



# FERTBIO 2012

A responsabilidade socioambiental da pesquisa agrícola  
17 a 21 de Setembro - Centro de Convenções - Maceió/Alagoas

## Biodisponibilidade de Arsênio em Dois Solos de Granulometrias Distintas sob Adição de Fosfato e Arsenato.

**Roberto Junio Gomes<sup>(1)</sup>; Henrique Nery Cipriani<sup>(2)</sup>; Paulo Ricardo Sousa<sup>(3)</sup>; Luiz Eduardo Dias<sup>(4)</sup>**

<sup>(1)</sup> Graduando em Agronomia; Bolsista CNPq do Departamento de Solos; Universidade Federal de Viçosa, Rua: Olivia de Castro Almeida nº235, Bairro: Clelia Bernardes, Viçosa-MG, 36570-000, robertojgomes@yahoo.com.br <sup>(2)</sup> Pesquisador; Embrapa Rondônia; BR 364 km 5,5; Bairro Cidade Jardim; Porto Velho – RO, 76815-800; hncipriani@cpafro.embrapa.br <sup>(3)</sup> Eng. Agrônomo, Duratex, Rod. Marechal Rondon (SP 300), km 323, Bauru-SP, 17120-000; paulorics@yahoo.com; <sup>(4)</sup> Professor orientador, Departamento de Solos; Universidade Federal de Viçosa, ledias@ufv.br.

**RESUMO** – Nos coloides do solo, o fosfato e o arsenato competem por sítios de adsorção, sendo que a adição de fosfato por meio de fertilizantes, por exemplo, pode elevar os teores de As em solução, tornando-o mais disponível para as plantas. Por outro lado, por competirem por sítios de absorção nas raízes, maiores teores de As em solução podem inibir a absorção de P e vice-versa. Dessa forma, este experimento teve como objetivo avaliar a biodisponibilidade de arsênio ao longo de 2 meses após a aplicação de doses de fosfato e arsenato em dois solos de granulometrias distintas. O experimento foi conduzido em casa de vegetação do Departamento de Solos da Universidade Federal de Viçosa utilizando-se um solo arenoso e um muito argiloso. O solos receberam cinco doses de P (0, 44, 150, 256, e 300 mg.kg<sup>-1</sup>) na forma de fosfato de sódio e cinco doses de As (0, 22, 75, 128 e 150 mg.kg<sup>-1</sup>) na forma de arsenato de sódio. A biodisponibilidade de arsênio foi analisada aos 15, 30 e 60 dias após a aplicação dos tratamentos, através do método de Neubauer e Schneider (1923). O delineamento utilizado foi o delineamento Central Composto Rotacional (DCCR), com cinco repetições no ponto central e valor alfa igual a 1,41. Os dados foram analisados por meio de superfície de respostas e demonstraram que a alta concentração de fósforo em solução compensa a maior disponibilidade de arsenato, causada por sua adição, podendo, assim, amenizar os efeitos fitotóxicos do arsênio.

**Palavras-chave:** Fitorremediação, fósforo, Neubauer e Schneider.

**INTRODUÇÃO** - O arsênio é um metaloide pertencente ao 5º grupo da tabela periódica, com propriedades químicas semelhantes às do fósforo.

Teores elevados de As no solo podem ser resultantes de ações antropogênicas, por meio do uso de agrotóxicos, fertilizantes e combustão de carvão (Smith et al., 1998). Em áreas de mineração de Au, Cu, U e Ni, nas quais há grande revolvimento de material rico em sulfetos, como a arsenopirita (AsFeS), e ocorrência de drenagem ácida, o

As também pode representar grave problema ambiental (Mello et al., 2003).

O arsenato é facilmente absorvido pelos vegetais devido à sua similaridade com o fosfato (PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>). Esses ânions competem entre si por sítios de ligação nas enzimas transportadoras das raízes (Wang et al., 2002).

