

Quantificação de elementos potencialmente tóxicos presentes em diferentes cultivares de grãos de soja e milho comercializados na região Noroeste do Paraná

CRISTINA LORENA MASSOCATTO^{1*}; KRISTIANY MOREIRA DINIZ²; JAQUELINE BOLSON³; AFFONSO CELSO GONÇALVES JÚNIOR⁴; DOUGLAS CARDOSO DRAGUNSKI⁵

¹Mestre em Biotecnologia Aplicada à Agricultura, Universidade Paranaense (UNIPAR), Praça Mascarenhas de Moraes, CEP 87502-210, Umuarama/PR, Brasil. E-mail: cristinalm@hotmail.com. *Autor para correspondência

²Mestre em Química, Universidade de Londrina (UEL), Caixa Postal 6001, CEP 86051-990, Londrina/PR, Brasil. E-mail: krisdiniz@hotmail.com

³Graduada em Farmácia, Universidade Paranaense (UNIPAR), Praça Mascarenhas de Moraes - CEP 87502-210, Umuarama/PR, Brasil. E-mail: jaquebolson@hotmail.com

⁴Pós-Doutor em Ciências Ambientais, Professor Associado do Centro de Ciências Agrárias da UNIOESTE, Rua Pernambuco 1777, CEP 85960-000, Marechal Cândido Rondon/PR, Brasil. E-mail: affonso@unioeste.br

⁵Professor Doutor do Mestrado em Biotecnologia Aplicada à Agricultura, Universidade Paranaense (UNIPAR), Praça Mascarenhas de Moraes, CEP 87502-210, Umuarama/PR, Brasil. E-mail: dcdragunski@unipar.br

RESUMO

A soja e o milho são culturas que estão entre as mais plantadas na região noroeste do Paraná. Dessa forma, um estudo sobre alguns metais tóxicos e micronutrientes que são essenciais para o crescimento dessas plantas se faz necessário para o desenvolvimento dessas culturas e também para a saúde dos seres humanos. Assim, este trabalho objetivou quantificar os elementos Fe, Cu, Zn, Cr, Mn, Ni, Na e Pb em diferentes cultivares de soja e milho comercializados na região noroeste do Paraná. Os grãos de soja e de milho foram adquiridos da Cooperativa Agropecuária Goioerê (COAGEL), situada na cidade de Umuarama, no noroeste do Paraná. Foram analisados 36 cultivares para o milho e 14 para a soja. Primeiramente, as amostras foram secas a 100°C, trituradas e peneiradas. A digestão utilizada foi via úmida com ácido nítrico e peróxido de hidrogênio. Todas as amostras analisadas apresentaram os metais Fe, Zn, Cu, Cr, Mn e Na. Constatou-se que as quantidades dos minerais estudados variaram bastante para os diferentes cultivares, sendo que as maiores concentrações foram encontradas nas amostras de soja no que se refere aos metais Fe, Cu, Mn e Na, enquanto o milho apresentou as maiores concentrações de Cr e Zn. Em relação ao Cr, não se pode afirmar qual espécie química está presente (III ou VI), assim, deve-se ter precaução ao ingerir estes grãos como alimento. Também foi avaliada a correlação entre os metais, constatando que entre os minerais na soja as correlações foram superiores àquelas obtidas com o milho.

Palavras-chave: sementes, metais, absorção atômica.

ABSTRACT

Quantification of potentially toxic elements in different soybean and corn cultivars commercialized in the Northwest of Paraná

Soybeans and corn are among the crops that are commonly grown in the Northwest of Paraná. Therefore, a study of some toxic metals and micronutrients that are essential for the growth of these plants is necessary for the development of these crops and also for human health. This study aimed to quantify the elements Fe, Cu, Zn, Cr, Mn, Ni, Na and Pb in different

SAP 6548

DOI: 10.18188/1983-1471/sap.v12n3p182-192

Data do envio: 12/06/2012

Data do aceite: 10/12/2012

Scientia Agraria Paranaensis - SAP

Mal. Cdo. Rondon, v. 12, n. 3, jul./set., p.182-192, 2013

cultivars of soybeans and corn commercialized in the Northwest of Paraná. Soybeans and corn were purchased from the Goioerê Agricultural Cooperative (COAGEL), located in the city of Umarama, in the Northwest of Paraná. Thirty-six cultivars of corn and fourteen cultivars of soybean were analyzed. Samples were dried at 100°C, grinded and sifted. Digestion was made in a moist medium with nitric acid and hydrogen peroxide. All samples showed the metals Fe, Zn, Cu, Cr, Mn and Na. It was found that the quantities of minerals studied varied widely for the different cultivars, and the highest concentrations were found in the soybean samples with regard to the metals Fe, Cu, Mn and Na, while the corn had the highest concentrations of Cr and Zn. Regarding Cr, it is not possible to know which chemical species is present (III or VI); therefore, caution is recommended when eating these grains as food. We also analyzed the correlation between the metals and found that correlations between minerals in soybean were higher than correlations between minerals in corn.

Keywords: seeds, metals, atomic absorption.

