

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS- ICIAG

KARINA RODRIGUES MARTINS

**SUBPRODUTO DA PRODUÇÃO DE KCL A PARTIR DO VERDETE COMO FONTE
DE SILÍCIO PARA O ARROZ**

Uberlândia - MG

Abril 2013

KARINA RODRIGUES MARTINS

**SUBPRODUTO DA PRODUÇÃO DE KCL A PARTIR DO VERDETE COMO
FONTE DE SILÍCIO PARA O ARROZ**

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

Orientador: Prof. Dr. Hamilton Seron Pereira

Uberlândia – MG

Abril 2013

KARINA RODRIGUES MARTINS

**SUBPRODUTO DA PRODUÇÃO DE KCL A PARTIR DO VERDETE COMO FONTE
DE SILÍCIO PARA O ARROZ**

Aprovado pela Banca Examinadora em 15 de abril de 2013.

Prof. Dr. Lucas Carvalho Basílio de Azevedo
Membro da Banca

Eng. Agrônoma Ivanielle Nahas Duarte
Membro da Banca

Prof. Dr. Hamilton Seron Pereira
Orientado

Resumo

O Silício tem mostrado efeitos benéficos na adubação de plantas, atuando em vários aspectos como, produtividade, resistência a doenças e pragas, redução dos efeitos de metais que tem potencial tóxico, estresse hídrico e também efeito salino. Esses efeitos são mais observados nas gramíneas, como o arroz (*Oryza sativa*), que são plantas acumuladoras de silício. O Subproduto é um resíduo gerado a partir da produção de KCl utilizando como matéria prima o Verdete, é um resíduo rico em silício e potássio. O objetivo desse trabalho é avaliar o valor agrônômico do subproduto da produção de KCl a partir do Verdete, como fonte de silício para a cultura do arroz, para a possibilidade de uso deste resíduo na agricultura. O experimento foi conduzido na casa de vegetação do ICIAG no ano de 2012. O delineamento utilizado foi o de bloco casualizados (DBC) com 5 tratamentos e 4 repetições, no esquema fatorial $2 \times 2 + 1$, sendo duas fontes (wollastonita, subproduto), duas doses (100 kg ha⁻¹, 200 kg ha⁻¹) mais uma testemunha. Antes da semeadura foi feita a correção do solo e adubação básica do arroz. Foram realizados dois cultivos consecutivos de arroz, com colheita 70 dias após a semeadura. Após o corte da parte aérea foi feita a coleta de para ambos os cultivos. A diferença entre os dois cultivos é que no segundo as fontes de silício não foram reaplicadas. As variáveis analisadas para parte aérea foram concentração e o acúmulo de potássio, cálcio, magnésio e silício. Para o solo foram, potássio disponível no solo com o extrator Mehlich1, Ca e Mg trocáveis. O Subproduto não diferiu estatisticamente da Wollastonita para a quantidade de Si foliar, demonstrando ser uma boa fonte de Si para as plantas de arroz. Entretanto para a quantidade de Si disponível no solo a Wollastonita demonstrou ser mais eficiente na liberação desse nutriente para o solo do que o Subproduto. Portanto, após os dois cultivos consecutivos, pode-se concluir que o Índice de Eficiência Agrônômica (IEA) do subproduto foi maior do que a wollastonita.

Palavras chave: *Oryza sativa* e adubação e nutrientes.

Sumário

1. Introdução.....	6
2. Revisão de literatura.....	8
2.1. Silício na cultura do arroz.....	8
2.2. Silício no solo.....	9
2.3. Importância do silício para as plantas.....	9
2.4. Subproduto da produção de KCl a partir do Verdete.....	10
3. Material e Métodos.....	11
3.1. Caracterização das fontes de silício.....	11
3.2. Solo utilizado.....	12
3.3. Tratamentos.....	12
3.4. Condução do experimento.....	13
3.5. Avaliações do experimento.....	14
3.5.1. Parte aérea.....	14
3.5.2. Análises de solo.....	14
3.5.3. Cálculo do índice de Eficiência Agronômica.....	14
3.6. Análises estatísticas.....	15
4. Resultados e discussão.....	16
4.1. Produção de matéria seca da parte aérea.....	16
4.2. Concentração e quantidade de potássio acumulado na parte aérea do arroz.....	17
4.3. Concentração e quantidade de cálcio e magnésio acumulado na parte aérea do arroz.....	21
4.4. Concentração e quantidade de silício acumulado na parte aérea do arroz.....	25
4.5. Teor de potássio, cálcio e magnésio disponível no solo.....	28
4.6. Teor de silício disponível no solo.....	31
5. Conclusão.....	33
6. Referências.....	34

1. Introdução

O Silício na adubação das plantas tem mostrado benefícios em vários aspectos como, produtividade, resistência a doenças e pragas, redução dos efeitos de metais que tem potencial tóxico, estresse hídrico e também efeito salino. A absorção desse nutriente pela planta auxilia na regulação da transpiração vegetal, sua deposição nas células da epiderme forma uma camada de sílica que impede que fungos e hifas penetrem na superfície da folha e insetos causem danos às mesmas (Rodrigues et al, 2011).

A aplicação de silício na planta, em geral, ocorre através do solo por fontes silicatadas, que disponibilizam o nutriente e também provocam a correção do pH, minimizando os efeitos tóxicos de alguns elementos como: Ferro, alumínio e manganês, além de fornecer cálcio e magnésio que são essenciais ao desenvolvimento da planta.

As gramíneas são plantas acumuladoras de silício, e por isso, os efeitos citados acima podem ser melhor observados nessas espécies. Segundo (Braga 2004) o arroz, como uma gramínea é altamente responsivo a adubação com silício, e isso proporciona a essa espécie maior acúmulo de matéria seca e incremento da produção de grãos.

A maioria dos solos contém quantidades significativas de Si, porém os cultivos sucessivos podem diminuir consideravelmente a quantidade desse elemento no solo, havendo necessidade de adubação (Arantes, 1997). Porém nos solos de cerrado, por serem muito lixiviados são deficientes nesse nutriente, obtendo boa respostas a adubação silicatada.

O uso do silício como elemento benéfico tem sido estudado em vários trabalhos. (Faria (2000) observou aumento de produtividade no arroz, independente do solo e aumento linear da produção de grãos com diferentes fontes de silício, sugerindo também que doses acima das utilizadas em seu trabalho proporcionaria maior produção de grãos.

Uma das fontes de Si na agricultura é a Wollastonita que é um silicato de cálcio natural com altos teores de CaSiO_3 e alto grau de pureza utilizado como padrão para experimentos com si (Ramos, 2005). Outra possível fonte de Si que vem sendo estudada é o Subproduto que é gerado em grande quantidade, pois, para cada 1 tonelada de KCl produzido são gerados 11 toneladas desse resíduo que é rico em Si e K. Isso possibilita a utilização desse resíduo na agricultura.

Existem várias vantagens na utilização do Subproduto, dentre elas, a reutilização de resíduo, diminuindo o passivo ambiental; por conter silício, potássio, cálcio e magnésio em sua composição

química podem fornecer esses nutrientes para a planta; é barato para o produtor por ser um resíduo da produção de KCl; e pode agir também como condicionador de solo e pode ser uma ferramenta para proteção da produtividade que a cultura tem o potencial de expressar.

