

## Produção de silico-fitólitos pelo *Pennisetum purpureum* e avaliação do possível sequestro de Arsênio nesses biominerais<sup>(1)</sup>.

**Anarely Costa Alvarenga<sup>(2)</sup>; Ane Patricia Cacique<sup>(3)</sup>, Agda Loureiro Gonçalves Oliveira<sup>(4)</sup>; Marcos Antônio Neris Coutinho<sup>(4)</sup>; Igo Fernando Lepsch<sup>(5)</sup> Reginaldo Arruda Sampaio<sup>(6)</sup>**

<sup>(1)</sup> Trabalho executado com recursos da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG);

<sup>(2)</sup> Doutorado em Produção Vegetal pela Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre – Espírito Santo; [engagronoma@hotmail.com](mailto:engagronoma@hotmail.com); <sup>(3)</sup> Funcionária e Pesquisadora da Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG; <sup>(4)</sup> Graduando em Engenharia Agrícola e Ambiental pela Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG; <sup>(5)</sup> Professor Visitante - UFMG; <sup>(6)</sup> Professor Adjunto da Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG.

**RESUMO:** A absorção de silício resulta em efeitos benéficos para os vegetais. Durante o processo de polimerização da sílica pode ocorrer a oclusão de elevadas concentrações de elementos traços e carbono na estrutura dos silico-fitólitos. Diante do exposto, o presente trabalho teve como objetivo avaliar a produção dessas estruturas de silício pelo *Pennisetum purpureum* Shum, cultivado em dois diferentes substratos, solo e lodo de esgoto. Assim como avaliar o sequestro de Arsênio na estrutura desses biominerais. O trabalho foi realizado no Instituto de Ciências Agrárias da UFMG. O delineamento utilizado foi em blocos casualizados, 5 repetições, com 7 tratamentos. Os quais corresponderam a 5 períodos do cultivo de *P. purpureum* em volumes de lodo de esgoto (30; 60; 90; 120 e 150 dias a partir do plantio das estacas) e 1 tratamentos testemunha (plantio da gramínea em solo). Aos, 150 dias a produção de silico-fitólitos de plantas que se desenvolveram nos distintos substratos foram estatisticamente iguais. A absorção de Si é conseqüentemente produção de silico-fitólitos é um processo contínuo durante o ciclo de vida do vegetal. O elemento químico As não foi detectado, em limites quantificáveis, na composição dos corpos silicosos.

**Termos de indexação:** Absorção, translocação, proteção.

### INTRODUÇÃO

O silício é um dos elementos químicos mais abundantes nos solos tropicais e, embora não seja um elemento essencial, a sua absorção resulta em efeitos benéficos para algumas espécies de plantas, como: aumento da eficiência fotossintética, melhoria da arquitetura da planta, aumento da resistência a doenças e pragas, e diminuição da toxidez causada por excesso de Al, Fe e Mn (Carvalho *et al.*, 2009).

A biomineralização da sílica é na maioria das vezes irreversível, sendo que após a morte e

decomposição do material vegetal, os silico-fitólitos são liberados no solo e permanecem estáveis por milhares de anos (Cao *et al.*, 2006). Desta forma, apresentam grande potencial de durabilidade e persistência no meio ambiente, mesmo quando submetido as intempéries climáticas e fatores adversos.

Trabalhos científicos demonstram que os silico-fitólitos podem desempenhar importante função na preservação do planeta. Pois, durante o processo de polimerização da sílica pode ocorrer a oclusão de elevadas concentrações de elementos traços e carbono, na estrutura desses biominerais (Bujan, 2013; Chan *et al.*, 2009). O processo descrito anteriormente, seria uma forma de sequestro definitivo desses contaminantes.

Convém destacar que a família *Gramineae* apresenta grande capacidade de acumular sílica, formando quantidades substanciais de fitólitos em suas cascas, talos e folhas (Hodson *et al.*, 2005).

Diante da importância agrícola e ambiental dos silico-fitólitos, o presente trabalho, teve como objetivo avaliar a produção dessas estruturas de silício pelo *Pennisetum purpureum* Shum, cultivado em dois diferentes substratos, solo e lodo de esgoto. Assim como avaliar o sequestro de Arsênio na estrutura desses biominerais.

### MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação na fazenda experimental Professor Hamilton de Abreu Navarro, no Instituto de Ciências Agrárias ICA/UFMG, no período de novembro de 2013 a agosto de 2014. O delineamento utilizado foi em blocos casualizados, 5 repetições, com 7 tratamentos. Os quais corresponderam a 5 períodos do cultivo de *P. purpureum* Shum do grupo Merker em volumes de lodo de esgoto (30; 60; 90; 120 e 150 dias a partir do plantio das estacas) e 1 tratamentos testemunha (plantio da gramínea em solo). Os volumes de lodo de esgoto ou de solo (no caso da testemunha) foram contidos lateralmente

por lâminas plásticas, compreendendo as seguintes dimensões: 1,0 m de comprimento x 1,0 m de largura x 0,5 m de altura, sendo necessário 0,5 m<sup>3</sup> de solo ou lodo de esgoto para o preenchimento. Em cada uma dessas foram plantadas 25 gemas da referida gramínea.

O solo utilizado no experimento foi coletado em área de Argissolo Vermelho-Amarelo, localizada no próprio Campus da UFMG em Montes Claros, na camada de 0 a 20 cm, possuindo os seguintes atributos: textura franco siltoso, matéria orgânica = 5,22 dag kg<sup>-1</sup>, pH em água = 6,1; P-Mehlich1 = 6,4 mg dm<sup>-3</sup>; P-remanescente = 16,7 mg L<sup>-1</sup>; K = 320 mg dm<sup>-3</sup>; Ca = 4,8 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; Mg = 1,60 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; Al = 0,10 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; H+Al = 2,92 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; Soma de bases = 7,22 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; CTC efetiva = 7,32 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; m = 1,36%; CTC total = 10,14 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; V = 71,2 %, Si (solúvel) = 8,7 mg dm<sup>-3</sup>.

O lodo de esgoto utilizado foi coletado na Estação de Tratamento de Montes Claros (ETE Vieira), durante o mês de setembro de 2013. Apresentando os seguintes atributos: matéria orgânica = 42,5 dag kg<sup>-1</sup>, pH em água = 6,2; P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (total) = 25 g dm<sup>-3</sup>; K<sub>2</sub>O (total) = 2,9 mg dm<sup>-3</sup>; Ca (total) = 75 g dm<sup>-3</sup>; Mg (total) = 26 g dm<sup>-3</sup>; S = 10,1 g dm<sup>-3</sup>; Si (solúvel) = 14,2 mg dm<sup>-3</sup>.

As concentrações de As detectadas nos dois substratos foram muito semelhantes: 0,37 mg kg<sup>-1</sup> no solo e 0,41 mg Kg<sup>-1</sup> no lodo de esgoto.

Para a quantificação de fitólitos, a cada mês 5 parcelas cultivadas eram coletadas, exceção para o quinto mês, no qual também foram coletados a testemunha, cultivo em solo. Em cada unidade experimental foram coletadas 4 plantas inteiras. Essas foram separadas em raiz, colmo e folha, e pesadas. Em seguida, foram submetidas a um processo de higienização rigoroso, constituído de três lavagens em água de torneira abundante, seguido por três enxague em água destilada. Permanecendo em estufa a 65° C, até peso constante, sendo feita a maceração do material em almofariz de ágata.

O processo de extração dos fitólitos na massa seca de *P. purpureum* foi realizado de acordo com a metodologia de Parr et al. (2001).

Visando a detecção de As nos tecidos vegetais e na composição dos sílico-fitólitos, esses materiais foram submetidos a decomposição, utilizando as metodologias EPA-3051 e EPA-3052, respectivamente. Esses processos foram realizados em digestor de Microondas Mars 6 e a leitura das concentrações de As foram feitas utilizando o aparelho espectrofotômetro de absorção atômica Varian, modelo AA 240.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância, teste de médias e de regressão, da

seguinte forma: Para comparação da concentração de sílico-fitólitos na testemunha (cultivo em solo) com os demais tratamentos (cultivo em lodo em diferentes períodos) foi aplicado o teste de Dunnett a 5% de probabilidade. Enquanto, para avaliação das concentrações de sílico-fitólitos em diferentes períodos no cultivo em lodo de esgoto, foram ajustadas equações de regressão, testando-se os coeficientes até 10% de probabilidade pelo teste t