INTRODUÇÃO

A soja e o milho são culturas que estão entre as mais plantadas na região noroeste do Paraná. Neste estado, a produção de milho é a maior do país e a de soja a segunda maior (CONAB, 2012). Segundo os dados do IBGE, o Paraná se destaca como o maior produtor de grãos do país. Nesse contexto, a busca incessante de uma maior produção por hectare, leva a utilização de diversos tipos de adubo, herbicidas e pesticidas, os quais podem conter quantidades de elementos químicos que poderão causar algum dano a saúde da população.

A necessidade de alcançar elevados patamares de produtividade tem resultado em uma crescente preocupação com o uso de micronutrientes na adubação. Os micronutrientes são elementos químicos essenciais para o crescimento das plantas e são exigidos em quantidades muito pequenas (MORTVEDT, 2001). A sensibilidade à deficiência de micronutrientes varia conforme a espécie cultivada (GONÇALVES JR. et al., 2005).

Galvão (1988) obteve em um trabalho a campo, realizado em solo orgânico de várzea, com a aplicação à lanço de 2 kg de cobre (Cu) por hectare, aumento da produção de grãos para o trigo. O mesmo autor com a aplicação à lanço de 2kg de Cu por hectare, no cultivo da soja, em Latossolo Vermelho-Amarelo, obteve resposta somente no segundo cultivo, aumentando em 578 kg por hectare o rendimento de grãos.

Além da incorporação do micronutriente no solo, também se utiliza a aplicação destes no tratamento de sementes. Os resultados para este tipo de emprego foram amplamente positivos para certas condições específicas, representando menores custos para a aplicação, maior uniformidade de distribuição e bom aproveitamento pela planta, sendo uma prática mais fácil e eficaz de adubação (VIDOR & PEREZ, 1988; PARDUCCI et al., 1989; LUCHESE et al., 2004). Entre os fertilizantes à base de micronutrientes utilizados no tratamento de sementes de milho, disponíveis no mercado, encontra-se um formulado granulado que contém 20% de zinco (Zn), 3% de boro (B), 1% de manganês (Mn) e 1% de molibdênio (Mo), denominado Stimulus (BINOVA, 2002).

A utilização de adubos que visam suprir micronutrientes merece uma atenção especial não somente com os metais essenciais e benéficos, mas também com relação aos tóxicos cádmio (Cd), cromo (Cr) e chumbo (Pb), que muitas vezes estão presentes em suas formulações (GONÇALVES JR. et al., 2000; GONÇALVES JR. & PESSOA, 2002).

As concentrações dos metais pesados variam nos diferentes tecidos da planta, e, em geral, os grãos contêm concentrações menores do que as partes vegetativas da planta (BERTON, 2000). A expressão “metal pesado” engloba espécies metálicas, semi-metálicas e não metálicas. O termo se aplica a elementos que tem densidade superior a 5 g cm⁻³ (GUEDES et al., 2005).

Mesmo apresentando uma quantidade menor destes metais, é necessária a avaliação do teor desses elementos para verificar se estão propícios para o consumo humano e para o plantio.

Os metais pesados são importantes em diversos meios. Alguns são usados industrialmente em países de tecnologia avançada (MALAVOLTA, 1994). Outros são considerados essenciais ao desenvolvimento de plantas e animais, porém, os limites de tolerância a estes microelementos, de maneira geral, são muito baixos.

Os minerais desempenham várias funções no metabolismo da planta. O ferro (Fe) e o Cu participam de reações de oxirredução, enquanto o Zn é componente e ativador enzimático a exemplo do seu envolvimento na anidrase carbônica, dismutase de superóxido, desidrogenase de álcool e síntese do ácido indol acético (AIA) (FAQUIN, 2005; MALAVOLTA, 2006). Outros são considerados exclusivamente tóxicos, como o Pb, conhecido por induzir várias disfunções em animais de laboratório e humanos, alterando a atividade antioxidante por inibição do grupo funcional SH em muitas enzimas. No entanto, todos os elementos em altas concentrações podem trazer danos ao organismo, por interagirem diretamente com o DNA (KLASSEN & WATKINS, 2001; MAIGA et al., 2005).

Com exceção das espécies exclusoras, que são aquelas que eliminam os minerais quando os mesmos estão em quantidades consideradas fitotóxicas, a maioria das espécies vegetais que crescem em solos contaminados por metais pesados não conseguem evitar a absorção desses elementos, somente limitar sua translocação (BAKER, 1981). Ainda que existam muitas incertezas sobre a especificidade dos mecanismos de absorção dos metais pesados, sobretudo daqueles não essenciais, geralmente o teor e o acúmulo do elemento nos tecidos são funções de sua disponibilidade na solução do solo, e os teores nas raízes e parte aérea aumentam com a elevação da concentração de metais na solução do solo (GUSSARSSON et al., 1995).

Desta forma, este trabalho objetivou quantificar os minerais: níquel (Ni), sódio (Na), Fe, Cu, Zn, Cr, Mn e Pb em diferentes sementes de cultivares de soja e milho comercializados na região noroeste do Paraná.

