<sup>-1</sup> para o tratamento com a Wollastonita. Isso se deve ao fato do tratamento realizado com maiores quantidades de CaCO<sub>3</sub> e MgCO<sub>3</sub>, para equilibrar as quantidades de Ca e Mg no solo antes da aplicação das fontes. Dessa forma, observa-se que a utilização de CaCO<sub>3</sub> e MgCO<sub>3</sub> foi mais responsiva no solo que foi utilizado o Silicato de Magnésio.

Comparando-se as doses de Si tem-se que apenas a dose de 400 kg ha<sup>-1</sup> de Wollastonita diferiu da testemunha. No entanto, essa diferença mostrou-se negativa, uma vez que, para a referida dose, o teor de cálcio para a planta foi de 1,6 g kg<sup>-1</sup>, valor este

menor estatisticamente que a testemunha, que apresentou teor igual a 2,2 g kg<sup>-1</sup>. Além disso, independente da fonte utilizada, com o aumento das doses de Si aplicadas ao solo, não se encontrou aumento no provimento de Ca para a planta (Tabela 13).

Tabela 13- Concentração de Ca na parte aérea e acumulado em plantas de arroz colhidas no 1º cultivo.

Dose kg ha <sup>-1</sup>	Ca na planta			
	Ca na parte aérea		Ca acumulado	
	Wollastonita	Silicato de Mg	Wollastonita	Silicato de Mg
0	2,2		18,0	
100	1,9	2,0	17,5	15,9
200	1,8	2,1	16,6	17,4
400	1,6*	1,9	15,4	16,4
Média	1,8 b	2,0 a	16,5 a	16,6 a

Ca na parte aérea: DMS Dunnett: 0,6; DMS Tukey: 0,2; Cv (%): 15,02  
 Ca Acumulado: DMS Dunnett: 8,7; DMS Tukey: 3,8; Cv (%): 26,48

Médias seguidas por letras distintas na linha diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de significância. \*significativo em relação à testemunha pelo teste de Dunnett a 0,05 de significância.

De acordo com FAGERIA, et al. (1995), os teores médios encontrados para o cálcio na parte aérea do arroz são considerados ‘DEFICIENTE’ (menor que 0,20 g kg<sup>-1</sup>) no tratamento com Wollastonita. Já a aplicação de silicato de magnésio resultou em maiores valores de cálcio na planta, os quais puderam ser classificados em um nível acima (‘CRÍTICO’), que compreende o intervalo de 0,20 - 0,25 g kg<sup>-1</sup>.

Em relação ao Ca acumulado na parte aérea das plantas de arroz, tem-se que, estudando as fontes de silício aplicadas ao solo, independente da fonte utilizada (Wollastonita ou Silicato de Magnésio), não houve diferenças significativas, sendo o teor médio de cálcio acumulado para a Wollastonita igual a 16,5 mg vaso<sup>-1</sup> e 16,6 mg vaso<sup>-1</sup> para o tratamento com Silicato de Magnésio (Tabela 13).

Além disso, no estudo das doses, nota-se não houve diferenças entre as distintas doses de Si aplicadas ao solo em comparação com a Testemunha, que não recebeu a aplicação de Si. Tanto para o tratamento que recebeu Wollastonita, como o que utilizou Silicato de Magnésio, com o aumento das doses de Si aplicadas ao solo, não se observou incremento nos teores de Ca acumulado na parte aérea das plantas (Tabela 13).

No segundo cultivo se observou que os valores obtidos na aplicação de ambas fontes e doses não se diferiram da testemunha, onde os valores encontrados tanto na variação das doses e de ambas fontes foram em média iguais a 1,4 g kg<sup>-1</sup>, resultando esse observado na testemunha (Tabela 14).



Tabela 14- Concentração de Ca na parte aérea e acumulado em plantas de arroz colhidas no 2º cultivo.

Dose	Ca na planta			
	Ca na parte aérea		Ca acumulado	
	Wollastonita	Silicato de Mg	Wollastonita	Silicato de Mg
kg ha <sup>-1</sup>	-----g kg <sup>-1</sup> -----		-----mg vaso <sup>-1</sup> -----	
0	1,4		18,0	
100	1,6	1,4	17,8	18,7
200	1,4	1,4	21,7	25,1
400	1,5	1,3	27,5	23,6
Média	1,4 a	1,4 a	22,4 a	22,5 a

Ca na parte aérea: DMS Dunnett: 0,41; DMS Tukey: 0,18; Cv (%): 14,50  
 Ca Acumulado: DMS Dunnett: 16,62; DMS Tukey: 7,1; Cv (%): 38,62

Médias seguidas por letras distintas na linha diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de significância. \*significativo em relação à testemunha pelo teste de Dunnett a 0,05 de significância.

Em relação ao Ca acumulado na parte aérea referente ao segundo cultivo se observou valores superiores a testemunha, em todas as doses da aplicação do Silicato de Magnésio e nas doses de 200 e 400 kg ha<sup>-1</sup> da Wollastonita, porém, não sendo observado diferença estatística (Tabela 14).

De acordo com FAGERIA, et al. (1995), os teores médios encontrados para o cálcio na parte aérea do arroz são considerados “DEFICIENTE” (menores que 0,20 g kg<sup>-1</sup>) no tratamento com Wollastonita e também com o Silicato de Magnésio no segundo cultivo.

### 3.1.9. Mg na planta

Analisando-se as fontes de Si é possível observar que não há diferença entre a aplicação de Wollastonita e Silicato de Magnésio, logo os teores de magnésio para a planta se parecem. No estudo das doses de Si, também não nota-se diferenças entre a testemunha e as demais doses que receberam a aplicação do nutriente. Ainda a respeito das doses, para ambos os tratamentos, não se encontrou relação entre o aumento das doses de Si e o fornecimento de magnésio para a planta (Tabela 15).

Tabela 15- Concentração de Mg na parte aérea e acumulado em plantas de arroz colhidas no 1º cultivo.

Dose kg ha <sup>-1</sup>	Mg na planta			
	Mg na parte aérea		Mg acumulado	
	Wollastonita	Silicato de Mg	Wollastonita	Silicato de Mg
0	-----g kg <sup>-1</sup> ----- 2,8		-----mg vaso <sup>-1</sup> ----- 23,0	
100	2,6	2,0	24,0	21,4
200	2,5	2,1	22,8	22,5
400	2,2	1,9	22,1	19,8
Média	2,4 a	2,0 a	23,0 a	21,2 a
Mg na parte aérea: DMS Dunnett: 0,6; DMS Tukey: 0,2; Cv (%): 15,02				
Mg Acumulado: DMS Dunnett: 11,1; DMS Tukey: 4,8.; Cv (%): 25,28				
Médias seguidas por letras distintas na linha diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de significância. *significativo em relação à testemunha pelo teste de Dunnett a 0,05 de significância.				