O objetivo do trabalho é avaliar o valor agrônômico do subproduto da produção de Cloreto de Potássio (KCl) a partir do Verdete, como fonte de silício para a cultura do arroz, para a possibilidade de uso deste resíduo na agricultura.

Revisão de literatura

2.1. Silício na cultura do arroz

O arroz é um grão com imenso valor na alimentação humana no Brasil, por uma questão cultural é à base do cardápio da maioria dos brasileiros. No Brasil, a safra 2013 de arroz está estimada em torno de 12.062,0 mil toneladas, cultivada em 2.420,1 mil hectares (CONAB, 2013). Segundo Barbosa Filho et al. (2001), sua produtividade é afetada principalmente pela baixa fertilidade do solo, pelo déficit hídrico nos solos do cerrado e também pela alta suscetibilidade do arroz à brusone, uma das principais doenças na cultura, causada pelo fungo *Pyricularia grisea*.

Existem resultados promissores na literatura relacionados com a utilização de Si na agricultura para o cultivo do arroz, dentre eles, o aumento do número de folhas, aumento de massa seca de plantas e número de espiguetas por panícula, maior altura de plantas, melhor formação e qualidade da casca dos grãos e maior teor e acúmulo de Si na parte aérea da planta (Bittencourt et al. 2004, Tokura et al. 2007).

O uso do silício como elemento benéfico tem sido estudado em vários trabalhos. (Faria 2000) observou aumento de produtividade no arroz, independente do solo e aumento linear da produção de grãos com diferentes fontes de silício, sugerindo também que doses acima das utilizadas em seu trabalho proporcionaria maior produção de grãos.

A acumulação de Si na planta ocorre nas células epidérmicas das folhas, na parede celular e também nos exudatos de transpiração dos órgãos na forma de sílica coloidal. A maior parte do silício acumulado, 99 % do total se encontra na forma de ácido silícico polimerizado, composto de difícil solubilização, a quantidade que resta, menos de 1% está na forma coloidal ou iônica. Segundo Ma (2005) o transporte de Si para o interior das raízes se dá com gasto de energia, sendo um processo ativo, já que a concentração de Si dentro da célula da raiz era maior que fora, observando mesmo nessa condição a absorção desse nutriente contra a gradiente de concentração.

2.2. Silício no solo

De acordo com (MA et al., 2001) O silício é o principal componente de minerais do grupo dos silicatos, compreendendo 28% da crosta terrestre, esse nutriente apresenta-se de forma livre ou combinada como parte dominante da fração sólida e dissolvida na solução do solo.

As formas principais de silício no solo são: (H_4SiO_4 – ácido monossilícico), que pode ter origem da decomposição dos resíduos de culturas, dos fertilizantes silicatados, da água de irrigação, da dissociação dos polímeros do ácido monossilícico, da dessorção dos óxidos de ferro e de alumínio ou da dissolução dos minerais do solo, é o silício solúvel que está disponível para absorção pelas plantas, sendo desprovido de carga elétrica; minerais silicatados, silício polimerizado, orgânico e na forma de fitólitos, assim como o silício adsorvido ou precipitado juntamente com os óxidos de ferro e alumínio, segundo (KORNDÖRFER et al., 2004).

Existe uma relação estreita positiva entre a fertilidade natural dos solos e o teor de silício disponível para as plantas, como foi comprovada por (Lima filho et al, 2005).

A maioria dos solos contém quantidades significativas de Si, porém os cultivos sucessivos podem diminuir consideravelmente a quantidade desse elemento no solo, havendo necessidade de adubação (Arantes, 1997). Porém nos solos de cerrado, por serem muito lixiviados são deficientes nesse nutriente, obtendo boa respostas a adubação silicatada.

Solos com teores de silício menores que 10 mg dm^{-3} , com extrator ácido acético, devem receber adubação silicatada, enquanto os solos com teores iguais ou maiores que 15 mg dm^{-3} não necessitam de adubação silicatada (Snyder et al., 2006, anais do V Simpósio Brasileiro sobre Silício na agricultura).

2.3. Importância do silício para as plantas

O silício tem papel importante nas relações planta- ambiente, atuando como antiestressante natural, esse nutriente pode proporcionar às plantas melhores condições para suportarem as adversidades climáticas, edáficas e biológicas, trazendo um aumento e maior qualidade da produção. Quanto maior for sua absorção, transporte e acumulação pela planta, melhor a planta vai resistir aos danos do estresse o qual está submetida.

As funções do Silício nas plantas segundo (Epstein e Bloom 2006), estão relacionadas com a diminuição desses efeitos causados pelas condições de estresse aos quais as plantas podem estar submetidas. O silício está envolvido nas plantas em processos como: aumento do crescimento e produção de inúmeras plantas selvagens e cultivadas; incremento na rigidez estrutural e prevenção do acamamento; favorecimento de exposição favorável à luz solar; efeitos sobre a aparência e aspereza da superfície da planta; resistência da mesma a estresses abióticos e bióticos e influência na composição mineral N, P e outros elementos (Anais do V Simpósio Brasileiro sobre Silício na agricultura).

Assim os principais benefícios que o silício pode proporcionar às plantas com o uso agrícola dos silicatos, são: aumento do crescimento; aumento da produtividade; da força mecânica do colmo e a resistência ao acamamento; aumento da atividade radicular, promovendo maior absorção de água e outros nutrientes; aumenta o poder de oxidação das raízes por precipitar os elementos tóxicos como Al; a resistência a pragas e doenças; a proteção contra temperaturas extremas e ao estresse salino; aumenta a massa individual das sementes e a fertilidade dos grãos de pólen, a produção de carboidratos e açúcares; neutraliza o alumínio tóxico do solo; diminui a toxidez causada pelo manganês e outros metais pesados; favorece a penetração da luz por manter as plantas mais eretas, promovendo assim a fotossíntese; em gramíneas diminui a transpiração excessiva aumentando a resistência a veranicos (Takahashi, 1995; Epstein, 1999).

2.4. Subproduto da produção de KCl a partir do Verdete

O verdete é encontrado predominantemente na região do Alto Paranaíba (Minas Gerais), nas imediações dos municípios de Abaeté, Carmo do Paranaíba, Cedro do Abaeté, Dolores do Indaiá, Estrela do Indaiá, Matutina, Papagaios, Rio Paranaíba, São Gotardo, Serra da Saudade e Tiros.

O verdete é uma rocha de coloração verde cuja mineralogia é composta por 13% quartzo, 29% feldspato potássico, 58% mica (representada por 9% de muscovita e 49% de biotita) e menor que 1% outros minerais. Sua fórmula empírica é $K_{0,6} Na_{0,05} Fe^{3+}_{1,3} Mg_{0,4} Fe^{2+}_{0,2} Al_{0,3} Si_{13,8} O_{10}(OH)$. A porcentagem de K_2O dessa rocha varia entre 7 e 14% (PIZA et al., 2009).

O Subproduto é um resíduo gerado a partir da produção de KCl utilizando como matéria prima o Verdete. Esse resíduo é rico em silício e potássio e para cada tonelada de KCl produzido a geração de 11 toneladas do mesmo.