A maior disponibilidade de P em solução também aumenta a competição por sítios de absorção nas raízes, fazendo com que o incremento dos teores de As em solução não resultem, necessariamente, em maior absorção do metaloide (Knudson et al., 2003). A relação P/As no solo (Santos et al., 2010), o tempo de aplicação do fosfato (Santos et al., 2008) e o genótipo (Zhu et al., 2006) são outros fatores que interferem no resultado da fertilização com fosfato no crescimento e na extração de As pelas plantas.

Uma maior relação P/As na planta pode amenizar os efeitos negativos do arsênio no metabolismo vegetal, fazendo com que haja menores perdas de crescimento e de produção de biomassa (Knudson et al., 2003; Santos et al., 2008; Yu et al., 2010). O aumento da relação P/As pode ser obtido com a aplicação de maiores doses de fosfato no solo, pois, entre outros efeitos, a maior disponibilidade de fosfato diminui a expressão de transportadores de P de baixa afinidade, a principal rota de absorção do arsenato (Zhu et al., 2006).

Dada a complexidade das interações existentes entre o fosfato e o arsenato, mais estudos devem ser realizados, envolvendo diferentes tipos de solo, fertilizantes e períodos de incubação. Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar a biodisponibilidade do arsênio, em dois solos de texturas distintas, ao longo de dois meses após a aplicação de diferentes doses de arsenato e fosfato.

**MATERIAL E MÉTODOS** - O experimento foi conduzido em casa de vegetação do Departamento de Solos da Universidade Federal de Viçosa, utilizando-se amostras superficiais de um solo muito argiloso (S-Arg) e de um solo de textura franco arenosa (S-Fa). As amostras foram destorroadas, peneiradas (2 mm) e acondicionadas em vasos de 2 dm<sup>-3</sup> não drenados. Os substratos foram

caracterizados química e fisicamente, seguindo-se a metodologia descrita em Embrapa (1997) (Tabelas 1 e 2).

Aplicaram-se os tratamentos, sendo cinco doses de P (0, 44, 150, 256 e 300 mg kg<sup>-1</sup> de solo) e cinco doses de As (0, 22, 75, 128 e 150 mg kg<sup>-1</sup>). O experimento foi montado com base em um Delineamento Central Composto Rotacional (DCCR), com cinco repetições no ponto central e valor alfa igual a 1,41 (Tabela 3).

O fostato foi fornecido na forma de NaH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>.H<sub>2</sub>O e o arsenato na forma de Na<sub>3</sub>AsO<sub>4</sub>.H<sub>2</sub>O, sendo o efeito do sódio corrigido em todos os vasos com base no tratamento que recebeu a maior dose de arsenato de sódio, por meio de uma solução de NaOH 0,01 mol L<sup>-1</sup>. Após a aplicação das soluções, o solo em cada vaso foi homogenizado e mantido na capacidade de campo durante todo o período experimental por meio da pesagem dos vasos e reposição com água destilada sempre que necessário.

O ensaio com o método de Neubauer e Schneider (1923) foi montado utilizando-se amostras dos dois solos secas ao ar, coletadas aos 15, 30 e 60 dias após a aplicação dos tratamentos. Fez-se a montagem da seguinte forma:

Misturaram-se 100 g do solo analisado com 50 g de areia lavada em HCl 10% (v/v); depositou-se a mistura em copo descartável de 450 mL, cobrindo-a com 150 g de areia lavada; em seguida distribuíram-se, aleatoriamente 100 sementes de aveia preta (*Avena strigosa*) sobre a camada de areia; por fim, as sementes foram cobertas com 100 g de areia.

Após 21 dias de cultivo, as plantas foram colhidas e secas em estufa de circulação forçada de ar até peso constante. Em seguida, o material vegetal foi finamente triturado e submetido à digestão nitroperclórica (Malavolta et al., 1997) para determinação dos teores de As absorvidos pelas plantas.

A determinação dos teores de As nos extratos de material vegetal foi realizada por espectrometria de emissão atômica, com plasma induzido em argônio (ICP-AES).