MATERIAL E MÉTODOS

Obtenção das amostras

As sementes de diferentes cultivares de milho e soja, foram adquiridas na Cooperativa Agropecuária Goioerê (COAGEL), situada na cidade de Umuarama no noroeste do Paraná.

Foram analisadas 36 cultivares de milho obtidos aleatoriamente: Agrocere 9040, Agroeste 1570, Agrocere Be 9510, Agroeste 1551, Agroeste 1590, Agroeste 1548, Agroeste 1577, Agrocere 6020, Agrocere 6040, Balu 184, Bras 1010, Bras 1335, Bras 1030, COOD 351, COOD 384, COOD 319, COOD 304, COOD 308, DKB 330, DKB 615, DKB 8307, DKB 177, Expo 02 Guerra, Guerra 8304, Guerra 6010, Guerra 6011, Guerra 6418, Guerra 6435, PL 6880, Pioneer 30K75, Pioneer P30F53, Pioneer 30R32, Pioneer 30F87, Pioneer 30K73 e Pioneer 3021.

Para a soja foram 14 cultivares também obtidos aleatoriamente: CD 255RR, CD 215, CD 214RR, CD 219RR, BRS 232, CD 202, BRS 184, Embrapa 48, Codetec 202, CD 206, CD 217, CD 214 trans, CD 213 trans e BRS 245.

Limpeza de vidrarias, recipientes plásticos e demais utensílios

Após lavagem com água e detergente das vidrarias, recipientes plásticos e demais utensílios, foram bem enxaguados e mergulhados em uma solução de ácido nítrico 10%, preparada com água destilada. Ao retirar, foram escorridos e lavados pelo menos três vezes em água ultra pura. Foram então deixados secar em posição invertida.

Preparo das amostras

As amostras foram secas em estufa a 100 °C para retirar a umidade, logo após, foram trituradas e peneiradas em peneiras de 50 mm. Nas amostras que possuíam tratamentos para o

plântio, foi retirado o excesso destas substâncias efetuando a separação através de peneiras mais finas 60 mm.

Para a digestão via úmida das amostras utilizou-se 0,5 g, em triplicata, adicionou-se 6 mL de ácido nítrico (HNO₃, EEL, LTDA) à concentração de 54% e 3 mL de peróxido de hidrogênio (H₂O₂, EEL, LTDA) a concentração de 30%. A mistura foi colocada em uma chapa de aquecimento a 100 °C por 90 minutos, e filtrada em balão de 50 mL, completando seu volume com água ultra pura.

Determinação de metais

As medidas também foram realizadas em triplicata, empregando-se espectrofotômetro de absorção atômica com chama (ar-acetileno) (*GBC 932 plus*). Os elementos analisados foram Pb, Cr, Fe, Ni, Zn, Cu e Na. As condições experimentais de análises para cada metal, utilizando o espectrofotômetro de absorção atômica com chama encontram-se na Tabela 1.

TABELA 1. Condições operacionais utilizadas para as medidas de espectrofotometria de absorção atômica na determinação dos metais estudados.

Elemento	Faixa linear (mg L ⁻¹)	λ (nm)*
Pb	0,2 – 20,0	217,0
Cr	0,1 – 15,0	357,9
Fe	0,3 – 9,0	248,3
Ni	0,2 – 8,0	232,0
Zn	0,2 – 5,0	213,9
Cu	0,2 – 5,0	324,7
Na	5,0 – 250	589,0
Mn	0,1 – 3,6	279,5

*Comprimento de onda.

Os teores dos minerais encontrados nas amostras foram calculados a partir da construção de curvas de calibração específicas para cada elemento com um total de, no mínimo, 6 pontos e apresentando um coeficiente de regressão linear superior a 0,997. Os resultados foram analisados utilizando o programa GraphPad Prism4, com o teste t-student (nonparametric test), com um P<0,05.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para os experimentos realizados os limites de detecção (LD) para cada elemento foram de: Pb (0,2 mg L⁻¹); Zn (0,5 mg L⁻¹); Cu (0,2 mg L⁻¹); Cr (0,1 mg L⁻¹); Fe (0,5 mg L⁻¹); Ni (0,2 mg L⁻¹), Na (5,0 mg L⁻¹) e Mn (0,2 mg L⁻¹). Todos os LD encontram-se dentro dos valores permitidos pela ANVISA, para o consumo humano.

No que se refere às plantas pode-se observar na Tabela 2 a quantidade considerada fitotóxica de cada elemento.

Dentre os metais estudados o Ni e o Pb, não apresentaram resposta em nenhuma das amostras analisadas, ou seja, estão abaixo do limite de detecção (LD). Esses resultados se mostraram satisfatórios, pois estes metais em determinadas concentrações podem promover algum dano a saúde humana e a germinação da planta.

TABELA 2. Concentrações totais de elementos considerados excessivos do ponto de vista de fitotoxidez de acordo com a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA).