2. Material e Métodos

O experimento com arroz foi instalado na casa de vegetação, localizada no Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Uberlândia. O solo utilizado foi um Latossolo Vermelho distrófico (LVd). As amostras foram classificadas química e fisicamente (Tabela 01 e 02 respectivamente). O delineamento utilizado foi o de blocos casualizados (DBC) com quatro repetições, cujos tratamentos são apresentados na Tabela 4.

3.1. Caracterização das fontes de silício

Uma amostra de cada fonte de Si utilizada no experimento foi levada para o laboratório a fim de fazer sua caracterização química e física (tabela 01 e 02).

Tabela 01. Caracterização química das fontes utilizadas no experimento.

Caracterização Química*		Fonte	
		Wollastonita	Subproduto KCl
		-----	% -----
K ₂ O	Total	-	4,4
	Solúvel em água	-	0,0
	Solúvel em ácido cítrico 2 %	-	0,8
	Solúvel em ácido tartáico 5%	-	0,8
Silício	Total	20,70	26,80
	Solúvel em NaCO ₃ + NO ₃ NH ₄	11,00	2,48
Cão		42,4	7,9
MgO		1,9	3,3

*O teor de silício e potássio foi determinado segundo metodologia descrita por Korndorfer et al., 2004, o teor de CaO e MgO foi segundo a metodologia da Embrapa, 1999.

Tabela 02. Caracterização física das fontes utilizadas nos experimentos

Caracterização física	Fontes	Subproduto KCl
	Wollastonita	
	Pó	Pó

3.2. Solo utilizado

O solo utilizado nos experimentos foi classificado como Latossolo Vermelho típico (LVd) e sua caracterização química e física está apresentada na tabela 03.

Tabela 03. Caracterização química das amostras do Latossolo Vermelho Distrófico, onde foi instalado o experimento.

	pH	P Mg dm ⁻³	K ⁺	Al ³⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	SB	T	T	V	m	M.O.
			----- cmol _c dm ⁻³ -----							---	---	g kg ⁻¹
LVd	4,4	2,0	0,04	0,70	0,20	0,20	0,26	0,96	7,30	4,00	73,0	40,0

pH – CaCl₂ ; P¹ - Extrator Resina de troca catiônica; Ca, Mg e Al - Extrator KCl 1 mol L⁻¹; K - Extrator Mehlich (HCl 0,05 N + H₂SO₄ 0,025 N); t - CTC efetiva; T - CTC potencial (a pH 7,0) V - saturação por bases; m - saturação por alumínio (Embrapa, 1999). M.O – método calorimétrico.

3.3. Tratamentos

Foram aplicados no solo cinco tratamentos com quatro repetições, dispostos em esquema fatorial 2x2+1, sendo duas fontes de silício (wollastonita e subproduto do KCl), em duas doses (100 e 200 kg ha⁻¹ de Si) e um tratamento adicional que não recebeu silício (Tabela 04) o delineamento utilizado foi o de blocos casualizados (DBC).

Tabela 04. Tratamentos utilizados no teste biológico.

Tratamentos	Dose (kg ha ⁻¹)	Dose equivalente em Fonte kg/vaso	
1	Testemunha	Testemunha	Testemunha
2	100	0,0003	Wollastonita
3	200	0,0005	Wollastonita
4	100	0,0003	Subproduto
5	200	0,0005	Subproduto

3.4. Condução do experimento

Foram realizados dois cultivos consecutivos. Para ambos os cultivos as unidades experimentais foram constituídas de vasos contendo 5 kg de amostra de terra fina seca ao ar (TFSA). Os tratamentos foram aplicados 30 dias antes da semeadura. Foram adicionados CaCO_3 + MgCO_3 para obter a proporção 3:1 de Ca e Mg. Antes da semeadura os solos do experimento receberam 200 mg kg^{-1} de nitrogênio, 300 mg kg^{-1} de P_2O_5 , provenientes das fontes sulfato de amônio, superfosfato simples, respectivamente, e 50 mg kg^{-1} 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.

Para os dois cultivos, o arroz foi semeado na profundidade de 2 cm, distribuindo-se 20 sementes viáveis por vaso. Após a emergência das sementes foi efetuado o desbaste, deixando 10 plantas por vaso. Aos 15 e 30 DAS (dias após a semeadura) do arroz, foi realizada a adubação de cobertura com 100 kg ha^{-1} de nitrogênio, utilizando como fonte, o sulfato de amônio. Aos 70 DAS, foi feita a colheita da parte aérea do arroz e posteriormente foi retirado uma amostra de solo para análise, com o auxílio de um mini- trado.

Após o primeiro cultivo, os solos dos vasos foram passados em uma peneira de 2 mm para remover as raízes do arroz. Esse solo foi retornado para os vasos de 5 kg e realizando um novo cultivo do arroz, sendo que neste segundo cultivo não foram reaplicadas as fontes de Si, apenas o sulfato de amônio, o superfosfato simples e o FTE BR-12 nas mesmas quantidades do primeiro cultivo.

3.5. Avaliações do experimento

3.5.1. Parte aérea

Nos dois cultivos consecutivos do arroz, a parte aérea das plantas foram colhidas 70 DAS, posteriormente colocadas em sacos de papel e levadas para a estufa a 65° C, para secarem até obterem peso constante. Após serem retiradas da estufa, as plantas foram pesadas para obtenção da massa seca, posteriormente, moídas para fazer a análise da concentração de potássio, cálcio e magnésio na parte aérea do arroz, segundo metodologia descrita por Embrapa (1999), e de silício segundo descrita por Korndörfer et al.(2004). A avaliação de cálcio, magnésio e potássio foram feitas devido à presença desses nutrientes na composição química do Subproduto. A quantidade dos nutrientes acumulados pela parte aérea foi obtida através dos resultados de produção de massa seca e da concentração do nutriente na parte aérea do arroz.

3.5.2. Análises de solo

Após a colheita da parte aérea do arroz, foram retiradas amostras de solo de cada vaso, com auxílio de um mini-trado, para determinar o potássio disponível no solo com o extrator Mehlich1, Ca e Mg trocáveis, pela metodologia descrita pela EMBRAPA (1999) e silício (Korndörfer et al.2004).

3.5.3. Cálculo do Índice de Eficiência Agronômica (IEA)

Utilizando a soma da matéria seca da parte aérea (MSPA) dos dois cortes do arroz calculou-se o Índice de Eficiência Agronômica (IEA) das fontes de silício da seguinte maneira:

$$\text{IEA (\%)} = \frac{\text{MSPA da fonte} - \text{MSPA sem silício}}{\text{MSPA com silício} - \text{MSPA sem silício}} \times 100$$

O IEA da wollastonita foi de 100% e o do subproduto foi de 168% ou seja, 68 % maior do que a wollastonita demonstrando que após dois cortes consecutivos o subproduto foi a melhor fonte de silício (Figura 01). Esse resultado demonstra a eficiência desse resíduo em produzir matéria seca para a planta de arroz, sendo assim pode-se afirmar que o Subproduto promove um melhor desenvolvimento da parte aérea da planta, pois além de conter silício, contém também em sua composição outros nutrientes, como o potássio, o cálcio e magnésio.

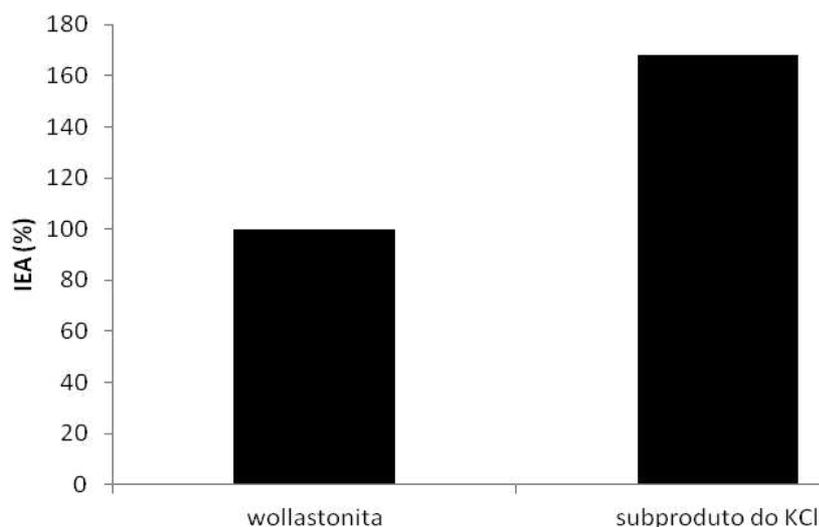


Figura 01. Índice de eficiência agrônômica das fontes de silício, calculado com base na soma da produção de matéria seca do arroz, sob dois cortes consecutivos, cultivado em amostras de um Latossolo Vermelho distrófico (Lvd).

3.6. Análises Estatísticas

Os dados foram submetidos à análise de variância utilizando o programa estatístico denominado ASSISTAT, as médias comparadas pelo teste de Tukey a 0,05 de significância. Cada tratamento foi comparado com a testemunha pelo teste de Dunnet a 0,05 de significância (SILVA; AZEVEDO, 2009).

3. Resultados e discussão

4.1. Produção de matéria seca da parte aérea

No 1º cultivo do arroz e na somatória do 1º + 2º independente da dose utilizada, a produção de matéria seca do arroz com o subproduto foi superior à wollastonita. Além disso, para ambas as fontes na dose de 200 kg ha⁻¹ foi superior à dose 100 kg ha⁻¹. Os tratamentos com Wollastonita e subproduto as fontes na dose 100 kg ha⁻¹ não diferiram da testemunha (Tabela 05).

Verifica-se no segundo cultivo que a matéria seca da parte aérea da planta não diferiu entre as fontes utilizadas e na dose 200 kg ha⁻¹ independente das fontes foi superior à dose de 100 kg ha⁻¹. Semelhante ao 1º cultivo e tanto para a Wollastonita como para o Subproduto na dose de 100 kg ha⁻¹ não diferiram do tratamento controle (Tabela 05).

Segundo Epstein (2006) e Silva (2008) o arroz é uma considerada planta acumuladora de Si aumentando sua produção quando há disponibilidade desse elemento silício no solo.

Tabela 05. Produção de matéria seca da parte aérea do arroz cultivado em amostras do Latossolo Vermelho distrófico (LVd) após a aplicação de diferentes doses e fontes de silício.

Cultivo do arroz	Doses de Si	Fontes de silício		Média
		Wollastonita	Subproduto KCl	
	--- kg ha ⁻¹ ---	----- g -----		
Primeiro	0	10,01		
	100	11,34 ^{ns}	13,91 ^{ns}	12,62 b
	200	15,73*	19,03*	17,38 a
	Média	13,54 B	17,38 A	
Segundo	0	8,81		
	100	8,89 ^{ns}	9,32 ^{ns}	9,10 b
	200	11,08*	11,20*	11,14a
	Média	9,90 A	10,26 A	
1° + 2°	0	18,82		
	100	20,24 ^{ns}	23,23 ^{ns}	21,73 b
	200	26,81*	30,24*	28,52 a
	Média	23,53 B	26,73 A	

1° Cultivo: CV%= 16,16; DMS Dunnet= 4,49; DMS fonte= 2,46; DMS dose= 2,46
2° Cultivo: CV%= 19,01; DMS Dunnet= 1,76; DMS fonte= 0,97; DMS dose= 0,97
1°+2° cultivo: CV%=9,46; DMS Dunnet=4,48; DMS fonte= 2,46; DMS dose= 2,46

Médias seguidas por letras distintas, maiúsculas na linha e minúsculas na coluna, diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de significância;*: Diferença significativa em relação à testemunha pelo teste de Dunnet a 0,05 de significância. ^{ns} : não significativo em relação a testemunha pelo teste de Dunnet a 0,05 de significância.

4.2. Concentração e quantidade de potássio acumulado na parte aérea do arroz

No primeiro cultivo em relação ao potássio foliar, verifica-se que para dose 100 kg ha⁻¹ de Si o Subproduto obteve maior resultado que a Wollastonita e para dose 200 kg ha⁻¹ de Si não houve diferença entre as fontes, e nenhum dos tratamentos diferiram da testemunha. Para o teor de potássio foliar no segundo cultivo, observou-se que não houve diferença entre as fontes de silício aplicadas nem entre as doses utilizadas, assim como nenhum dos tratamentos diferiram da testemunha (Tabela 06).

Segundo Amberger (2006) plantas bem supridas com potássio são aquelas que apresentam mais de 1% (10 g kg⁻¹) de potássio na sua matéria seca.

Para o potássio acumulado, no 1° cultivo e no somatório do 1° + 2° o Subproduto foi superior à Wollastonita, e para ambas as fontes a dose de 200 kg ha⁻¹ de Si foi melhor do que a dose 100 kg ha⁻¹. Em relação à testemunha verifica-se que o tratamento com a Wollastonita na dose 100

kg ha⁻¹ não diferiu da testemunha no 1º cultivo, porém na somatória tanto para a dose 100 kg ha⁻¹, quanto para a dose 200 kg ha⁻¹ não diferiu da testemunha (Tabela 07).

No segundo cultivo não houve diferença entre as fontes para o potássio acumulado (Tabela 7). Em relação à testemunha o melhor tratamento foi o Subproduto na dose de 200 kg ha⁻¹.

Apesar de o Subproduto apresentar potássio em sua composição, pode - se dizer que a maior extração pela planta desse nutriente quando se aplicada essa fonte, se deve ao maior desenvolvimento da parte aérea da planta devido ao silício.

Tabela 06. Concentração de potássio da parte aérea do arroz cultivado em amostras do Latossolo Vermelho distrófico (LVd) após a aplicação de diferentes doses e fontes de silício.

Médias seguidas por letras distintas, maiúsculas na linha e minúsculas na coluna, diferem entre si				
Cultivo do arroz	Doses de Si	Wollastonita	Subproduto KCl	Média
	--- kg ha ⁻¹ ---	----- g kg ⁻¹ -----		
Primeiro	0	19,31		
	100	18,06 ^{ns} BB	20,56 ^{ns} Aa	19,31 a
	200	20,50 ^{ns} AA	19,81 ^{ns} Aa	20,15 a
	Média	19,28	20,18	
Segundo	0	22,75		
	100	23,37 ^{ns}	20,75 ^{ns}	22,06 a
	200	22,25 ^{ns}	23,00 ^{ns}	22,62 a
	Média	22,81 A	21,88 A	

1º Cultivo: CV%=5,48; DMS Dunnet=2,14 ; DMS fonte=1,17; DMS dose= 1,17

2º Cultivo: CV%=7,28; DMS Dunnet=3,24; DMS fonte= 1,77; DMS dose= 1,77

Tabela 07. Potássio acumulado na parte aérea do arroz cultivado em amostras do Latossolo Vermelho distrófico (LVd) após a aplicação de diferentes doses e fontes de silício.