Os teores encontrados para magnésio na parte aérea do arroz são tidos como “ADEQUADO”, de acordo com a classificação de FAGERIA, et al. (1995), que, em seus estudos, determinou que os teores “ADEQUADO” para o elemento magnésio na parte aérea das plantas de arroz estão entre 0,17 e 0,3 g kg<sup>-1</sup> o que indica que para ambos os tratamentos, os teores de Mg na parte aérea são satisfatórios.

Em relação ao teor acumulado de Mg na parte aérea das plantas, no estudo das fontes, observa-se que não houve diferenças entre a aplicação de Wollastonita e Silicato de Magnésio (Tabela 15). Além disso, estudando-se as doses de Si, quando se compara o tratamento controle (Testemunha), que não recebeu a aplicação do nutriente Si e as duas fontes de Si, nota-se que não houve diferenças significativas. Ainda, quando se observa as doses de Si aplicadas ao solo tem-se que, com o incremento das doses, não houve aumento nos teores de Mg acumulado na parte aérea das plantas (Tabela 15).

No segundo cultivo no que diz respeito as fontes de Si na parte aérea da planta, as aplicações do Silicato de Magnésio foram superiores a Wollastonita com média igual a 6,3 g kg<sup>-1</sup> de Mg para a parte aérea da planta (Tabela 16).

Tabela 16- Concentração de Mg na parte aérea e acumulado em plantas de arroz colhidas no 2º cultivo.

Dose	Mg na planta			
	Mg na parte aérea		Mg acumulado	
	Wollastonita	Silicato de Mg	Wollastonita	Silicato de Mg
kg ha <sup>-1</sup>	-----g kg <sup>-1</sup> -----		-----mg vaso <sup>-1</sup> -----	
0	5,9		72,8	
100	4,8	6,8	45,9	89,7
200	5,2	6,3	79,4	108,2
400	4,9	5,7	90,1	98,5
Média	5,0 b	6,3 a	71,8 b	98,8 a

Mg na parte aérea: DMS Dunnett: 0,22; DMS Tukey: 0,09; Cv (%): 19,66  
Mg Acumulado: DMS Dunnett: 5,3; DMS Tukey: 2,2; Cv (%): 32,25

Médias seguidas por letras distintas na linha diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de significância. \*significativo em relação à testemunha pelo teste de Dunnett a 0,05 de significância.

No estudo das doses de Si não se observa diferenças entre a testemunha e os outros tratamentos e também não se nota relação entre o aumento das doses de Si e o fornecimento de magnésio para a planta (Tabela 16).

Sobre o teor acumulado de Mg na parte aérea das plantas, no estudo das fontes, observa-se que a aplicação do Silicato de Magnésio foi mais eficiente do que a aplicação via Wollastonita, onde em todas as doses apresentou incrementos superiores, resultando em uma média maior nesse parâmetro (Tabela 16). Já estudando-se as doses de Si, quando se compara a testemunha, que não recebeu a aplicação do nutriente Si e as duas fontes de Si, nota-se que não houve diferenças significativas. Ainda, quando se observa as doses de Si aplicadas ao solo tem-se que, com o incremento das doses, não houve aumento nos teores de Mg acumulado na parte aérea das plantas (Tabela 16).

## 3.2. SOLO ARGILOSO

### 3.2.1. Si no solo

Assim como observado no solo de textura arenosa, no estudo das fontes de Silício para o solo argiloso nos dois cultivos, a aplicação de Wollastonita nas doses de 200 e 400kg ha<sup>-1</sup>apresentou melhores resultados quanto à disponibilidade de Si no solo.

Em relação a avaliação da dose se observou que a aplicação da Wollastonita na dose de 400 kg ha<sup>-1</sup>apresentou diferença significativa em comparação com a testemunha, com incremento de 3,3 mg dm<sup>-3</sup> no primeiro cultivo e de 2,7 mg dm<sup>-3</sup> (Tabela 17).

Tabela 17- Teores de Si nas amostras de um Latossolo Vermelho Distrófico típico (LVd) no 1º e 2º cultivo.

Dose kg ha <sup>-1</sup>	Si no solo			
	1º Cultivo		2º Cultivo	
	Wollastonita	Silicato de Mg	Wollastonita	Silicato de Mg
0	-----mg dm <sup>-3</sup> ----- 2,7		8,8	
100	3,6 a	2,7 a	9,2	5,1
200	4,1 a	2,8 b	10,6	9,0
400	6,0* a	3,2 b	14,8*	10,4
Média	4,6	2,9	11,5 a	8,1 b

1º cultivo: DMS Dunnett: 1,5; DMS Tukey: 1,4; Cv (%): 21,5  
 2º cultivo: DMS Dunnett: 0,51; DMS Tukey: 0,21; Cv (%): 26,5

Médias seguidas por letras distintas na linha diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de significância. \* significativo em relação à testemunha pelo teste de Dunnett a 0,05 de significância.

KORNDORFER et al. (1999), estudando o efeito de doses de Wollastonita sobre atributos de solos obteve que a aplicação do silicato de cálcio, na forma de Wollastonita, aumentou o teor de Si no solo.

Em relação ao estudo da efetividade das doses de silício, a Wollastonita apresentou um desempenho linear, ou seja, com o aumento nas doses de Si aplicadas ao solo, aumentaram-se também, de forma proporcional, os teores encontrados no solo (Figuras 5 e 6).

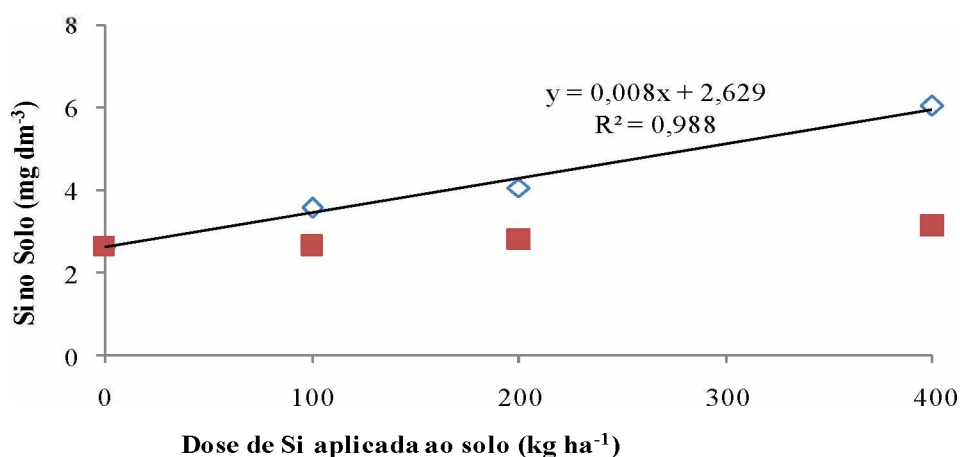


Figura 5- Teores de Si nas amostras de um Latossolo Vermelho Distrófico típico (LVd) no 1º cultivo em função da aplicação de doses crescentes de Wollastonita e Silicato.