Elementos	Teores ($\mu\text{g mL}^{-1}$)
Pb	100-400
Cr	75-100
Fe	Não apresenta
Ni	100
Zn	70-400
Cu	60-125
Na	Não apresenta
Mn	1500-3000

Na Figura 1 estão expressas as quantidades em $\text{mg } 100 \text{ g}^{-1}$ dos minerais Cr, Cu, Mn, Zn e Fe, para as sementes provenientes de diferentes cultivares de milho. Como a quantidade de cultivares analisadas foi relativamente alta, optou-se por apresentar na figuras somente os menores e maiores valores encontrados nos diversos cultivares. Constatou-se que ocorreu uma grande variação dos minerais Cr, Cu, Zn e Fe, em relação ao tipo de cultivar analisado, entretanto esta diferença não foi significativa ($P < 0,05$) para o Mn.

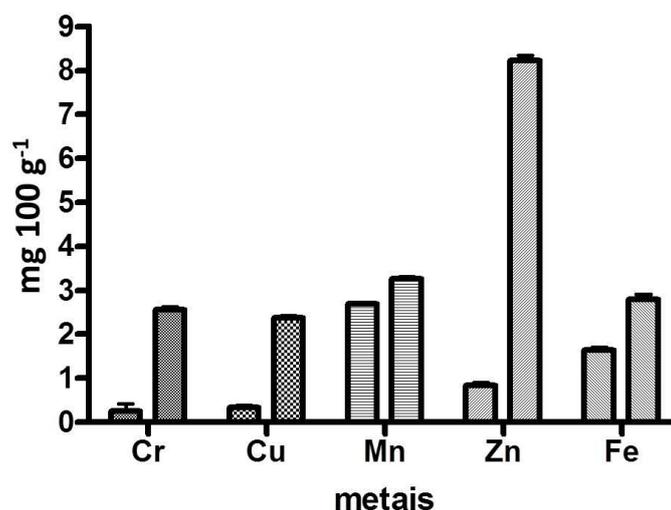


FIGURA 1- Quantidades em $\text{mg } 100 \text{ g}^{-1}$ dos metais Cr, Cu, Mn, Zn e Fe, presente em amostras de milho.

Pode-se destacar que esta diferença entre os cultivares, deve estar correlacionada ao tipo de solo em que estas sementes serão cultivadas, pois sabe-se que os micronutrientes são muito importantes para o crescimento das plantas.

Em relação aos diferentes cultivares de soja, apresentados na Figura 2, pode-se observar o mesmo perfil apresentado pelas sementes de milho. Constatando uma grande diferença nos teores dos minerais em relação aos metais Cr, Cu, Zn e Fe, enquanto o Mn apresentou valores extremos relativamente próximos. Desta forma, uma análise dos macro e micronutrientes no solo é de grande importância para que aumente a produtividade destes grãos. Porém se utilizado em excesso, estes minerais poderão causar além da fitotoxicidade nas plantas, também contaminação de solos, águas subterrâneas e até mesmo do ser humano.

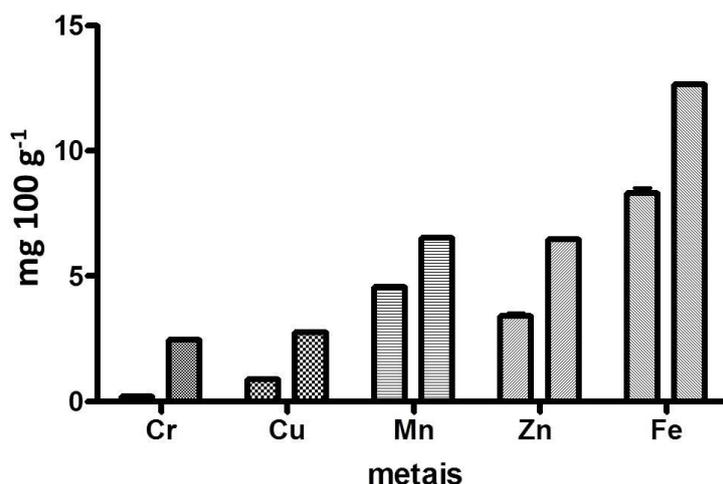


FIGURA 2- Quantidades em mg 100 g⁻¹ dos metais Cr, Cu, Mn, Zn e Fe, presente em amostras de soja.

Analisando o mineral Fe, pode-se observar uma variação para o milho de 1,65 a 2,79 mg 100 g⁻¹ (Figura 1) e de 8,30 a 12,64 mg 100 g⁻¹ na soja (Figura 2). Estes valores, encontrados para a soja, são semelhantes aos reportados por Yamada (2003), em que foi pesquisado quatro cultivares diferentes, nos quais os teores variaram de 8,4 a 11,0 mg 100 g⁻¹.

A quantidade de Zn nas amostras de grãos de milho ficaram entre 0,84 mg e 8,23 mg 100 g⁻¹ (Figura 1), para a soja o valor mínimo encontrado deste mineral foi de 3,42 mg 100 g⁻¹, sendo o máximo de 6,46 mg 100 g⁻¹ (Figura 2). As quantidades encontradas de Zn para a soja estão acima do valor máximo encontrado por Yamada (2003), que variou de 3,8 a 4,2 mg 100 g⁻¹. Possivelmente os cultivares analisados necessitam de uma maior quantidade de Zn, pois deverão ser plantados em solos onde este mineral se encontra em baixa quantidade. Entre os micronutrientes, a importância da presença Zn para as culturas em solos brasileiros é indiscutível uma vez que frequentemente se encontra deficiente, principalmente naqueles solos não originados de rochas básicas.