Médias seguidas por letras distintas, maiúsculas para fontes de silício e minúsculas na coluna, diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de significância; *. Diferença significativa em relação a testemunha pelo teste de Dunnet a 0,05 de significância. ns: não significativo em relação a testemunha pelo teste de Dunnet a 0,05 de significância.				
Cultivo do arroz	Doses de Si kg ha ⁻¹	Fonte de silício Wollastonita	Subproduto KCl	Média
Primeiro	0	191,68		
	100	205,27 ^{ns}	286,70*	245,99 b
	200	323,18*	377,21*	350,20 a
	Média	264,23 B	331,96 A	
Segundo	0	200,70		
	100	207,92 ^{ns}	194,94 ^{ns}	201,18 b
	200	245,97 ^{ns}	255,88*	250,92 a
	Média	226,94 A	225,16 A	
1° + 2°	0	392,40		
	100	413,20 ^{ns}	481,14 ^{ns}	447,17 b
	200	569,15*	633,10*	601,13 a
	Média	491,17 B	557,12 A	
1° Cultivo: CV%= 17,21; DMS Dunnet=94,63; DMS fonte= 51,86; DMS dose=51,86				
2° Cultivo: CV%=10,45; DMS Dunnet=45,89; DMS fonte=25,15; DMS dose=25,15				
1°+2° cultivo: CV%=9,01; DMS Dunnet=89,14; DMS fonte= 48,85; DMS dose= 48,85				

4.3. Concentração e quantidade de cálcio e magnésio acumulado na parte aérea do arroz

Verifica-se no 1º cultivo (Tabela 08, 09, 10 e 11) que a concentração de cálcio, magnésio e o teor desses nutrientes acumulados na parte aérea do arroz não diferiram entre as fontes e doses de silício aplicadas. Tal resultado já era esperado, já que houve o balanceamento das bases antes da semeadura, para o primeiro cultivo do arroz. Em relação à testemunha para a concentração e quantidade de cálcio acumulado na parte aérea da planta foram superiores à testemunha. Entretanto para o magnésio a concentração desse nutriente na planta e acumulado na parte aérea todos os tratamentos diferiram da testemunha, exceto a dose de 200 kg ha⁻¹ do subproduto de KCl.

As fontes utilizadas não apresentaram diferenças significativas quando aplicadas no segundo cultivo do arroz, em relação à concentração e quantidade de cálcio acumulado na parte aérea independente da dose utilizada. As doses de 100 kg há⁻¹ e 200 kg há⁻¹ independente das fontes não apresentaram diferença e exceto para o cálcio acumulado na parte aérea em que a dose de 100 kg há⁻¹ foi pior que a dose de 200 kg há⁻¹, sendo que em nenhum dos tratamentos houve diferença em relação à testemunha (Tabela 08 e 09).

Em relação á concentração e quantidade acumulada na parte aérea do arroz para o segundo cultivo, não houve diferença entre as fontes wollastonita e subproduto de KCl, e para as doses o único tratamento que apresentou diferença foi a dose de 100 kg há⁻¹ de magnésio acumulado na parte aérea independente da fonte que foi aplicada. Nenhum dos tratamentos diferiu da testemunha, com exceção da dose de 200 kg há⁻¹ em ambas as fontes para o magnésio acumulado na parte aérea (Tabela 10 e 11).

A soma do 1º + 2º cultivo tanto para o cálcio como para o magnésio acumulado na parte aérea não apresentaram diferenças significativas entre as fontes aplicadas, sendo que somente para o cálcio acumulado a dose de 200 kg há⁻¹ das duas fontes foi superior a dose de 100 kg há⁻¹. Todos os tratamentos não apresentaram diferença em relação à testemunha (Tabelas 09 e 11).

Tabela 08. Concentração de cálcio da parte aérea do arroz cultivado em amostras do Latossolo Vermelho distrófico (LVd) após a aplicação de diferentes doses e fontes de silício.

Cultivo do arroz	Doses de Si --- kg ha ⁻¹ ---	Fontes de silício		Média
		Wollastonita	Subproduto KCl	
Primeiro	0	----- g kg ⁻¹ ----- 33,58		
	100	21,69 *	20,42 *	21,06 a
	200	20,79 *	19,85*	20,32 a
	Média	21,24 A	20,14 A	
Segundo	0	10,15		
	100	10,15 ^{ns}	10,25 ^{ns}	10,20 a
	200	10,47 ^{ns}	9,80 ^{ns}	10,14 a
	Média	10,31 A	10,03 A	

1° Cultivo: CV%= 16,53; DMS Dunnet=7,75 ; DMS fonte=4,25 ; DMS dose= 4,25
2° Cultivo: CV%=4,81; DMS Dunnet=0,97; DMS fonte=0,53; DMS dose=0,53

Médias seguidas por letras distintas, maiúsculas na linha e minúsculas na coluna, diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de significância;*: Diferença significativa em relação à testemunha pelo teste de Dunnet a 0,05 de significância. ^{ns} : não significativo em relação a testemunha pelo teste de Dunnet a 0,05 de significância.

Tabela 09. Cálcio acumulado na parte aérea do arroz cultivado em amostras do Latossolo Vermelho distrófico (LVd) após a aplicação de diferentes doses e fontes de silício.

Cultivo do arroz	Doses de Si	Fontes de silício		Média
		Wollastonita	Subproduto KCl	
	--- kg ha ⁻¹ ---	----- mg vaso ⁻¹ -----		
Primeiro	0	336,22		
	100	247,67 ^{ns}	282,30 ^{ns}	264,98 a
	200	327,60 ^{ns}	377,69 ^{ns}	352,64 a
	Média	287,63 A	329,99 A	
Segundo	0	89,40		
	100	90,30 ^{ns}	95,72 ^{ns}	93,01 b
	200	115,93 ^{ns}	110,41 ^{ns}	113,16 a
	Média	103,11 A	103,06 A	
1° + 2°	0	425,62		
	100	337,97 ^{ns}	378,03 ^{ns}	358,00 b
	200	443,52 ^{ns}	488,10 ^{ns}	465,81 a
	Média	390,52 A	433,06 A	

1° Cultivo: CV%= 24,24 ; DMS Dunnet= 155,75; DMS fonte=85,35 ; DMS dose= 85,35
 2° Cultivo: CV%=11,70; DMS Dunnet=26,62; DMS fonte=12,78; DMS dose= 12,78
 1°+2° cultivo: CV%=19,77; DMS Dunnet=162,91 ; DMS fonte= 89,28; DMS dose= 89,28

Médias seguidas por letras distintas, maiúsculas na linha e minúsculas na coluna, diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de significância;*: Diferença significativa em relação à testemunha pelo teste de Dunnet a 0,05 de significância. ^{ns} : não significativo em relação a testemunha pelo teste de Dunnet a 0,05 de significância.

Tabela 10. Concentração de magnésio da parte aérea do arroz cultivado em amostras do Latossolo Vermelho distrófico (LVd) após a aplicação de diferentes doses e fontes de silício.