Os dados obtidos foram analisados por meio de análise de variância e os teores de As no material vegetal foram avaliados por meio de análise de regressão, estabelecendo-se superfícies de resposta, tendo como variáveis dependentes as doses de P e As aplicadas ao solo.

**RESULTADOS E DISCUSSÃO** - A biodisponibilidade de As avaliada pelo método Neubauer para o solo arenoso aos 15 e 60 dias não mostrou relação significativa com nenhum dos tratamentos analisados, sendo o conteúdo médio de As nos materiais vegetais de 4,20 mg kg<sup>-1</sup> e 6,70 mg kg<sup>-1</sup>, respectivamente.

Aos 30 dias observou-se que o incremento na dose de P inicialmente aumentou a quantidade de As absorvido, porém quando a dose de P foi de 150 mg kg<sup>-1</sup>, houve uma queda brusca no As absorvido (Figura 1). Melo (2006), ao estudar a fitotoxicidade por As em ingá (*Inga edulis* Mart) e angico vermelho (*Anadenanthera peregrina* (L.) Speg.) observou que a adição de P amenizava os efeitos fitotóxicos do arsênio.

Os resultados mostram que o aumento da disponibilidade de P no solo, diminui o teor de As

absorvido pelas plantas. Isso porque a maior concentração de P em solução provoca um aumento na absorção deste elemento por transportadores específicos nas raízes, favorecendo assim a absorção de P em detrimento da absorção de As, como observado por Zhu et al., (2006).

Em relação ao solo argiloso, a biodisponibilidade do arsênio aos 15 dias não variou significativamente com nenhum dos fatores analisados, sendo a média de arsênio absorvido de 1,51 mg kg<sup>-1</sup>. Nota-se que este valor é bem inferior ao observado no solo arenoso. Aos 30 e 60 dias (Figuras 2 e 3) a absorção de arsênio pelas plantas foi diretamente proporcional a dose de As aplicada (p<0,01) sofrendo influência também da interação AsxP.

A fração argila, sua qualidade em particular, é a principal característica que define o solo como fonte ou como dreno de As e P (Assis. 2010).

Solos mais intemperizados, com maior teor de argila, tendem a adsorver mais As e P reduzindo assim a biodisponibilidade desses elementos se comparados a solos menos intemperizados como os arenosos.

**CONCLUSÕES** - A adição de fosfato em solos contaminados por arsênio aumenta a biodisponibilidade do arsênio. Mas altas concentrações de fósforo em solução compensam a maior biodisponibilidade de arsênio, causada por sua adição, podendo assim, amenizar os efeitos fitotóxicos do arsênio.

**AGRADECIMENTOS** - Ao CNPq, pela bolsa de Iniciação Científica do primeiro autor. À FAPEMIG, pela bolsa de Mestrado do segundo autor.

## REFERÊNCIAS

ASSIS, I. R. de. **Adsorção e disponibilidade de arsênio em solos com diferentes composições mineralógicas**. 2010. 73 f. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA- EMBRAPA. Manual de métodos de análises de solo. 2. ed. Rio de Janeiro: **Ministério da Agricultura e do Abastecimento**, 1997. 212 p.

KNUDSON, J.A.; MEIKLE, T.; DELUCA, T. H. Role of mycorrhizal fungi and phosphorus in the arsenic tolerance of basin wildrye. **Journal of Environmental Quality**, v. 32, p. 2001–2006, 2003.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2. ed. Piracicaba: POTAFOS, 1997. 319 p.

MELLO, J. W. V. de; DIAS, L. E.; CORREA, M. L. T. Drenagem ácida: avaliação do potencial de ocorrência, mitigação e revegetação de substratos sulfetados. **Tópicos Ci. Solo**, 3:401-430, 2003.

MELO, R. F. **Potencial de espécies vegetais para fitorremediação de um solo contaminado por arsênio**. 2006. 107 f. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

NEUBAUER, H.; SCHNEIDER, W. Die Nährstoffaufnahme der Keimpflanzen und ihre Anwendung auf die Bestimmung des Nährstoffgehaltes des Boden. **Z. Pfl Ernähr. Düng.**, v. 2A, p. 329-362, 1923.