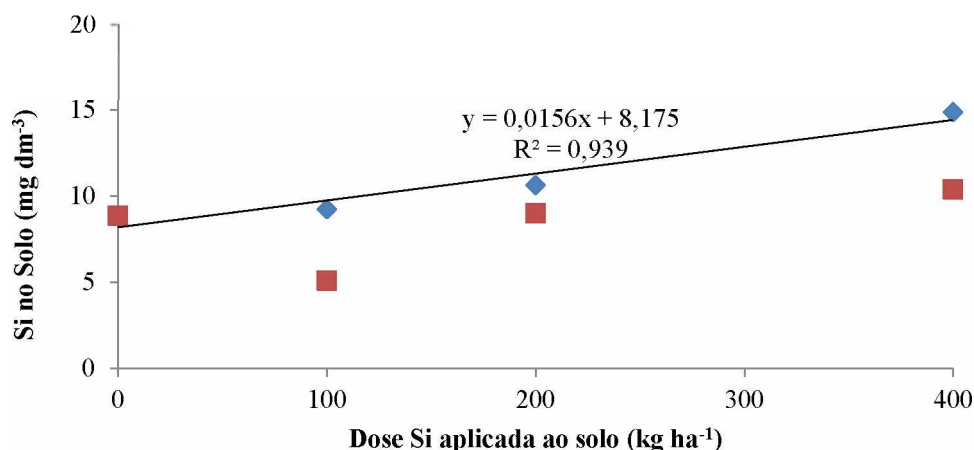


Figura 6- Teores de Si nas amostras de um Latossolo Vermelho Distrófico típico (LVd) no 2º cultivo em função da aplicação de doses crescentes de Wollastonita e Silicato.

Assim como os resultados encontrados neste estudo, KORNDORFER et al. (1999), estudando o efeito de doses de Wollastonita sobre atributos de solos representativos do Cerrado, também obteve que a aplicação do silicato de cálcio, na forma de Wollastonita, aumentou o teor de Si no solo. Da mesma forma, PEREIRA et al. (2007), estudando materiais ricos em Si, bem como os melhores extratores de Si do solo, determinou que os teores de Si no solo aumentaram de forma linear com o incremento das doses de Wollastonita, independentemente do extrator utilizado.

### 3.2.2. Ca no Solo

Da mesma forma que no solo arenoso, para o solo de textura argilosa nota-se que a aplicação de Wollastonita e Silicato de Magnésio apresentaram resultados iguais para o parâmetro cálcio no solo, em ambos os cultivos. Independente da fonte utilizada, os teores de cálcio no solo não apresentaram diferenças, sendo 1,3  $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$  o teor de cálcio no solo para ambos os tratamentos, com Wollastonita e Silicato de Magnésio no primeiro e no segundo cultivo esse teor foi de 0,8  $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$  (Tabela 18).

Tabela 18- Teores de Ca nas amostras de um Latossolo Vermelho Distrófico típico (LVd) no 1º e 2º cultivo.

Dose kg ha <sup>-1</sup>	Ca no solo			
	1º Cultivo		2º Cultivo	
	Wollastonita	Silicato de Mg	Wollastonita	Silicato de Mg
0	1,4		0,9	
100	1,3	1,4	0,8	0,8
200	1,2	1,2	0,8	0,8
400	1,3	1,2	0,7	0,6
Média	1,3 a	1,3 a	0,8 a	0,8 a

1º cultivo: DMS Dunnett: 0,3; DMS Tukey: 0,1; Cv (%): 11,8  
 2º cultivo: DMS Dunnett: 0,28; DMS Tukey: 0,12; Cv (%): 17,56

Médias seguidas por letras distintas na linha diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de significância. \*significativo em relação à testemunha pelo teste de Dunnett a 0,05 de significância.

A respeito do estudo das doses, a comparação entre as doses de Si e a testemunha, que não recebeu a aplicação desse nutriente, não apresentou diferenças. Do mesmo modo, com o aumento das doses de Si aplicadas ao solo através da utilização de Wollastonita e Silicato de Magnésio, não se obteve incremento no teor de cálcio para o solo (Tabela 18).

De acordo com ALVAREZ (1999), os resultados obtidos para cálcio no solo do primeiro cultivo podem ser classificados como “MÉDIO” (1,21 – 2,40) e segundo cultivo classificados como “BAIXO” (0,41 – 1,20 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>).

### 3.2.3. Mg no solo

Estudando as fontes Wollastonita e Silicato de Magnésio é possível observar que não houve diferenças entre as fontes quanto ao provimento de magnésio ao solo em ambos cultivos, sendo esse resultado igual para mesmo parâmetro com o solo de textura arenosa. Tanto o solo que recebeu Wollastonita, como o tratado com Silicato de Magnésio apresentaram teores médios de magnésio no solo iguais a 0,3 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> pro primeiro e para o segundo cultivo 0,1 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> (Tabela 19).

Tabela 19- Teores de Mg nas amostras de um Latossolo Vermelho Distrófico típico (LVd) no 1º e 2º cultivo.

Dose kg ha <sup>-1</sup>	Mg no solo			
	1º Cultivo		2º Cultivo	
	Wollastonita	Silicato de Mg	Wollastonita	Silicato de Mg
0	0,4		0,1	
100	0,3	0,3	0,1 a	0,1 a
200	0,3	0,3	0,1 a	0,1 a
400	0,3	0,3	0,1 b	0,1 a
Média	0,3 a	0,3 a	0,1	0,1

1º cultivo: DMS Dunnett: 0,2; DMS Tukey: 0,1; Cv (%): 37,60  
 2º cultivo: DMS Dunnett: 0,06; DMS Tukey: 0,02; Cv (%): 25,96

Médias seguidas por letras distintas na linha diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de significância. \*significativo em relação à testemunha pelo teste de Dunnett a 0,05 de significância.

Para o estudo das doses notou-se também que, independente da dose aplicada, não houve diferenças em comparação com a testemunha. Além disso, observou-se ainda que, com o aumento das doses de Si aplicadas ao solo, não se gerou incremento no fornecimento de magnésio para o solo, não existindo assim, relação entre o aumento da dose de Si e o provimento de Mg ao solo (Tabela 19).

ALVAREZ (1999), de acordo com sua classificação para diferentes características do solo, determinou que o valor médio encontrado para magnésio no solo no primeiro é tido como “BAIXO” (0,16 - 0,45 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>), e no segundo cultivo "MUITO BAIXO" (abaixo 0,15 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>).

#### 3.2.4. pH em água

No estudo do efeito das fontes de Si, em relação ao pH das amostras de um Latossolo Vermelho Distrófico típico (LVd), observa-se que não houve distinção entre a aplicação de Wollastonita e Silicato de Magnésio, ou seja, independente da fonte de Si aplicada ao solo, os valores médios encontrados para o pH não diferiram (Tabela 20).

Tabela 20- pH em H<sub>2</sub>O nas amostras de um Latossolo Vermelho Distrófico típico (LVd) no 1º e 2º cultivo.

Dose	pH em água			
	1º Cultivo		2º Cultivo	
	Wollastonita	Silicato de Mg	Wollastonita	Silicato de Mg
0	4,8		5,8	
100	4,4	4,3	5,7	5,3
200	4,7	4,6	5,7	5,3
400	4,5	4,2*	6,1	5,7
Média	4,5 a	4,4 a	5,8 a	5,5 a

1º cultivo: DMS Dunnett: 0,5; DMS Tukey: 0,2; Cv (%): 5,41

2º cultivo: DMS Dunnett: 1,4; DMS Tukey: 0,61; Cv (%): 12,74

Médias seguidas por letras distintas na linha diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de significância. \*significativo em relação à testemunha pelo teste de Dunnett a 0,05 de significância.

Ademais, no estudo das doses, apenas para o tratamento com Silicato de Magnésio, a dose de 400 kg ha<sup>-1</sup> de Si diferiu do tratamento Testemunha, que não recebeu a aplicação desse nutriente. Contudo, essa diferença foi negativa, uma vez que o valor de pH obtido no tratamento com Silicato de Magnésio na dose de 400 kg ha<sup>-1</sup> foi de 4,2, sendo inferior ao valor de pH do tratamento Testemunha, igual 4,8. Esse resultado se deve ao fato de que a testemunha, por não apresentar Silicato de Magnésio ou Wollastonita, recebeu maiores quantidades de CaCO<sub>3</sub> e MgCO<sub>3</sub>, para que, em todos os tratamentos, as quantidades de Ca e Mg fossem as mesmas. Observa-se, então, que a utilização de CaCO<sub>3</sub> e MgCO<sub>3</sub> respondeu melhor que o emprego de Silicato de Magnésio, gerando resultados mais satisfatórios para o pH da testemunha, em comparação com o pH do tratamento com Silicato de Magnésio. Ainda quando se observa as doses, nota-se que com o aumento das doses de Si aplicadas ao solo, não se obteve incremento nos valores de pH para ambos os tratamentos (Tabela 20).

De acordo com a classificação proposta por ALVAREZ (1999), o pH do solo tratado com Silicato de Magnésio é classificado agronomicamente como “MUITO BAIXO” (abaixo de 4,5), enquanto o pH do solo tratado com Wollastonita é classificado agronomicamente como “BAIXO” (4,5 – 5,4), no primeiro cultivo. No segundo se nota um aumento nos valores de pH para ambas fontes, sendo classificados como “BOM” (5,5 – 6,0).



### 3.2.5. Altura de plantas

Semelhante ao solo arenoso a altura da parte aérea do arroz, no estudo das fontes, nos dois cultivos mostrou que a aplicação de Wollastonita e Silicato de Magnésio não diferiram entre si. (Tabela 21).

No estudo nas doses de Si, nota-se que com o incremento das doses, não há um aumento na altura da parte aérea das plantas de arroz. Além disso, independente da dose aplicada ao solo, a altura da parte aérea das plantas não diferiu da testemunha que não recebeu tratamento com Si (Tabela 21).

Tabela 21- Altura de plantas nas amostras de um Latossolo Vermelho Distrófico típico (LVd) no 1º e 2º cultivo.

Dose kg ha <sup>-1</sup>	Altura de plantas			
	1º Cultivo		2º Cultivo	
	Wollastonita	Silicato de Mg	Wollastonita	Silicato de Mg
0	-----cm-----			
0	83,7		90,5	
100	82,5	80,7	97,6	102,0
200	82,8	84,8	98,5	95,1
400	88,6	84,7	100,0	93,2
Média	84,6 a	83,4 a	98,7 a	96,8 a

1º cultivo: DMS Dunnett: 11,1; DMS Tukey: 4,7; Cv (%): 6,7  
2º cultivo: DMS Dunnett: 12,8; DMS Tukey: 5,5; Cv (%): 6,7

Médias seguidas por letras distintas na linha diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de significância. \*significativo em relação à testemunha pelo teste de Dunnett a 0,05 de significância.

### 3.2.6. Massa seca

Diferentemente dos resultados observados para o solo arenoso, para a produção de massa seca de arroz no solo de textura argilosa, a Wollastonita foi superior ao Silicato de Magnésio na dose de 400 kg ha<sup>-1</sup> no primeiro cultivo, já no segundo cultivo foi superior nas doses de 200 e 400 kg ha<sup>-1</sup>, onde somente na dose de 100 kg ha<sup>-1</sup> o tratamento via Silicato de Magnésio foi mais responsivo no estudo entre as fontes (Tabela 22).

Tabela 22- Massa seca nas amostras de um Latossolo Vermelho Distrófico típico (LVd) no 1º e 2º cultivo.

Dose	Massa Seca			
	1º Cultivo		2º Cultivo	
	Wollastonita	Silicato de Mg	Wollastonita	Silicato de Mg
kg ha <sup>-1</sup>	-----g vaso <sup>-1</sup> -----			
0	9,4		14,0	
100	10,3 a	9,3 a	17,4 a	21,6* a
200	10,0 a	9,6 a	21,1* a	16,2 b
400	13,4* a	9,3 b	23,0* a	17,7 b
Média	11,2	9,4	20,5	18,5
1º cultivo: DMS Dunnett: 2,7; DMS Tukey: 2,5; Cv (%): 13,6				
2º cultivo: DMS Dunnett: 6,3; DMS Tukey: 2,7; Cv (%): 17,09				
Médias seguidas por letras distintas na linha diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de significância. *significativo em relação à testemunha pelo teste de Dunnett a 0,05 de significância.				

Na comparação das doses de Si, para a Wollastonita, a dose de 400 kg ha<sup>-1</sup> foi a única que diferiu da testemunha no primeiro cultivo, apresentando diferença em relação à Testemunha, que não incluiu a aplicação de Si. Já no segundo cultivo as doses de 200 e 400 kg ha<sup>-1</sup> via Wollastonita e a dose de 100 kg ha<sup>-1</sup>, apresentaram diferença significativa em relação a testemunha.

Em concordância com os resultados apresentados, EPSTEIN; BLOOM (2006) e SILVA (2008), em seus trabalhos, consideraram o arroz como uma planta acumuladora de Si, gerando aumento de sua produção quando há maior disponibilidade desse elemento no solo.