A prática de se misturar o Zn às sementes favorece a uniformidade de aplicação e coloca o elemento em contato imediato com as primeiras raízes emitidas (BARBOSA et al., 1982). Assim, os benefícios proporcionados por este elemento podem explicar a quantidade de Zn em maior concentração.

As concentrações de Cu ficaram entre 0,33 a 2,37 mg 100 g⁻¹ no milho (Figura 01) e de 0,89 a 2,75 mg 100 g⁻¹ na soja (Figura 02). Os teores deste metal encontrados para a soja estão acima dos valores reportados por Yamada (2003), que variaram de 0,7 a 1,05 mg 100 g⁻¹. O Cu, embora exigido em pequenas quantidades, é essencial para a planta completar seu ciclo vegetativo e suas deficiências provocam diminuição na produtividade. Desta forma, possivelmente esta maior quantidade de Cu nas amostras utilizadas deve-se a reposição de minerais que foram realizadas para facilitar a germinação do grão.

Para a germinação dos grãos, segundo Luchese (2004) a aplicação de Cu nas sementes de milho prejudicou a emergência das mesmas e a dose de 5,09 g de Cu por kg de sementes foi a que mais influenciou negativamente esta variável. A partir do tratamento com 4,00 g de Cu por kg de sementes, sintomas de toxicidade foram observados sem afetar a massa seca das plantas. Desta forma, as sementes analisadas possuem quantidades inferiores as que diminuíram a emergência da planta, indicando que o Cu deverá exercer um efeito positivo sobre a germinação.

Em relação às quantidades de Cr, estas tiveram uma variação de 0,25 a 2,56 mg 100 g⁻¹ no milho (Figura 01) e 0,21 a 2,46 mg 100 g⁻¹ na soja (Figura 02). As concentrações deste

mineral foram semelhantes tanto para o milho quanto para a soja. Estes valores estão bem acima dos reportados por Ferreira (2003), em que o milho e a soja foram tratados com resíduos de curtume, com excesso de Cr, a quantidade deste elemento variou de 0,1 a 0,03 mg 100 g⁻¹ para o milho, e 0,002 a 0,003 mg 100 g⁻¹. Isto indica que a utilização de sementes com tratamento prévio ao plantio, pode promover um aumento da quantidade deste elemento, que poderá causar graves danos a saúde se ingerido.

Malavolta (1980) menciona o efeito estimulante do Cr na concentração de 0,5 µg mL⁻¹ para o milho. Outros trabalhos têm mostrado uma inibição no crescimento de plantas em concentrações do elemento na solução nutritiva próxima de 1 a 2 µg mL⁻¹, assim os cultivares que apresentaram uma quantidade superior podem apresentar mau desenvolvimento (FAQUIN, 2005).

O Mn apresentou no milho concentrações que variaram de 2,69 a 3,25 mg 100 g⁻¹ (Figura 01) e na soja de 4,56 a 6,53 mg 100 g⁻¹ (Figura 02). Os valores encontrados para a soja são superiores ao reportado por Yamada (2003), os quais variaram de 1,8 a 2,5 mg 100 g⁻¹, para quatro cultivares de soja. Estas concentrações acima dos valores reportados na literatura podem ser explicadas, possivelmente, devido ao solo onde foi cultivada estas plantas e obtidas as sementes. No caso do Mn, sua ocorrência nos solos brasileiros é predominantemente pedogênica, com teores disponíveis que variam de 3 a 190 mg dm⁻³ nos horizontes superficiais de solos do estado de São Paulo (VALADARES & CAMARGO, 1981; BORKERT et al., 2001).

O metal Na ficou na faixa de 9,61 mg a 44,66 mg 100 g⁻¹ no milho e 13,45 a 57,60 mg 100 g⁻¹ na soja (Figura 03). Não foi encontrado nenhum valor de referência para este mineral, porém sabe-se que os íons inorgânicos desempenham importante papel na preservação do potencial hídrico vegetal. Portanto, mecanismos em plantas conduzindo ao excesso de absorção iônica e exclusão de Na⁺ e Cl⁻ de tecidos metabolicamente ativos da parte aérea, podem ser responsáveis pela tolerância das culturas ao estresse salino (GREENWAY & MUNNS, 1980; CHESEMAN, 1988). Esta exclusão pode ser efetuada através da acumulação preferencial de íons em tecidos relativamente tolerantes da raiz ou da parte aérea (BOURSIER et al., 1987).