SANTOS, J. A. G. et al. Timing of phosphate application affects arsenic phytoextraction by *Pteris vittata* L. of different ages. **Environmental Pollution**, v. 154, p. 306-311, 2008.

SANTOS, J. A. G.; Gonzaga, M. I. S.; Ma, L. Q. Optimum P levels for arsenic removal from contaminated groundwater by *Pteris vittata* L. of different ages. **Journal of Hazardous Materials**, 2010. No prelo.

SMITH, E.; NAIDU, R.; ALSTON, A. M. Arsenic in the soil environment: a review. **Advances in Agronomy**, v. 64, p. 149-195, 1998.

WANG, J. et al. Mechanisms of arsenic hyperaccumulation in *Pteris vittata*: Uptake kinetics, interactions with phosphate, and arsenic speciation. **Plant Physiology**, v. 130, p. 1552-1561, 2002.

YU, Y. et al. Uptake of arsenic by maize inoculated with three different arbuscular mycorrhizal fungi. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 41, p. 735-743, 2010.

ZHU, Y.-G. et al. Phosphate (Pi) and arsenate uptake by two wheat (*Triticum aestivum*) cultivars and their doubled haploid lines. **Annals of Botany**, v. 98, p. 631-636, 2006. **Anais...** Campinas, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1976. p.127-128.

**Tabela 1.** Caracterização física e química da amostra de solo Argiloso.

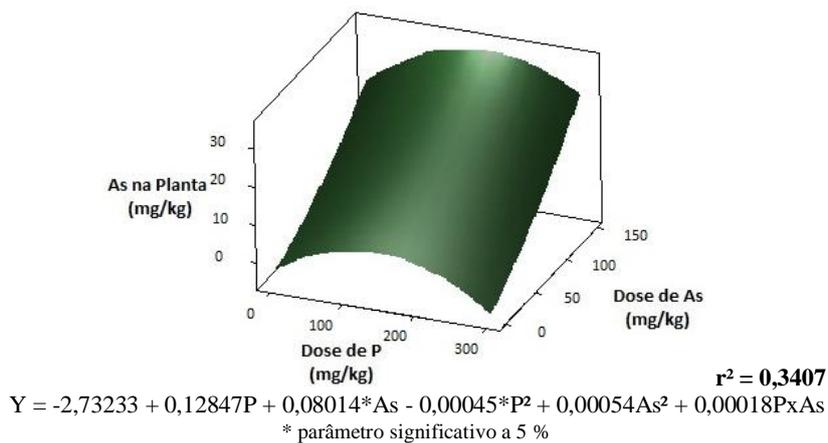
pH-H <sub>2</sub> O	P	K <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Al <sup>3+</sup>	H+Al	SB	t	T	V	m	MO	P-rem
	mg dm <sup>-3</sup>				cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>					---	---	dag kg <sup>-1</sup>	mg L <sup>-1</sup>
4,65	1,0	19	0,81	0,04	1,49	10,3	0,90	2,39	11,2	8,0	62,3	6,01	14,0
<b>Areia Grossa</b>			<b>Areia Fina</b>			<b>Silte</b>		<b>Argila</b>		<b>Classe Textural</b>			
----- dag kg <sup>-1</sup> -----													
8			3			9		80		<b>Muito Argilosa</b>			