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

As plantas de *P. purpureum* apresentaram uma maior produção de fitólitos nas folhas, em relação aos colmos e raízes. No período de 90 dias, folhas da gramínea cultivada em lodo apresentavam percentagem de fitólitos iguais a de folhas da gramínea cultivada em solo há 150 dias (**Tabela 1**). O processo de transpiração do vegetal é o principal desencadeador da formação de sílico-fitólitos nos tecidos vegetais (Jenkins, 2009). As raízes das plantas absorvem o ácido silícico da solução do solo e esse se polimeriza e se solidifica, principalmente nos órgãos do vegetal que participam de forma efetiva no processo de transpiração, ou seja, tecidos epidérmicos e vasculares (Piperno, 1988). Isso explica o fato das folhas serem os locais com maior deposição de sílica.

Apesar da grande diferença física e química dos dois substratos, solo e lodo de esgoto, utilizados para o cultivo de *P. purpureum*, aos 150 dias, não houve diferença estatística na percentagem de fitólitos, nos diferentes órgãos avaliados (**Tabela 1**). A caracterização do solo e do lodo de esgoto no início da pesquisa revelou que as concentrações de Si solúvel nestes substratos foram muito próximas, sendo 8,7 mg dm<sup>-3</sup> para solo e 14,2 mg dm<sup>-3</sup> para o lodo de esgoto. O pH bem próximo, 6,1 no solo e 6,2 no lodo, é outro fator que pode explicar o referido resultado encontrado. A biodisponibilidade do Si é altamente dependente de pH. A medida que o meio torna-se alcalino, há um acréscimo grau de ionização do H<sub>4</sub>SiO (Oliveira et al., 2007).

Neste período, a concentração média de corpos silicosos, em relação à massa seca da planta, foi de 1,81 e 1,79%, para cultivo em solo e lodo, respectivamente (**Tabela 1**). Estes resultados estão de acordo com a classificação proposta por Marschner (1995), o qual relata que as espécies monocotiledôneas produzem em média de 1 a 3% de fitólitos em relação à massa seca. No entanto, a produção de fitólitos pode variar de acordo com a espécie vegetal (Zucol, 2001) e a disponibilidade de ácido silícico na solução do solo (Buján, 2013; Henriet et al., 2008).

O acúmulo de fitólitos na massa seca do *P. purpureum*, cultivado em lodo está diretamente relacionado ao estágio vegetativo. Ao longo dos períodos de cultivo houve aumentos lineares ou aproximadamente lineares na concentração de fitólitos em todas as partes da planta avaliada (**Figura 1**).

A silificação é um processo contínuo durante o ciclo de vida de uma planta, podendo ser dividido em duas fases: inicialmente o ácido silícico é depositado na parede celular, quando a célula encontra-se altamente ativa e, posteriormente, com o envelhecimento das células, a sílica é depositada nas organelas e espaços intracelulares (Bauer *et al.*, 2011). O processo descrito acima pode ser responsável pelo aumento da concentração de fitólitos ao longo dos períodos de cultivo em lodo de esgoto. A produção desses agregados de silício é de elevada relevância agrônômica, tendo função de proteção para as plantas contra estresses bióticos e abióticos (Fauteux *et al.*, 2005).

O As não é elemento requerido na nutrição de plantas, esse em pequenas concentrações já é capaz de causar severos impactos ambientais. Constatou-se que o *P. purpureum* é capaz de absorver esse elemento químico, acumulando-o em seus tecidos orgânicos. As plantas cultivadas em solo acumularam 0,74 e 0,83 mg Kg<sup>-1</sup> de As, na parte aérea e em raízes, respectivamente. Já as plantas que desenvolveram no lodo de esgoto, apresentaram acúmulo de 0,82 e 0,86 mg Kg<sup>-1</sup> de As na parte aérea e em raízes, respectivamente.

Trabalho realizado por Bujan, 2013 relatou a presença de As nos tecidos orgânicos e conseqüentemente na composição dos fitólitos de *Erica andevalensis*. Essa autora relata que a composição dos fitólitos está diretamente relacionado a presença de elementos químicos biodisponíveis na solução do solo. No entanto, no presente trabalho não foram detectado, em limites quantificáveis, a presença de As na composição dos fitólitos.