Cultivo do arroz	Doses de Si	Fontes de silício		Média
		Wollastonita	Subproduto KCl	
	--- kg ha ⁻¹ ---	----- g kg ⁻¹ -----		
Primeiro	0	11,51		
	100	11,79 ^{ns}	09,99 ^{ns}	10,89a
	200	09,87 ^{ns}	07,90*	8,89 a
	Média	10,84 A	08,94 A	22
Segundo	0	3,03		
	100	3,03 ^{ns}	2,93 ^{ns}	2,98 a
	200	3,32 ^{ns}	3,08 ^{ns}	3,20 a
	Média	3,18 A	3,00 A	

1° Cultivo: CV%= 18,74; DMS Dunnet= 3,80; DMS fonte=2,08; DMS dose=2,08
 2° Cultivo: CV%=9,43; DMS Dunnet=0,57; DMS fonte=0,31; DMS dose=0,31

Médias seguidas por letras distintas, maiúsculas na linha e minúsculas na coluna, diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de significância;*: Diferença significativa em relação à testemunha pelo teste de Dunnet a 0,05 de significância. ^{ns} : não significativo em relação a testemunha pelo teste de Dunnet a 0,05 de significância.

Tabela 11. Magnésio acumulado na parte aérea do arroz cultivado em amostras do Latossolo Vermelho distrófico (LVd) após a aplicação de diferentes doses e fontes de silício.

		Fontes de silício		
Cultivo do arroz	Doses de Si	Wollastonita	Subproduto KCl	Média
	--- kg ha ⁻¹ ---	----- mg vaso ⁻¹ -----		
Primeiro	0	112,81		
	100	133,02 ^{ns}	137,63 ^{ns}	135,32 a
	200	155,45 ^{ns}	150,99 ^{ns}	153,22 a
	Média	144,23 A	144,31 A	
Segundo	0	26,71		
	100	26,85 ^{ns}	27,44 ^{ns}	27,15 b
	200	36,75*	34,40*	35,57 a
	Média	31,80 A	30,92 A	
1° + 2°	0	139,52		
	100	159,87 ^{ns}	165,07 ^{ns}	162,47 a
	200	192,20 ^{ns}	185,40 ^{ns}	188,80 a
	Média	176,03 A	175,23 A	
1° Cultivo: CV%=23,78% ; DMS Dunnet= 65,20; DMS fonte=35,75 ; DMS dose= 35,75				
2° Cultivo: CV%= 12,51; DMS Dunnet=7,56; DMS fonte= 4,14; DMS dose= 4,14				
1°+2° cultivo: CV%=20,22; DMS Dunnet=67,67 ; DMS fonte= 37,08; DMS dose= 37,08				

Médias seguidas por letras distintas, maiúsculas na linha e minúsculas na coluna, diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de significância;*: Diferença significativa em relação a testemunha pelo teste de Dunnet a 0,05 de significância. ^{ns} : não significativo em relação a testemunha pelo teste de Dunnet a 0,05 de significância.

4.4. Concentração e quantidade de silício acumulado na parte aérea do arroz

No primeiro cultivo, a concentração de silício na parte aérea do arroz foi maior com a wollastonita do que com o subproduto e para ambas as fontes a dose de 200 kg ha⁻¹ de silício foi melhor que a de 100 kg ha⁻¹ de silício. Além disso, todos os tratamentos diferiram da testemunha (Tabela 12). E em relação ao silício acumulado no 1° cultivo e na somatória do 1° + 2° não houve diferença entre as fontes e ambas foram superior à testemunha demonstrando que o arroz foi capaz de absorver o silício proveniente das fontes. A dose de 200 kg há⁻¹ independente das fontes obteve resultado superior à dose de 100 kg ha⁻¹. (Tabela 13).

No segundo cultivo, a wollastonita também obteve melhores resultados em relação à concentração de silício na parte aérea que o subproduto, sendo que só a dose de 100 kg há⁻¹ de wollastonita diferiu da testemunha. As doses de 100 kg ha⁻¹ 200 kg ha⁻¹ não apresentaram diferenças

significativas entre si. Para o 2º cultivo na dose 100 kg ha⁻¹ de Wollastonita foi melhor que o Subproduto e na dose de 200 kg ha⁻¹ não houve diferença entre as fontes. Para a Wollastonita não houve diferença entre as doses e para o subproduto a melhor dose foi 200 kg ha⁻¹ (Tabela 12).

Esses resultados concordam com (Santos, 2008), que verificou que a wollastonita foi à fonte que proporcionou os maiores valores para os teores de Si nos três casos (Wollastonita, Fertilísio adtivado e Fertilísio Master), embora esta não tenha diferido do tratamento Fertilísio Adtivado para os teores de Si na folha (aos 60 dias) e Si acumulado.

Braga (2004) observou que, de modo geral o arroz é uma planta capaz de absorver significativa quantidade de Si. Segundo ele há uma relação linear e crescente do teor de Si observado na parte aérea das plantas de arroz inundado quando se aplicam doses de uma fonte contendo Si. Ma et al. (2001) observou que a absorção de Si pelas plantas de arroz e o acúmulo do mesmo na parte aérea são importantes, pois sua deposição na cutícula poderá interferir na arquitetura, tornando as plantas mais eretas, aumentando a eficiência fotossintética das mesmas.

A Wollastonita apresentou melhores resultados, devido ser mais eficiente na liberação de silício que o Subproduto.

Tabela 12. Concentração de silício na parte aérea do arroz cultivado em amostras do Latossolo Vermelho distrófico (LVd) após a aplicação de diferentes doses e fontes de silício.

Cultivo do arroz	Doses de Si --- kg ha ⁻¹ ---	Fontes de silício		Média
		Wollastonita	Subproduto KCl	
Primeiro	0	13,28		
	100	22,91*	22,61*	22,76 a
	200	28,87*	21,87*	25,36 a
	Média	25,89 A	22,24B	
Segundo	0	7,37		
	100	13,43*	5,27 ^{ns}	9,35 a
	200	9,71 ^{ns}	8,41 ^{ns}	9,06 a
	Média	11,57 A	6,84 B	

1º Cultivo: CV%=16,89; DMS Dunnet= 7,35; DMS fonte=4,03; DMS dose= 4,03

2º Cultivo: CV%= 20,84; DMS Dunnet=3,66; DMS fonte= 2,83; DMS dose= 2,83

Médias seguidas por letras distintas, maiúsculas na linha e minúsculas na coluna, diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de significância;*: Diferença significativa em relação a testemunha pelo teste de Dunnet a 0,05 de significância. ^{ns} : não significativo em relação a testemunha pelo teste de Dunnet a 0,05 de significância.

Tabela 13. Silício acumulado na parte aérea do arroz cultivado em amostras do Latossolo Vermelho distrófico (LVd) após a aplicação de diferentes doses e fontes de silício.