**Tabela 2.** Caracterização física e química da amostra de solo Franco Arenoso.

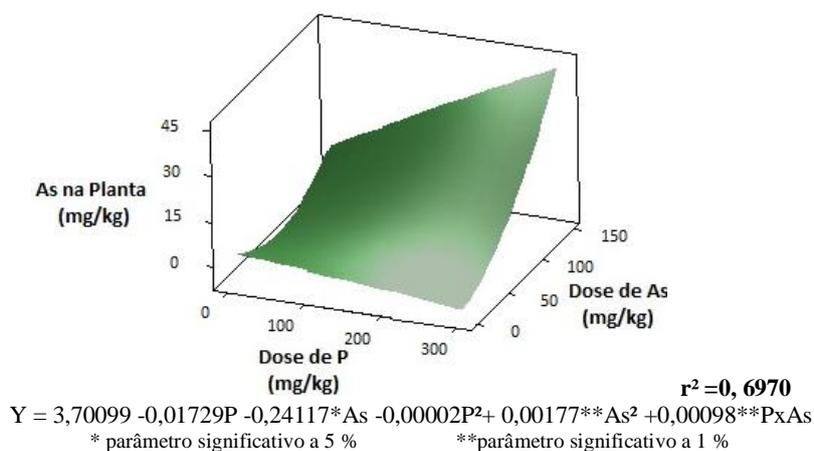
pH-H <sub>2</sub> O	P	K <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Al <sup>3+</sup>	H+Al	SB	t	T	V	m	MO	P-rem
	mg dm <sup>-3</sup>				cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>					---	---	dag kg <sup>-1</sup>	mg L <sup>-1</sup>
4,82	0,9	7	0,04	0,02	0,50	2,5	0,08	0,58	2,58	3,1	86,2	0,64	42,9
<b>Areia Grossa</b>			<b>Areia Fina</b>			<b>Silte</b>		<b>Argila</b>		<b>Classe Textural</b>			
----- dag kg <sup>-1</sup> -----													
22			59			5		14		<b>Franco Arenosa</b>			

**Tabela 3.** Delineamento experimental:

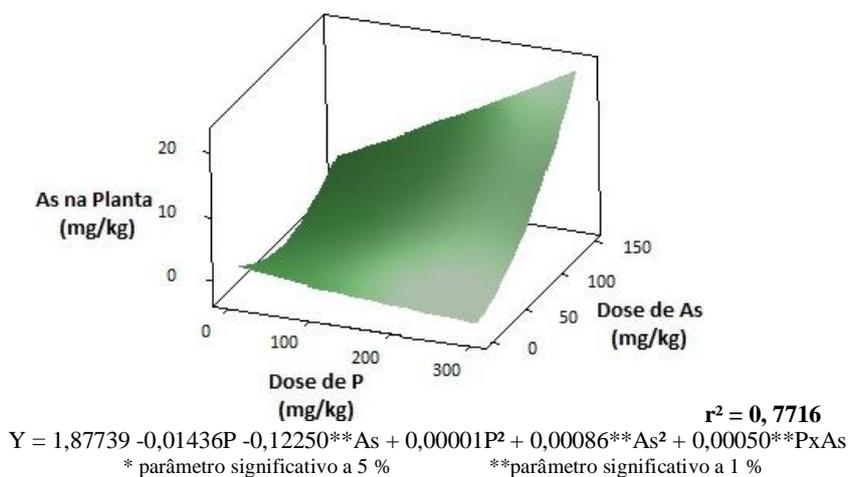
P (mg kg <sup>-1</sup> )	As (mg kg <sup>-1</sup> )	P (codificado)	As (codificado)
44	22	-1,00	-1,00
256	22	1,00	-1,00
44	128	-1,00	1,00
256	128	1,00	1,00
0	75	-1,41	0,00
300	75	1,41	0,00
150	0	0,00	-1,41
150	150	0,00	1,41
150	75	0,00	0,00
150	75	0,00	0,00
150	75	0,00	0,00
150	75	0,00	0,00
0	0	-1,41	-1,41
300	0	1,41	-1,41
0	150	-1,41	1,41
300	150	1,41	1,41



**Figura 1.** Arsênio absorvido por plantas de *Avena strigosa* no solo arenoso incubado por 30 dias.



**Figura 2.** Arsênio absorvido por plantas de *Avena strigosa* no solo argiloso incubado por 30 dias.



**Figura 3.** Arsênio absorvido por plantas de *Avena strigosa* no solo argiloso incubado por 60 dias.