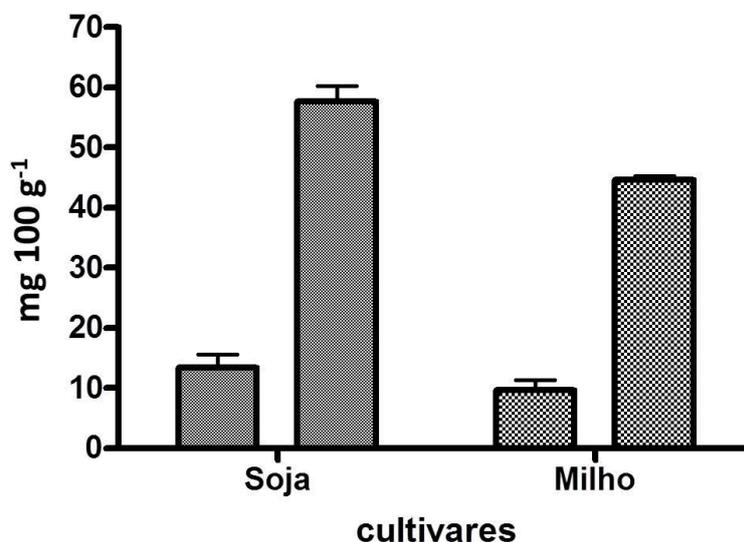


FIGURA 3- Quantidade de sódio (Na) em mg 100 g⁻¹ presente em amostras de soja e milho.

Deve-se destacar que o tipo de cultivar influencia na variação desses metais e que em grandes quantidades podem ser tóxicos.

Para avaliar a correlação entre os minerais, ou seja, se a absorção de um mineral interfere na absorção de outro mineral, foram construídos gráficos de dispersão.

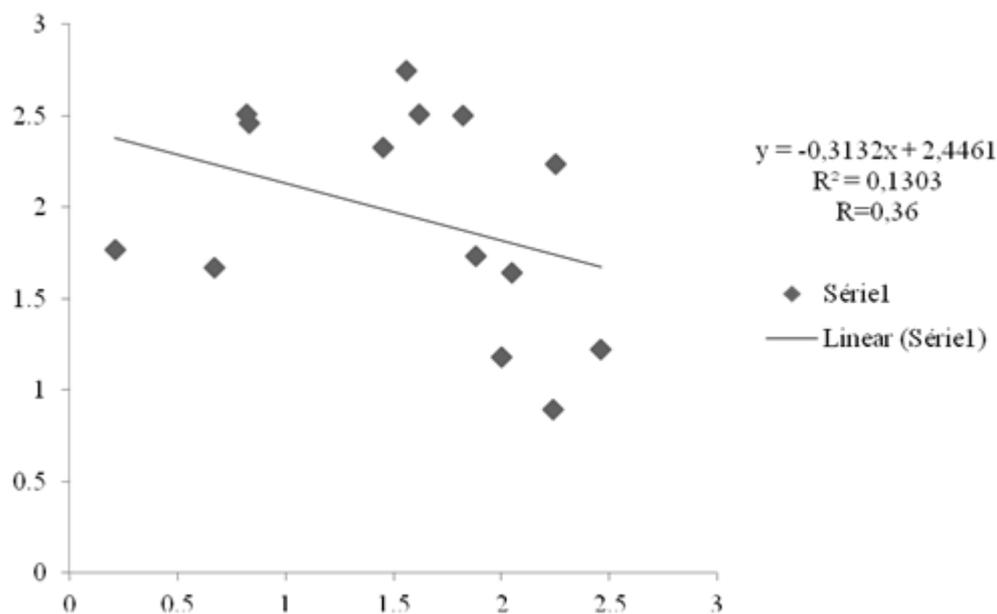


FIGURA 4 - Gráfico de dispersão entre os metais Cr e Cu presentes em amostras de soja.

A Figura 4 apresenta um gráfico de dispersão entre os metais Cr e Cu em amostras de soja, onde o resultado de R pode variar de 0 a 1, sendo correlações fortes as próximas de 1. Retas lineares traçadas no sentido da figura, para baixo, indicam uma correlação negativa ou antagônica, ou seja, a absorção destes dois minerais juntos é menor do que a sua absorção independentes.

Analisando a Tabela 3 observaram-se algumas correlações entre os minerais, foi considerada uma correlação mediana, os valores próximos a 0,4, abaixo deste resultado as correlações foram nomeadas como baixas. Os valores próximos de 0,6 foram considerados como fortes.

TABELA 3. Correlações entre os minerais analisados (Cu, Cr, Fe, Mn, Na e Zn) para sementes de soja.

	Cu	Cr	Fe	Mn	Na	Zn
Cu	*****	-0,36	-0,49	0,095	0,13	-0,11
Cr	-0,36	*****	-0,28	-0,41	-0,095	-0,44
Fe	-0,49	-0,28	*****	0,23	0,03	0
Mn	0,095	-0,41	0,23	*****	0,50	0,42
Na	0,13	-0,095	0,03	0,50	*****	0,46
Zn	-0,11	-0,44	0	0,42	0,46	*****

Constatou-se uma correlação mediana negativa entre o Cu e Cr (Tabela 3). O Mn apresentou valores medianos positivos com o Zn e Na, entretanto com o Cr ocorreu uma correlação mediana negativa. O Zn além das correlações medianas com Cr, Mn,, apresentou valores significativos para o Na.