		Fontes de silício		
Cultivo do arroz	Doses de Si	Wollastonita	Subproduto KCl	Média
	--- kg ha ⁻¹ ---	----- mg vaso ⁻¹ -----		
Primeiro	0	131,98		
	100	259,76*	316,54*	288,15 b
	200	455,89*	415,00*	435,45 a
	Média	357,83 A	365,78 A	
Segundo	0	64,64		
	100	119,41* AA	49,57 ^{ns} Bb	84,49 b
	200	107,53* AA	93,13 ^{ns} Aa	100,33 a
	Média	113,47	71,35	
1° + 2°	0	196,63		
	100	379,17*	366,12*	372,64 b
	200	563,43*	508,14*	535,78 a
	Média	471,30 A	437,13 A	

1° Cultivo: CV%= 12,64; DMS Dunnet=156,09; DMS fonte= 95,43; DMS dose= 95,43
2° Cultivo: CV%=21,32; DMS Dunnet= 36,80; DMS fonte= 28,52; DMS dose=28,52
1°+2° cultivo:CV%=24,26; DMS Dunnet=194,13 ; DMS fonte= 106,39; DMS dose= 106,39

Médias seguidas por letras distintas, maiúsculas na linha e minúsculas na coluna, diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de significância;*: Diferença significativa em relação a testemunha pelo teste de Dunnet a 0,05 de significância. ^{ns} : não significativo em relação a testemunha pelo teste de Dunnet a 0,05 de significância.

4.5. Teor de potássio, cálcio e magnésio disponível no solo

Após o primeiro e segundo cultivo do arroz, não houve diferença entre as fontes nem entre as doses de silício para o teor de potássio, cálcio e magnésio no solo, sendo que nenhum dos tratamentos diferiu da testemunha (tabela 14,15 e 16).

Esses resultados são importantes, pois indicam que as diferenças entre os tratamentos se devem ao efeito do Si, sem a interferência do Ca e Mg nos resultados. Esta observação está de acordo com Braga (2004) o qual trabalhando com várias fontes de silício na cultura do arroz também não observou diferenças entre os tratamentos para as variáveis Ca e Mg trocáveis após ter feito balanceamento, isolando-se, assim os efeitos destes fatores sobre aqueles de interesse no estudo.

Tabela 14. Teor de potássio com extrator Mehlich1 no solo após o cultivo do arroz em amostras do Latossolo Vermelho distrófico (LVd) após a aplicação de diferentes doses e fontes de silício.

Cultivo do arroz	Doses de Si	Fontes de silício		Média
		Wollastonita	Subproduto KCl	
	--- kg ha ⁻¹ ---	----- mg dm ⁻³ -----		
Primeiro	0	186,25		
	100	191,00 ^{ns}	160,00 ^{ns}	175,50 a
	200	167,25 ^{ns}	172,50 ^{ns}	169,88 a
	Média	179,12 A	166,25 A	
Segundo	0	106,00		
	100	97,75 ^{ns}	101,00 ^{ns}	98,87 a
	200	99,75 ^{ns}	105,25 ^{ns}	102,50 a
	Média	98,25 A	103,12 A	
1º Cultivo: CV%=14,93; DMS Dunnet=52,03; DMS fonte=28,51; DMS dose= 28,51				
2º Cultivo: CV%= 13,62; DMS Dunnet=27,57; DMS fonte=15,11; DMS dose= 15,11				

Médias seguidas por letras distintas, maiúsculas na linha e minúsculas na coluna, diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de significância;*: Diferença significativa em relação a testemunha pelo teste de Dunnet a 0,05 de significância. ^{ns} : não significativo em relação a testemunha pelo teste de Dunnet a 0,05 de significância.

Tabela 15. Teor de cálcio no solo após o cultivo do arroz em amostras do Latossolo Vermelho distrófico (LVd) após a aplicação de diferentes doses e fontes de silício.

Cultivo do arroz	Doses de Si	Fontes de silício		Média
		Wollastonita	Subproduto KCl	
	--- kg ha ⁻¹ ---	----- cmol _c dm ⁻³ -----		
Primeiro	0	8,90		
	100	8,42 ^{ns}	8,05 ^{ns}	8,24 a
	200	7,14 ^{ns}	8,58 ^{ns}	7,86 a
	Média	7,78 A	8,32 A	
Segundo	0	7,45		
	100	5,54 ^{ns}	5,35 ^{ns}	5,44 a
	200	6,58 ^{ns}	5,46 ^{ns}	6,02 a
	Média	6,06 A	5,40 A	
1º Cultivo: CV%=18,54; DMS Dunnet=3,03; DMS fonte=1,66; DMS dose=1,66				
2º Cultivo: CV%= 15,15; DMS Dunnet=1,82; DMS fonte=1,00; DMS dose=1,00				

Tabela 16. Teor de magnésio no solo após o cultivo do arroz em amostras do Latossolo Vermelho distrófico (LVd) após a aplicação de diferentes doses e fontes de silício.

Cultivo do arroz	Doses de Si --- kg ha ⁻¹ ---	Fontes de silício		Média
		Wollastonita	Subproduto KCl	
Primeiro	0	----- cmol _c dm ⁻³ -----		
	100	1,37 ^{ns}	1,29 ^{ns}	1,33 a
	200	1,40 ^{ns}	1,21 ^{ns}	1,31 a
	Média	1,39 A	1,25 A	
Segundo	0	----- cmol _c dm ⁻³ -----		
	100	1,06 ^{ns}	1,25 ^{ns}	1,16 a
	200	1,27 ^{ns}	1,06 ^{ns}	1,17 a
	Média	1,17 A	1,16 A	

1º Cultivo: CV%=14,02; DMS Dunnet=0,38; DMS fonte=0,20 ; DMS dose= 0,20
 2º Cultivo: CV%= 11,38; DMS Dunnet=0,27; DMS fonte=0,15; DMS dose= 0,15

Médias seguidas por letras distintas, maiúsculas na linha e minúsculas na coluna, diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de significância;*: Diferença significativa em relação a testemunha pelo teste de Dunnet a 0,05 de significância.

^{ns} : não significativo em relação a testemunha pelo teste de Dunnet a 0,05 de significância.

4.6. Teor de silício disponível no solo

De acordo com a tabela 17 verifica-se que o teor de silício no solo após o primeiro e segundo cultivo foi maior com a wollastonita do que com o subproduto do KCl. Já para as doses, após o primeiro cultivo a dose de 200 foi melhor do que 100 kg ha⁻¹ de silício e após o segundo cultivo não houve diferença entre as doses utilizadas.

Em relação à testemunha todos os tratamentos se mostraram superiores, com exceção dos tratamentos com subproduto de KCl nas após o segundo cultivo, tanto na dose 100 kg ha⁻¹ como na dose de 200 kg ha⁻¹. Esses resultados concordam com (Santos, 2008) que afirma que a wollastonita foi o melhor tratamento em relação às outras fontes de Si aplicado (Fertisilício ativado e Fertisilício Master) em um Latossolo Vermelho distrófico. Pode-se afirmar que a wollastonita apresenta alto efeito residual de Si no solo, já que após o cultivo de arroz, foram observados altos teores desse elemento no solo, resultados semelhantes foram encontrados por Santos (2007) ao avaliar o desenvolvimento de plantas de arroz em um Neossolo do Triângulo Mineiro empregando wollastonita e calcário.

Esses resultados comprovam que a Wollastonita foi mais eficiente na liberação de silício que o Subproduto.

Tabela 17. Teor de silício no solo após o cultivo do arroz em amostras do Latossolo Vermelho distrófico (LVd) após a aplicação de diferentes doses e fontes de silício.