### 3.2.7. Si na planta

Quanto à disponibilidade de silício na parte aérea das plantas de arroz, em relação ao estudo das fontes de silício, a Wollastonita gerou maior disponibilidade do elemento Si para a planta, independentemente da dose aplicada (100, 200 e 400 kg ha<sup>-1</sup>) em comparação com a aplicação das mesmas doses de Silicato de Magnésio (Tabela 23).

Tabela 23- Concentração de Si na parte aérea e acumulado de plantas de arroz colhidas no 1º cultivo.

Dose	Si na planta			
	Si na parte aérea		Si acumulado	
	Wollastonita	Silicato de Mg	Wollastonita	Silicato de Mg
kg ha <sup>-1</sup>	-----g kg <sup>-1</sup> -----		-----mg vaso <sup>-1</sup> -----	
0	0,7		69,8	
100	1,5*	1,1*	137,4*	100,4*
200	1,9*	1,1	188,6*	100,8*
400	2,7*	1,2*	352,5*	110,2*
Média	2,0 a	1,1 b	226,2 a	103,8 b
Si na parte aérea: DMS Dunnett: 0,4; DMS Tukey: 0,3; Cv (%): 12,9				
Si Acumulado: DMS Dunnett: 39,8; DMS Tukey: 36; Cv (%): 13,3				
Médias seguidas por letras distintas na linha diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de significância.				
* significativo em relação à testemunha pelo teste de Dunnett a 0,05 de significância.				

Em relação à testemunha, a aplicação de Wollastonita em todas as doses e a aplicação de Silicato de Magnésio nas doses de 100 e 400 kg ha<sup>-1</sup> se mostraram superiores no fornecimento de silício para as plantas, diferindo-se significativamente da testemunha (Tabela 23).

Quanto ao silício acumulado, no estudo do efeito das fontes de silício, nota-se que a aplicação de Wollastonita, em todas as doses gerou melhores resultados em comparação com o Silicato de Magnésio, aplicado nas mesmas doses (Tabela 23).

Além disso, no que concerne à testemunha, todas as doses de Wollastonita e a dose de 400 kg ha<sup>-1</sup> de Silicato de Magnésio se mostraram divergentes da mesma (Tabela 23).

Já o estudo da implicação das doses de silício sobre a disponibilidade desse elemento na planta demonstra um comportamento linear para a Wollastonita e para o Silicato de Magnésio, o que indica que, de forma proporcional, com o incremento da dose aplicada, os teores de Si na parte aérea da planta também aumentam (Figura 7).

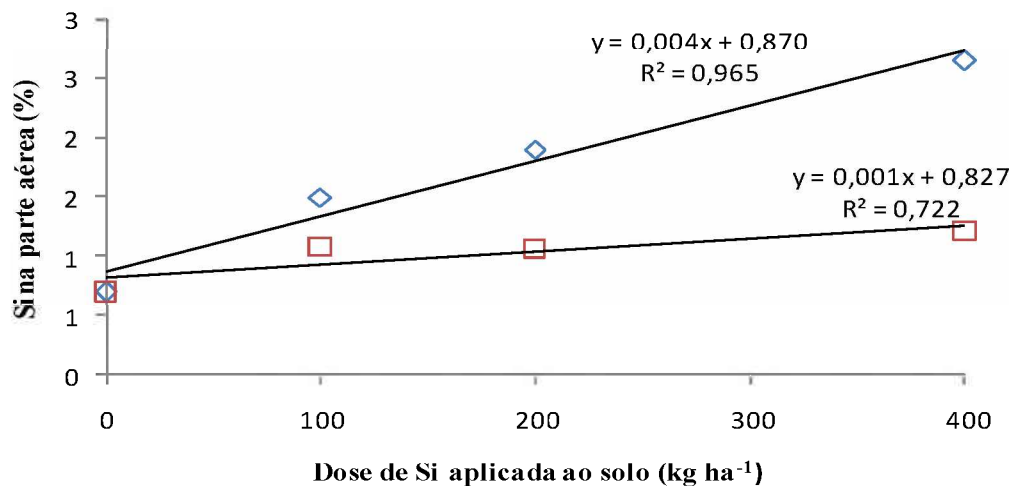


Figura 7- Concentração de Si na parte aérea de plantas de arroz colhidas no 1º cultivo em função da aplicação de doses crescentes de Wollastonita e Silicato de Magnésio.

De acordo com a classificação proposta por KORNDÖRFER et al., (1999), ao analisar os teores de Si na planta, os classifica como “BAIXO” quando menores que 17 g kg<sup>-1</sup>; “MÉDIO”, de 17 a 34 g kg<sup>-1</sup> e “ALTO” acima de 34 g kg<sup>-1</sup>. De acordo com essa classificação, a média dos teores de Si na planta do tratamento com Wollastonita são considerados “MÉDIO”, enquanto que os teores médios de Si na parte aérea do tratamento com Silicato de Magnésio são avaliados como “BAIXO”, o que demonstra que a Wollastonita respondeu melhor ao fornecimento de Si para a parte aérea das plantas em comparação com as mesmas doses aplicadas de Silicato de Magnésio.

Além disso, à medida que se aumentou a dose de Wollastonita, aumentaram-se também os teores de Si na parte aérea das plantas de arroz. Esses resultados se assemelham aos de FARIA (2000), que trabalhou com arroz-de-sequeiro e analisou sua tolerância ao déficit hídrico. Seus resultados demonstram resposta linear em relação aos teores de silício na parte aérea das plantas quando se aplicou doses crescentes de silicato de cálcio (Wollastonita).

Quanto ao Si acumulado na parte aérea das plantas de arroz, nota-se que, no estudo das doses de Si, a Wollastonita apresentou um comportamento linear, posto que à medida que se aumentam as doses de Si aplicada, os teores de Si acumulado na parte aérea aumentam de forma proporcional. Entretanto, o mesmo não ocorre com o Silicato de Magnésio, cuja aplicação, independente da dose utilizada, não gerou aumento nos teores de Si acumulado na parte aérea das plantas (Figura 8).