Na Tabela 4 pode-se observar as correlações dos minerais Cu, Cr, Fe, Mn, Na e Zn, para sementes de milho. O elemento Cu teve uma correlação mediana à alta com o Zn. Entretanto, o Cr e o Fe se correlacionaram de forma mínima com todos os micronutrientes. Além da

correlação baixa negativa entre Cr e Mn. No que se refere ao Mn, este apresentou uma correlação mediana apenas com Zn.

TABELA 4. Correlações entre os minerais analisados (Cu, Cr, Fe, Mn, Na e Zn) para sementes de milho.

	Cu	Cr	Fe	Mn	Na	Zn
Cu	*****	-0,23	0,14	0,4	0,1	0,61
Cr	-0,23	*****	-0,14	-0,08	0,29	0,14
Fe	0,14	-0,14	*****	0,3	0,2	0,16
Mn	0,4	-0,08	0,3	*****	0,05	0,49
Na	0,1	0,29	0,2	0,05	*****	0,06
Zn	0,61	0,14	0,16	0,49	0,06	*****

De acordo com Kabata-Pendias (2001), a interação dos elementos químicos também é um importante processo que pode causar deficiência e toxicidade em plantas. O antagonismo ocorre quando o efeito fisiológico da combinação de dois ou mais elementos é menor que a soma de seus efeitos independentes, e o sinergismo ocorre quando o efeito combinado destes elementos é maior. O efeito antagônico pode promover a inibição da absorção de metais pesados por macronutrientes, ou o metal pesado pode inibir a absorção de um macronutriente.

Neste trabalho, no que se refere à quantidade de minerais presentes nas sementes de soja e milho, foi observado o efeito antagônico entre alguns minerais estudados. Várias correlações positivas foram observadas, porém com valores pequenos, o que significa que não há uma relação entre um elemento e outro.

CONCLUSÕES

Todas as amostras analisadas apresentaram os metais Fe, Zn, Cu, Cr, Mn e Na, o que é de grande importância, pois estes são elementos necessários, tanto para a germinação dos grãos quanto para a saúde humana quando utilizados no preparo de alimentos ou multimisturas.

Com base nos resultados pode-se constatar que as maiores concentrações foram encontradas nas amostras de soja no que se refere aos metais Fe, Cu, Mn e Na, sendo esta considerada uma fonte destes minerais. Enquanto, o milho apresentou as maiores concentrações de Cr e Zn.

Tanto na soja como no milho foram observadas correlações positivas e negativas. Porém na soja as correlações negativas variaram de fracas a medianas, enquanto que no milho houve somente correlações negativas fracas. As correlações positivas foram fortes entre Cu e Zn no milho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARBOSA FILHO, M.P.; FAGERIA, N.K.; CARVALHO, J.R.P. Fontes de zinco e modos de aplicação sobre a produção de arroz em solos de cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.17, n.12, p.1713-1719, 1982.

BAKER, A.J.M. Accumulators and excluders-strategies in the response of plants to heavy metals. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v.3, n. 1/4, p.643-654, 1981.

BERTON, R.S. **Riscos de contaminação do agrossistema com metais pesados**. In: BETTIOL, W.; CAMARGO, O.A. (Ed.). Impacto ambiental do uso agrícola do lodo de esgoto. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2000. p.259-268.

BINOVA. Tratamento de sementes: Stimulus fertilizante. Ribeirão Preto: Binova, 2002. p.2.

Scientia Agraria Paranaensis - SAP
Mal. Cdo. Rondon, v. 12, n. 3, jul./set., p.182-192, 2013

BORKERT, C.M.; PAVAN, M.A; BATAGLIA, O.C. Disponibilidade e avaliação de elementos catiônicos: ferro e manganês. In: FERREIRA, M.E.; CRUZ, M.C.P.; RAIJ, B. van & ABREU, C.A., eds. **Micronutrientes e elementos tóxicos na agricultura**. Jaboticabal, CNPq/FAPESP/Potafós, 2001. p.151-185.

BOURSIER, P.; LYNCH, J.; LÄUCHLI, A.; EPSTEIN, E. Chloride partitioning in leaves of salt-stressed sorghum, maize, wheat and barley. **Australian Journal of Plant Physiology**, Melbourne, v.14, p.463-473, 1987.

Brasil. Decreto nº55871, de 26 de março de 1995. **D.O.U. - Diário Oficial da União; Poder Executivo, de 19 de setembro de 2000**. www.anvisa.gov.br, acessado em setembro de 2009.

Brasil, Resolução RDC nº 269, de 22 de setembro de 2005 . **ANVISA - Agência Nacional de Vigilância Sanitária**, de 23 de setembro de 2005.

CHEESEMAN, J.M. Mechanisms of salinity tolerance in plants. **Plant Physiology**, Rockville, 1988. v.87, p.547-550.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento, **Acompanhamento da safra brasileira**, Grãos 2011-2012, junho de 2012, p.22-23,
http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/12_06_05_09_50_17_boletim_safra_-_junho-2012.pdf , acessado em junho de 2012.