Cultivo do arroz	Fontes de silício		Média
	Doses de Si kg ha ⁻¹	Wollastonita	
Primeiro	0	2,93	
	100	4,10*	3,91 b
	200	4,76*	4,27 a
	Média	4,43 A	3,75 B
Segundo	0	1,22	
	100	2,20*	1,83 a
	200	2,55*	2,23 a
	Média	2,37 A	1,69 B

1° Cultivo: CV%=11,12; DMS Dunnet=0,85; DMS fonte=0,47; DMS dose=0,47
 2° Cultivo: CV%= 19,82; DMS Dunnet= 0,73; DMS fonte=0,40; DMS dose=0,40

4. Conclusão

Após dois cultivos consecutivos, o Índice de Eficiência Agronômica (IEA) do subproduto foi maior do que a wollastonita, demonstrando ser viável sua aplicação na agricultura. O Subproduto obtido a partir do Verdete foi capaz de Fornecer silício para o arroz tanto no 1º quanto no 2º cultivo.

5. Referências

AMBERGER, A. Soil Fertility and Plant Nutrition in the Tropics and Subtropics IFA and IPI, Paris France Horgen, Switzerland, 2006.

ARANTES, V. A. **Aplicação de silício para arroz de sequeiro cultivado em material de solos fase Cerrado**. 1997. 25f. Monografia (Graduação em Agronomia) – Instituto de Ciências Agrárias - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 1997.

BITTENCOURT, M. F. et al. Concentração de silício e pH do solo afetados pela incubação de diferentes fontes silicatadas no solo. In: SIMPÓSIO SOBRE SILÍCIO NA AGRICULTURA, 3., 2004, Uberlândia: GPSI/ICIAG/UFU, 2004. 1 CD-ROM.

BARBOSA FILHO, M.P.; SNYDER, G.H.; FAGERIA, N.K.; DATNOFF, L.E; SILVA, O.F. Silicato de cálcio como fonte de silício para o arroz de sequeiro. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa, v.25, p.325-30, 2001.

BRAGA, A. M.C. **Eficiência de fontes e doses de fertilizantes contendo silício na adubação do arroz inundado e do sorgo**. 2004. 123f. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) Instituto de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2004.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento - Acompanhamento da Safra Brasileira, Grãos. 2012/2013. **Central de informações agropecuárias**. Brasil, 2013. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br>>. Acessado em 01/04/2013.

DEPEC – Departamento de Pesquisas e Estudos Econômicos – Março de 2013. Disponível em: <http://www.economiaemdia.com.br/static_files/EconomiaEmDia/Arquivos/infset_arroz.pdf> Acessado em 01/04/2013.

Disponível em: <<http://agriculturainfoco.blogspot.com.br/2012/06/o-silicio-e-sua-importancia-para-as.html>>. Acessado em 30/03/2013.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de pesquisa de solos (Rio de Janeiro- RJ). **Manual de Métodos de Análise de Solo**. 2 ed. Ver. Atual. Rio de Janeiro, 1999, 212 p.

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

EPSTEIN, E. Silicon. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**. Palo Alto, v.50, p.641-664, 1999.

FARIA, R.G. **Influência do silicato de cálcio na tolerância do arroz de sequeiro ao déficit hídrico do solo**. 2000. 47 f. Dissertação (Mestrado) Lavras, Universidade Federal de Lavras.

FILHO, M. P. B; SNYDER, G. H; PRABHU, A. S; DATNOFF, L. E; KORNDORFER, G. H; **IMPORTÂNCIA DO SILÍCIO PARA A CULTURA DO ARROZ; Encarte técnico; V. 89, p. 1 – 11, 2000.**

GOMES, C. F; MARCHETTI, M. E; NOVELINO, J. O; MAUAD, M; ALOVISI, A. M. T; Disponibilidade de Silício para a Cultura do Arroz, em Função de Fontes, Tempo de Incubação e Classes de Solo; **Pesquisa Agropecuária Tropical**; v. 41, n. 4, p. 531- 538, 2011.

KORNDÖRFER, G. H.; PEREIRA. H. S.; NOLLA. A. **Análise de silício: solo, planta e fertilizante**. Uberlândia: GPSI/ICIAG/UFU, 2004. 34 p. (Boletim Técnico, 2).

LIMA FILHO, O. F. *O silício na produtividade e sanidade agrícola*. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste/MAPA, 2005. Folheto informativo.

MA, J.F.; Silicon requirement for rice. In: SILICON IN AGRICULTURE CONFERENCE III. Uberlândia. **Anais...**, Oct 22-26, 2005. p.52.

MA, J.F.; MIYAKE, Y; TAKAHASHI, E. Silicon as a beneficial element for crop plants. In: DATNOFF, L.E.; SNYDER, G.H; KORNDÖRFER, G.H. (ed.). **Silicon in agriculture**. Amsterdam, Elsevier Science, 2001. p.17-39.

PIZA, P. A. DE T.; FRANÇA, S. C. A.; BERTOLINO, L. C. **Termopotássio do Cedro de Abaeté (MG) como fonte alternativa para potássio**. XVII Jornada de Iniciação Científica – CETEM, 2009.

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 Ciências Agrárias, Universidade Federal de Uberlândia, 2005.

SANTOS, D. S; **EFICIÊNCIA AGRONÔMICA DE FONTES CONTENDO SILÍCIO AVALIADO ATRAVÉS DE MÉTODO BIOLÓGICO**; Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de Agronomia, da Universidade Federal de Uberlândia; Junho, 2008.

SANTOS, D. S; L. E; KORNDORFER; SANTOS, A. P; SILVA, J. C; **EFICIÊNCIA AGRONÔMICA DE FONTES CONTENDO SILÍCIO AVALIADO ATRAVÉS DE MÉTODO BIOLÓGICO**; Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer, Goiânia, Vol.6, p 1- 11, N.11; 2010.

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

SILVA, V. A; **EFICIÊNCIA DE FONTES DE SILÍCIO PARA A CULTURA DO ARROZ**; Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de Agronomia, da Universidade Federal de Uberlândia; Junho, 2008.

Simpósio Brasileiro sobre Silício na Agricultura (5: 2010: Viçosa, MG); Anais do V Simpósio Brasileiro sobre Silício na agricultura, 16 a 18 de agosto de 2010/ editor Fabrício de Ávila Rodrigues. – Viçosa, MG : UFV, DFP, 2010 385p. : il. (algumas col.); 23 cm.

TAKAHASHI, E. Uptake mode and physiological functions of silica. In: MATSUO (Ed.). **Science of the Rice Plant: Physiology**. Toquio: Food and Agriculture Policy Research Center, v. 2, 1995 p. 420-433.

VAZ, M. R; **USO DE FONTES ALTERNATIVAS DE POTÁSSIO NO CULTIVO DE MILHETO**; Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de Agronomia, da Universidade Federal de Uberlândia; Dezembro, 2011.

TOKURA, A. M. et al. Silício e fósforo em diferentes solos cultivados com arroz de sequeiro. *Acta Scientiarum Agronomy*, Maringá, v. 29, n. 1, p. 9-16, 2007.

RODRIGUES, F. A; OLIVEIRA. L. A; KORNDÖRFER, A. P; KORNDÖRFER, G. H; **SILÍCIO: UM ELEMENTO BENÉFICO E IMPORTANTE PARA AS PLANTAS**; Informações agronômicas nº 34- junho de 2011.