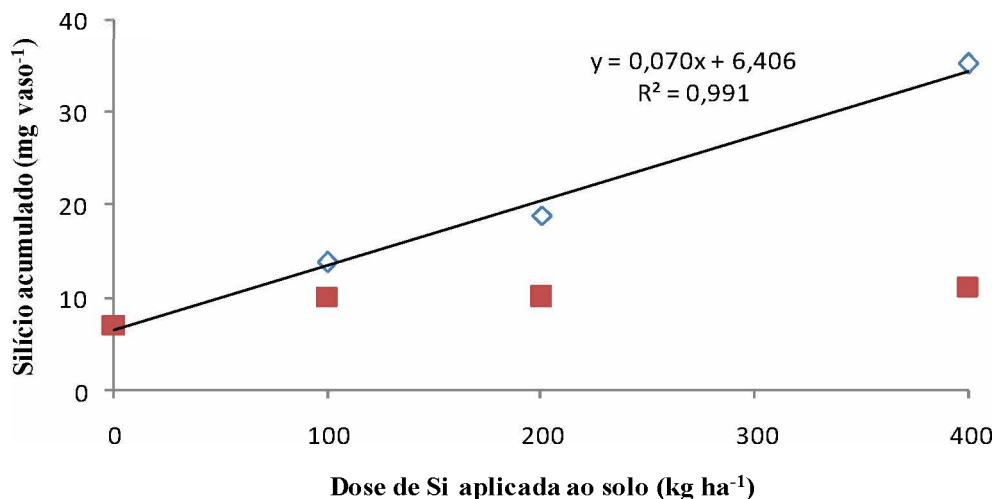


Figura 8- Silício acumulado na parte aérea de plantas de arroz colhidas no 1º cultivo em função da aplicação de doses crescentes de Wollastonita e Silicato.

No segundo cultivo os resultados encontrados nas diferentes fontes e doses em relação ao Si na parte aérea não foram significativos (Tabela 24). O que poderia justificar esses resultados seria a ocorrência do efeito de diluição, pois verificou-se elevados incrementos de massa seca das plantas no segundo cultivo ao comparar com o primeiro cultivo (Tabela 24).

Tabela 24- Concentração de Si na parte aérea e acumulado em plantas de arroz colhidas no 2º cultivo.

Dose kg ha <sup>-1</sup>	Si na planta			
	Si na parte aérea		Si acumulado	
	Wollastonita	Silicato de Mg	Wollastonita	Silicato de Mg
0	0,6		6,4	
100	0,5	0,3	8,7	7,3
200	0,4	0,4	8,7	7,2
400	0,6	0,5	14,5	9,1
Média	0,5 a	0,4 a	10,6 a	7,9 b

Si na parte aérea: DMS Dunnett: 0,4; DMS Tukey: 0,2; Cv (%): 48,46

Si Acumulado: DMS Dunnett: 4,6; DMS Tukey: 2,0; Cv (%): 26,79

Médias seguidas por letras distintas na linha diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de significância. \*significativo em relação à testemunha pelo teste de Dunnett a 0,05 de significância.

Quanto ao estudo do efeito de fontes sobre o silício acumulado, verifica-se que a aplicação de Wollastonita, em todas as doses foi mais responsiva em comparação com o Silicato de Magnésio (Tabela 24). Porém em relação a testemunha, não se observa diferença significativa entre as fontes utilizadas (Tabela 24).

### 3.2.8. Ca na planta

A aplicação do Silicato de Magnésio apresentou resultados semelhantes aos da Wollastonita para os teores de Ca na parte aérea (Tabela 25), no entanto vale destacar que, em função da baixa concentração de Ca no produto testado (Tabela 3) houve aplicação de doses consideráveis de  $\text{CaCO}_3$  de modo a equilibrar o teor do nutriente no solo com o dos demais tratamentos. Assim, pode-se inferir que o Ca absorvido pela planta seja proveniente do carbonato e não do silicato, o que explicaria a semelhança com de comportamento dos tratamentos com silicato de Mg e Wollastonita.

Referente ao estudo de comparação entre as diferentes doses, não apresentaram divergências da testemunha, que não recebeu a aplicação de Si e cujo teor de cálcio na planta foi  $2,1 \text{ g kg}^{-1}$ . Também não se identificou relação entre o aumento das doses de Si e o aumento no fornecimento de Ca para a planta (Tabela 25).

Tabela 25- Concentração de Cana parte aérea e acumulado de plantas de arroz colhidas no 1º cultivo.

Dose kg ha <sup>-1</sup>	Ca na planta			
	Ca na parte aérea		Ca acumulado	
	Wollastonita	Silicato de Mg	Wollastonita	Silicato de Mg
0	-----g kg <sup>-1</sup> -----		-----mg vaso <sup>-1</sup> -----	
	2,1		21,6	
100	1,8	2,1	16,9	19,3
200	1,8	2,1	18,4	20,0
400	1,9	2,0	25,1	18,6
Média	1,8 b	2,1 a	20,1 a	19,3 a

Ca na parte aérea: DMS Dunnett: 0,5; DMS Tukey: 0,2; Cv (%): 13,02

Ca Acumulado: DMS Dunnett: 9,5; DMS Tukey: 4,1; Cv (%): 24,02

Médias seguidas por letras distintas na linha diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de significância. \*significativo em relação à testemunha pelo teste de Dunnett a 0,05 de significância.

A respeito do Ca acumulado na parte aérea das plantas de arroz no primeiro cultivo, analisando-se tanto as fontes, quanto as doses de Si, compreende-se que independente da fonte ou da dose utilizada, os teores médios de Ca acumulado não diferiram, ou seja, a aplicação de Wollastonita e Silicato de Magnésio ocasionaram teores de Ca acumulados semelhantes (Tabela 25).

No segundo cultivo não se observou diferença significativa nem no estudo entre as fontes e nem em relação as doses utilizadas, onde os resultados encontrados para as diferentes fontes, doses e testemunhas obtidos foram de  $1,1 \text{ g kg}^{-1}$  (Tabela 26).

Tabela 26- Concentração de Cana parte aérea e acumulado de plantas de arroz colhidas no 2º cultivo.

Dose	Ca na planta			
	Ca na parte aérea		Ca acumulado	
	Wollastonita	Silicato de Mg	Wollastonita	Silicato de Mg
kg ha <sup>-1</sup>	-----g kg <sup>-1</sup> -----		-----mg vaso <sup>-1</sup> -----	
0	1,1		16,0	
100	1,0	1,2	18,6 b	26,6*a
200	1,2	1,1	25,4* a	18,1 b
400	1,2	1,1	29,0* a	20,2 b
Média	1,1 a	1,1 a	24,4	21,6

Ca na parte aérea: DMS Dunnett: 0,26; DMS Tukey: 0,11; Cv (%): 11,34  
 Ca Acumulado: DMS Dunnett: 8,5; DMS Tukey: 3,6; Cv (%): 19,56

Médias seguidas por letras distintas na linha diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de significância. \*significativo em relação à testemunha pelo teste de Dunnett a 0,05 de significância.

O Ca acumulado na parte aérea das plantas em comparação das fontes utilizadas se nota que a aplicação via Wollastonita apresentou resultados mais significativos que o Silicato de Magnésio nas doses de 200 e 400 kg ha<sup>-1</sup> (Tabela 26). Em relação ao estudo de comparação entre as diferentes doses, apresentaram divergências da testemunha nas doses de 200 e 400 kg ha<sup>-1</sup> via Wollastonita, e também na dose de 100 kg ha<sup>-1</sup> via Silicato de Magnésio, porém isso se deve a correção do solo para que todos tratamentos recebessem a mesma quantidade de Ca, via CaCO<sub>3</sub>. Se identificou relação entre o aumento das doses de Si e o aumento no fornecimento de Ca para a planta com o uso da Wollastonita (Tabela 26).