## CONCLUSÕES

A produção de silico-fitólitos pelo *P. purpureum* não é influenciado pelo substrato utilizado para o cultivo e sim pela concentração de Si e pH do substrato utilizado para o cultivo.

Fitólitos de *P. purpureum*, cultivados em solo e lodo de esgoto, não sequestraram As em limites quantificáveis.

## AGRADECIMENTOS

Ao CNPq, Capes e Fapemig pelo apoio financeiro, e a Copasa pelo fornecimento de lodo de esgoto.

## REFERÊNCIAS

- BAUER, P.; ELBAUM, R.; WEISS, I. M., Calcium and silicon mineralization in land plants: Transport, structure and function. *Plant Science*, 180:746-756, 2011.
- BUJÁN, E., Elemental composition of phytoliths in modern plants (ERICACEAE). *Quaternary International*, 287:114-120, 2013.
- CARVALHO, M. P.; ZANÃO JUNIOR, L. A.; GROSSI, J. A. S.; BARBOSA, J. G., Silício melhora produção e qualidade do girassol ornamental em vaso. *Ciência Rural*, 39:2394-2399, 2009.
- CAO, Z. H.; DING, J. L.; HU, Z. Y.; KNICKER, H.; KOGEL-KNABNER, I.; YANG, L. Z.; YIN, R.; LIN, X. G.; DONG, Y. H., Ancient paddy soils from the Neolithic age in China's Yangtze River Delta. *Naturwissenschaften*, 93:232-236, 2006.
- CHAN, K. Y.; COWIE, A.; KELLY, G.; SINGH, B.; SLAVICH, P., Scoping paper: soil organic carbon sequestration potential for agriculture in NSW. NSW DPI Science & Research Technical paper, NSW, Dept Primary Industries, p. 1-28, 2008.
- EPA, Environmental Protection Agency. Microwave assisted acid digestion of sediments, sludges, soils, and oils. Method 3051, 1994.
- EPA, Environmental Protection Agency. Microwave assisted acid digestion of siliceous and organically based matrices. Method 3052, 1996
- FAUTEUX, F.; REMUS-BOREAL, W.; MENZIES, J. G.; BELANGAR, R. R., Silicon and plant disease resistance against pathogenic fungi. *FEMS Microbiology Letters*, 249:1-6, 2005.
- HENRIET, C.; BODARWE, L.; DOREL, M.; DRAYE, X.; DELVAUX, B., Leaf silicon content in banana (*Musa* spp.) reveals the weathering stage of volcanic ash soils in Guadeloupe. *Plant and soil*, 313:71-82, 2008.
- HODSON, M. J.; WHITE, P. J.; MEAD, A.; BROADLEY, M. R., Phylogenetic variation in the silicon composition of plants. *Annals of Botany*, v. 96, n. 6, p.1027-1046, 2005.
- JENKINS, E. Phytolith taphonomy: a comparison of dry ashing and acid extraction on the breakdown of conjoined phytoliths formed in *Triticum durum*. *Journal of Archaeological Science*, 36:2402-2407, 2009.

MARSCHNER, H., Mineral Nutrition of Higher Plants. Academic Press. London, 1:889, 1995.

PIPERNO, D. R. Análise de fitólitos. Perspectivas arqueológicas e geológicas. Academic Press, London, 1988.