EMBRAPA SOJA. **Tecnologia de produção de soja**. Londrina: Embrapa Soja, 2001. 281p.

FAQUIN, VALDEMAR. **Nutrição Mineral de Plantas**. Minas Gerais: Universidade Federal de Lavras, 2005.183p.

FERREIRA, A.S.; CAMARGO, F.A.O.; TEDESCO, M.J.; BISSANI, C.A. Effects of tannery and coal mining residues on chemical and biological soil properties and on corn soybean yields. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.27, n.4, 2003.

GALRÃO, E.Z. Resposta do trigo à aplicação de cobre em um latossolo orgânico de várzea. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.12, n.3, p.275-279, 1988.

GONÇALVES JR., A.C; LUCHESE, E.B.; LENZI, E. Avaliação da fitodisponibilidade de cádmio, chumbo e cromo, em soja cultivada em Latossolo Vermelho Escuro, tratado com fertilizantes comerciais. **Química Nova**, São Paulo, v.23, n.2, p.173-177, 2000.

GONÇALVES JR., A.C.; PESSOA, A.C.S. Avaliação da fitodisponibilidade de cádmio, chumbo e cromo, em soja cultivada em Argissolo Vermelho Eutrofico, tratado com fertilizantes comerciais. **Scientia Agraria**, Curitiba, v.3, n.1-2, p.19-23, 2002.

GONÇALVES JR., A.C.; SACON, E.; MONDARDO, E. Capacidade dos métodos extratores e fitodisponibilidade de cobre para uma cultura de milho cultivado em Argissolo Vermelho-Amarelo Eutrofico. **Revista Varia Scientia**, v.04, n.08, p.103-111, 2005.

GUEDES, J.A.; LIMA, R.F.S.; DE SOUZA, L.C. Metais pesados em água do rio Jundiáí – Macaíba/RN. **Revista de Geologia**, v.2, n.18, p.131-142, 2005.

GUSSARSSON, M.; ADALSTEINSSON, P.J.; ASP, H. Cadmium and copper interactions on the accumulation and distribution of Cd and Cu in birch (*Betula pendula* Roth) seedlings. **Plant and Soil**, Dordrecht, v.171, p.185-187, 1995.

GREENWAY, H.; MUNNS, R. Mechanisms of salt tolerance in nonhalophytes. **Annual Review of Plant Physiology**, Palto Alto, v.31, n.1, p.149-190, 1980.

IBGE – Instituto Brasileiro de de Geografia e Estatística. Referência obtida na Internet. Disponível em: <www.ibge.gov.br.> Acesso em: set. 2010.

KABATA-PENDIAS, A.; PENDIAS, H. **Trace elements in soils and plants**. 3.ed. Boca Raton, CRC Press, 2001. 413p.

KLASSEN, C.D.; WATKINS III J.B. **Toxicologia, a Ciência Básica dos Tóxicos, de Casarett e Doull**. Portugal, 2001. p.559-567.

LUCHESE, A.V.; GONÇALVES JR., A.C.; LUCHESE, E.B.; BRACCINI, M.C.L. Emergência e absorção de cobre por plantas de milho (*Zea mays*) em resposta ao tratamento de sementes com cobre. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.24, n.6, p.1949-1952, 2004.

MAIGA, A.; DIALLO, D., BYE, R.; PAULSEN, B.S. Determination of some toxic and essential metal ions in medicinal and edible plants from Mali. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.53, p.2316-1321, 2005.

MALAVOLTA, E.; **Fertilizantes e seu impacto ambiental:metais pesados, mitos, mistificação e fatos**. São Paulo: Produquímica, 1994. 153p.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. Viçosa: UFV, 2006. 631p.

MORTVEDT, J.J. Tecnologia e produção de fertilizantes com micronutrientes. Presença de elementos tóxicos. In: FERREIRA, M.E.. (Ed.). **Micronutrientes e elementos tóxicos na agricultura**. Jaboticabal: CNPq/Fapesp/Potafos, 2001, p.237-253.

PARDUCCI, S.; SANTOS, O.S.; CAMARGO, R.P.; LEÃO, R.M.A.; BATISTA, R.B. **Micronutrientes biocrop**. Campinas: Microquímica, 1989. 101p.

VALADARES, J.M.A.; CAMARGO, O.C. Manganês em solos do estado de São Paulo. In: CONGRESSO BRASILEIRO, 17, Salvador, 1981 **Programas e resumos**. Campinas, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo ,1981. p.85.

VIDOR, C.; PERES, J.R.R. **Nutrição das plantas com molibdênio e cobalto**. In: BORKERT, C.M.; LANTMANN, A.F., eds. Enxofre e micronutrientes na agricultura brasileira. Londrina: Embrapa/CNPSO/SBCS,1988. p.179-204.

YAMADA, L.T.P.; BARCELOS, M.F.P.; DE SOUSA, R.V.; DE LIMA, A.L. Composição química e conteúdo de ferro solúvel em soja [*Glycine max* (L.) Merrill]. **Ciência e Agrotecnologia**, v.27, n.2, p.406-413. 2003.