### 3.2.9. Mg na planta

Analisando as fontes de Si, nota-se que não há diferenças entre as mesmas, ou seja, a aplicação de Wollastonita e Silicato de Magnésio resultaram em teores médios iguais de magnésio na parte aérea das plantas de arroz (Tabela 27). A comparação com as doses mostra que também não há divergências entre as diferentes doses e o tratamento que não recebeu o nutriente Si, a testemunha. Ainda a respeito das doses de Si, não se observa incremento no fornecimento de magnésio para a parte aérea do arroz quando se aumenta as doses de Si aplicadas ao solo, através dos tratamentos com Wollastonita e Silicato de Magnésio (Tabela 27).

Tabela 27- Concentração de Mg na parte aérea e acumulado de plantas de arroz colhidas no 1º cultivo.

Dose	Mg			
	Mg na parte aérea		Mg acumulado	
	Wollastonita	Silicato de Mg	Wollastonita	Silicato de Mg
kg ha <sup>-1</sup>	-----g kg <sup>-1</sup> -----		-----mg vaso <sup>-1</sup> -----	
0	2,9		29,7	
100	2,7	2,8	25,6	25,9
200	2,7	2,9	27,5	27,7
400	2,6	2,5	34,4	22,8
Média	2,7 a	2,7 a	29,2 a	25,5 a

Mg na parte aérea: DMS Dunnett: 0,5; DMS Tukey: 0,2; Cv (%): 9,18  
Mg Acumulado: DMS Dunnett: 11,8; DMS Tukey: 5,1; Cv (%): 21,71

Médias seguidas por letras distintas na linha diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de significância. \*significativo em relação à testemunha pelo teste de Dunnett a 0,05 de significância.

A respeito do Mg acumulado na parte aérea das plantas de arroz, nota-se que, no estudo das fontes de silício, a utilização de Wollastonita e Silicato de Magnésio não demonstraram diferenças significativas, isto é, independente da fonte de Si utilizada, os teores médios de Mg acumulado são iguais (Tabela 27). No que se refere às doses de Si aplicadas ao solo, compreende-se que nenhuma das mesmas, independente da fonte observada, apresentou diferenças em comparação com a Testemunha. Ademais, não se observou relação entre o aumento das doses de Si aplicadas ao solo e o fornecimento de Mg acumulado para a parte aérea das plantas (Tabela 27).

No segundo cultivo não houve diferença significativa entre as fontes utilizadas, onde os teores do Mg acumulado na parte aérea das plantas de arroz em média foram semelhantes com a utilização da Wollastonita e do Silicato de Magnésio (Tabela 28).



Tabela 28- Concentração de Mg na parte aérea e acumulado de plantas de arroz colhidas no 2º cultivo.

Dose	Mg			
	Mg na parte aérea		Mg acumulado	
	Wollastonita	Silicato de Mg	Wollastonita	Silicato de Mg
kg ha <sup>-1</sup>	g kg <sup>-1</sup>		mg vaso <sup>-1</sup>	
0	2,9		43,1	
100	2,1	3,0	36,5 b	64,5 a
200	3,3	3,0	70,7 a	49,3 a
400	3,4	3,2	79,5* a	57,3 a
Média	2,9 a	3,0 a	62,3	57

Mg na parte aérea: DMS Dunnett: 0,13; DMS Tukey: 0,5; Cv (%): 23,25  
Mg Acumulado: DMS Dunnett: 3,31; DMS Tukey: 1,42; Cv (%): 29,34

Médias seguidas por letras distintas na linha diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de significância. \*significativo em relação à testemunha pelo teste de Dunnett a 0,05 de significância.

Na avaliação do estudo das doses aplicadas também não se observa divergências entre as diferentes doses e a testemunha. Ainda a respeito das doses de Si, não se observa incremento no fornecimento de magnésio para a parte aérea do arroz quando se aumenta as doses de Si aplicadas ao solo, através dos tratamentos com ambas fontes utilizadas (Tabela 28).

No parâmetro de Mg acumulado na parte aérea das plantas de arroz, nota-se que, no estudo das fontes de silício, a utilização de Wollastonita foi superior nas doses de 200 e 400 kg ha<sup>-1</sup>, porém não apresentando diferença estatística significativa, já na dose de 100 kg ha<sup>-1</sup>, se nota que a aplicação via Silicato de Magnésio foi mais responsiva do que em relação a Wollastonita, apresentando diferença significativa (Tabela 28). No que se refere às doses de Si aplicadas ao solo, compreende-se que nenhuma das mesmas, somente a dose de 400 kg ha<sup>-1</sup> via Wollastonita apresentou diferença significativa em comparação com a testemunha. (Tabela 28).

FAGERIA, et al. (1995) em sua classificação, determina que os teores médios obtidos para Mg na parte aérea de plantas de arroz dos tratamentos com Wollastonita e Silicato de Magnésio nos dois cultivos são considerados ADEQUADO” (0,17-0,30 g kg<sup>-1</sup>) em Mg.

#### 4. CONCLUSÃO

Nos solos de textura argilosa, a Wollastonita proporcionou maior teor de Si na parte aérea de plantas de arroz, todavia houve também incremento pelo aumento da dose de Silicato de Magnésio. O fornecimento de silício ao solo com Silicato de Magnésio foi semelhante ao da Wollastonita na dose de 100 kg ha<sup>-1</sup> de Si.

Em ambos solos, referente a massa seca, não houve diferenças significativas entre as fontes no primeiro cultivo, já no segundo se observou nas menores doses os resultados foram mais responsivos com a aplicação do Silicato de Magnésio.

No que diz respeito à altura das plantas, no solo arenoso no segundo cultivo em todas as doses aplicadas o Silicato de Magnésio gerou resultados superiores em relação a Wollastonita, já no solo argiloso somente na dose de 100 kg ha<sup>-1</sup>, se nota o mesmo.

Em relação ao Si na parte aérea das plantas de arroz, todos os tratamentos resultaram em maior concentração quando comparados à testemunha.

O pH do solo foi superior ao da testemunha e da Wollastonita quando se aplicou 100 e 200 kg ha<sup>-1</sup> do Silicato de Magnésio no segundo cultivo.

O teor de Mg na parte aérea das plantas de arroz no segundo cultivo do solo arenoso foi superior nos tratamentos com Silicato de Magnésio indicando o como a fonte mais eficiente em todas as doses aplicadas, sendo observado o mesmo para o Mg acumulado. No solo argiloso o Silicato de Magnésio obteve melhores resultados para Mg acumulado para as menores doses e em ambos cultivos.

#### 5. REFERÊNCIAS

ALCARDE, J.C. **Corretivos da acidez dos solos: características e interpretações técnicas.**São Paulo, Associação Nacional para Difusão de Adubos, 1992. (Boletim Técnico, 6)

ALVAREZ, V. H., et al. Interpretação dos resultados das análises de solos. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ, V. H. (Org). **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais.** Viçosa: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. p. 143-167.

BARBOSA FILHO, M.P.; et al. Silicato de cálcio como fonte de silício para o arroz de sequeiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 25, p.325-30, 2001.

BARBOSA FILHO, M.P.; SNYDER, G.H.; PREBHU, A.S.; DATNOFF, L.E.; KORNDORFER, G.H. Importância do silício para cultura do arroz: uma revisão de

literatura. **Informações Agronômicas**, Piracicaba, v. 8, p. 1-9, mar. 2000. Encarte técnico.

BRESEGHELLO, F.; MORAIS, O. P.; CASTRO, E. M. **Cultivo do arroz em terras altas no Estado de Mato Grosso**. 2006. Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Arroz/ArrozTerrasAltasMatoGrosso/cultivares.htm>>. Acesso em ago. 2016.

CARVALHO, J.C. **Análise de crescimento e produção de grãos da cultura do arroz irrigado por aspersão em função da aplicação de escórias de siderurgia como fonte de silício**. 2000. 119p. Dissertação (Mestrado)-Universidade Estadual Paulista. Botucatu, 2000.

CLAUSSEN, W.; LENS, F. Effect of ammonium and nitrate on net photosynthesis, flower formation, growth and yield of eggplants (*Solanum melongena* L.). **Plant and Soil**, Grossbeeren, v. 171, n. 2, p. 267-274, 1995.

DUNITO. 2013. Disponível em: <<http://pt.wikipedia.org/wiki/Dunito>>. Acesso em: 18 set. 2016.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro: CNPS, 1997. 212p.

EPSTEIN, E. The anomaly of silicone in plant biology. **Proceeding of the National Academy Science**, Washington, v.91, n. 1, p. 11-17, Jan. 1994.

EPSTEIN, E.; BLOOM, A.J. **Nutrição mineral de plantas: princípios e perspectivas**. 2.ed. Londrina: Planta, 2006. 403p.

FAGERIA, N.K.; Zimmermann, F.J.P.; Baligar, V.C. **Lime and phosphorus interactions on growth and nutrient uptake by upland rice, wheat, common bean, and corn in an Oxisol**. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v.18, p.2519-2532, 1995.

FARIA, R.J. **Influência do silicato de cálcio na tolerância do arroz de sequeiro ao déficit hídrico do solo**. 2000. 47f. Dissertação (Mestrado em solos e nutrição de plantas) -Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2000.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.

KALYONCU, Rustu – **U.S. Geological Survey Minerals Yearbook – Slag – Iron and Steel**, 2000.

KORNDÖRFER, G. H.; DATNOFF, L. E. Adubação com silício: uma alternativa no controle de doenças da cana-de-açúcar e do arroz. **Potafos - Informações Agronômicas**, Piracicaba, v. 70, p. 1-5, jun. 1995.

KORNDÖRFER, G.H.; GASCHO, G.J. Avaliação de fontes de silício para o arroz. In: CONGRESSO NACIONAL DE ARROZ IRRIGADO, 1., Pelotas, 1999. **Anais**. Pelotas: [s.n]. 1999. p.313-316.

KORNDÖRFER, G.H.; et al. **Soil and plant silicon calibration for rice production**. Florida, 1999. p.14-15 (Manuscript prepared for the Rice Council Meeting, Belle Glade).

KORNDÖRFER, G. H.; PEREIRA, H. S.; CAMARGO, M. S. **Silicatos de cálcio e magnésio na agricultura**.Uberlândia: UFU, ICIAG, 2004a. 23 p. (Boletim Técnico, 1).

KORNDÖRFER, G. H.; PEREIRA, H. S.; NOLLA, A. **Análise de silício: solo, planta e fertilizantes**. Uberlândia: UFU, 2004b. v. 1. 50 p. (Boletim Técnico 2).

LIANG, Y.C.; et al. Silicon availability and response of rice and wheat to silicon in calcareous soils. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, Nanquim,v. 25, p. 2285-2297, 1994.

LIMA FILHO, O. F. **O silício é um fortificante e antiestressante natural para as plantas**.Belo Horizonte: SiliFertil, 2005. Disponível em: . Acesso em: 10 out. 2016.

MA, J.; TAKAHASHI, E. Effect of silicon on the growth and phosphorus uptake of rice. **Plant Soil**, Kyoto, v. 126, p. 115-119, 1990.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2ed. London: Academic Press, 1995. 889p.

MAUAD M.; GRASSI FILHO H.; CRUSCIOL C. 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**, Viçosa, v.27, p. 867-873, 2003.

PEREIRA, H. S.; KORNDÖRFER,G. H.; MOURA,W. F.&CORRÊA, G. F.Extratores de silício disponível em escórias e fertilizantes. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 27, p. 265-274, 2003a.

PEREIRA, H.S.; et al.Avaliação de fontes e de extratores de silício no solo. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v.42, n.2, p.239-247, fev. 2007.

POZZA, A.A.A. **Silício em mudas de cafeeiro: efeito na nutrição mineral e na suscetibilidade à cercosporiose em três variedades, 2004. 8 p. Tese (Doutorado)**. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2004.

RAMOS, L.A. **Reatividade de fontes de silício e sua eficiência na absorção e acumulação na cultura do arroz irrigado**. 2005. 63 f. Dissertação (mestrado)- Instituto de CiênciasAgrárias, Universidade Federal de Uberlândia, 2005.

RAMOS, L. A.; KORNDÖRFER, G. H.; NOLLA, A. Acúmulo de Silício em plantas de arroz do ecossistema de várzea submetido à aplicação de diferentes fontes. **Bragantia**, Campinas, v.67, n.3, p.751-757, 2008

SILVA, V. A; **Eficiência de fontes de Silício para a cultura do arroz**; Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Agronomia)- Universidade Federal de Uberlândia. Uberlândia, Jun. 2008.

SILVA, F. A. S.; Azevedo, C. A. V. Principal Components Analysis in the Software Assisat-Statistical Attendance. In: **WORLD CONGRESS ON COMPUTERS IN AGRICULTURE**, 7, Reno-NV-USA: American Society of Agricultural and Biological Engineers, 2009.

TAKAHASHI, E. Uptake mode and physiological functions of sílica. In: **SCIENCE OF THE RICE PLANT: Physiology**. Food and Agricultural Policy Research Institute, Tokyo, v.2, p.420-433, 1240p, 1996.

TANAKA, A.; PARK, Y.D. Significance of the absorption and distribution of silica in the growth of rice plant. **Soil Science & Plant Nutrition**, v. 12, p. 23-28, 1966.