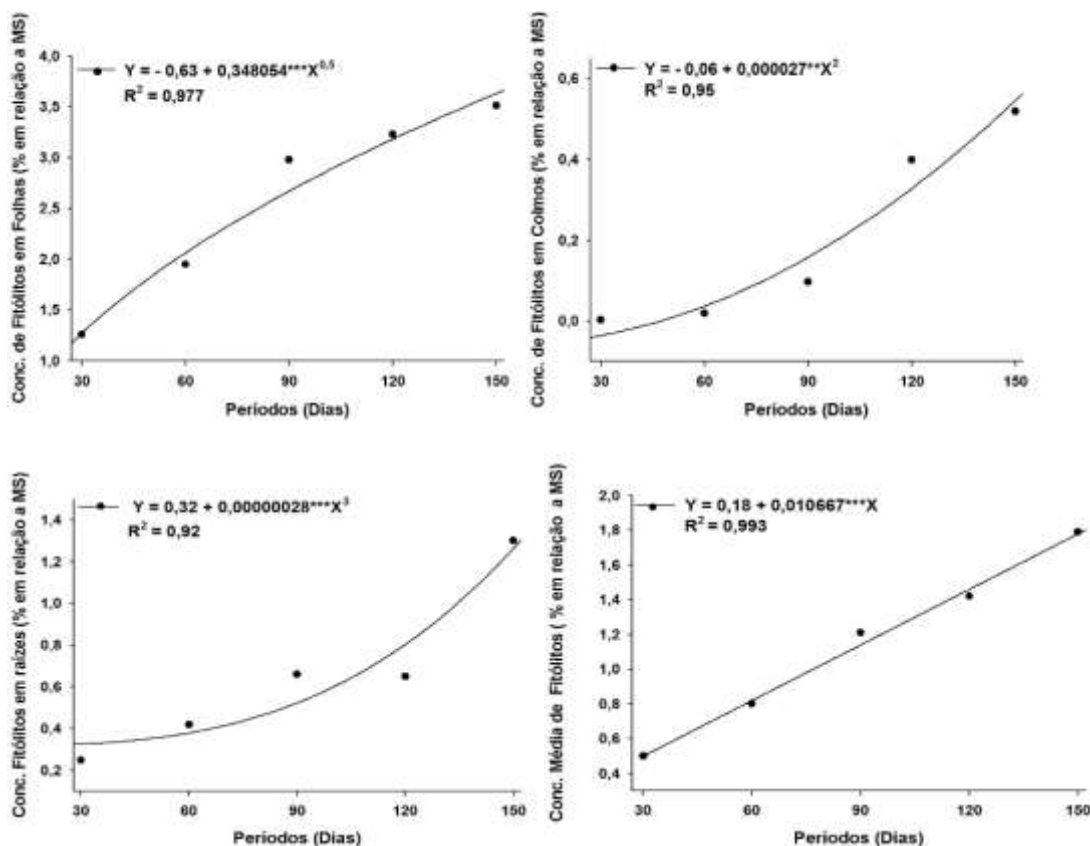
OLIVEIRA, L. A.; KORNDORFER, G. H.; PEREIRA, A. C. Acumulação de silício em arroz em diferentes condições de pH da rizosfera. Revista Brasileira de Ciências do Solo, 31:685-690, 2007.

ZUCOL, A. F., Fitólitos. Uma nueva metodologia descriptiva. Asociaciones fitolíticas de Piptochaetium montevidense (Poaceae). Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica, 36:69-85, 2001.

**Tabela 1:** Concentração de fitólitos em *P. purpureum* em função dos tratamentos

TRATAMENTOS (DIAS)	150 TCS	30 CLE	60 CLE	90 CLE	120 CLE	150 CLE	CV
	-----%-----						
CFI FOLHA	3,68 A	1,26 B	1,95 B	2,89 A	3,23 A	3,51 A	20,18
CFI COLMO	0,860 A	0,003 B	0,019 B	0,097 B	0,400 B	0,520 A	88,23
CFI RAIZ	0,96 A	0,25 B	0,42 B	0,66 A	0,65 A	1,30 A	48,85
CFITOT	1,81 A	0,50 B	0,80 B	1,21 B	1,42 B	1,79 A	19,95

Notas: CFI = concentração de fitólitos; CFITOT = concentração de fitólitos total; TCS = Testemunha cultivada em solo; CLE= Cultivo em lodo de esgoto. Médias dos tratamentos referente a concentração de fitólitos em plantas cultivadas em lodo de esgoto, em diferentes períodos, com a mesma letra da concentração de fitólitos de plantas cultivadas em solo, não diferem a 5% de probabilidade, pelo teste Dunnett.



**Figura-1:** Equações de regressão relacionando a concentração de fitólitos de *P. purpureum* cultivado em lodo de esgoto aos diferentes períodos.

Notas: \*\*, \*\*\*= significativos a 1 e 0,1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste t