

METAIS PESADOS EM CALCÁRIOS DO ESTADO DE MATO GROSSO

Alexandra de Paiva SOARES¹, Oscarlina Lucia dos Santos WEBER¹, Ozires do ESPÍRITO SANTO¹

(1) Universidade Federal de Mato Grosso /UFMT – Avenida Fernando Corrêa da Costa, nº 2367. Bairro Boa Esperança. – CEP 78060-900. Cuiabá, MT. Endereços eletrônicos: agropaivas@yahoo.com.br; oscsan@uol.com.br; oziresessanto@yahoo.com.br

Introdução

Material e Método

Resultados e Discussão

Teores de metais pesados por mineradora

Teores de metais pesados por grupo de formação geológica calcária

Potencial contaminante dos calcários na correção do solo

Conclusões

Referências Bibliográficas

RESUMO - O Estado de Mato Grosso é o principal produtor nacional de calcário, o crescimento da produção tem acompanhando o preço das commodities agrícolas e a expansão da área cultivada. No que diz respeito à composição química dos calcários, além do cálcio e do magnésio alguns metais pesados também fazem parte de sua constituição. Neste estudo foram coletadas amostras de calcários moídas em 19 mineradoras do Estado de Mato Grosso, onde foram avaliados os teores totais de Cu, Fe, Mn, Zn, Cd, Cr, Pb e Ni. Verificou-se que os calcários agrícolas mato-grossenses são potenciais fontes de micronutrientes essenciais (Fe, Mn, Zn, Cu e Ni) às plantas, além de possuírem teores relativamente baixos dos metais pesados potencialmente tóxicos (Cr, Cd e Pb), caracterizando-se por não representar risco imediato como fonte poluidora do solo. Ocorre grande variação no teor de metais pesados entre os diferentes grupos de formações rochosas;

Palavras - chave: elementos traço, rocha calcária, corretivos do solo, contaminação.

ABSTRACT – Alexandra de Paiva Soares; Oscarlina Lucia dos Santos Weber Ozires do Espírito Santo - *Heavy metals in the state of Mato Grosso limestone*. The State of Mato Grosso is the leading national producer of limestone, production growth has now following the price of agricultural commodities and the expansion of cultivated area. About the chemical composition of lime, it is composed of calcium and magnesium and some heavy metals are also part of their constitution. In this study limestone samples were collected ground in 19 mining companies in the state of Mato Grosso, were evaluated in the total contents of Cu, Fe, Mn, Zn, Cd, Cr, Pb and Ni. It was found that the agricultural limestone of Mato Grosso are potential sources of essential micronutrients (Fe, Mn, Zn, Cu and Ni) to the plants, they have low levels of potentially toxic heavy metals (Cr, Cd and Pb), but it does not represent immediate risk as provide of pollution of soil. Great variation in content of heavy metals between the different groups of rocky formations.

Keywords: trace elements, limestone, corrective soil, contamination.

INTRODUÇÃO

O Centro Oeste ocupa a primeira posição entre as regiões produtoras de calcário do Brasil, responde por 40,2% do total produzido, seguida pela região Sul com 24,3%, Sudeste com 23,0%, Norte com 7,5% e Nordeste com 5,0%. Em 2012, Mato Grosso foi o principal Estado produtor com 21,2% do total produzido no país, posição essa que mantém atualmente (Agrodebate, 2015).

A produção nacional de calcário, nos últimos anos, tem crescido linearmente, em 2012 esse crescimento foi de 15,2 % em relação ao ano de 2011, em 2014 o aumento de produção foi de 12% em relação ao ano de 2013 (Agrodebate, 2015), acompanhando o preço das commodities agrícolas e a expansão da área cultivada (Brasil, 2013).

As reservas de rochas carbonáticas do Estado de Mato Grosso totalizam cerca de um bilhão e seiscentas mil toneladas distribuídas, principalmente na Formação Araras do Grupo

Alto Paraguai, no Grupo Cuiabá e na Formação Irati do Grupo Passa Dois (Brasil, 2006).

Os maiores depósitos localizam-se no Grupo Alto Paraguai, principalmente nas cidades de Nobres e Rosário Oeste com cerca de 760 e 560 milhões de toneladas respectivamente, essa grande expressividade da Formação Araras foi relatada por Luz et al. (1978) em um levantamento minero-econômico dessa unidade litoestratigráfica.

A formação geológica da jazida constitui um fator preponderante para a ampla variação na composição química dos calcários, estes são extraídos de pedreiras ou depósitos que variam em idade desde o Pré-Cambriano até o Holoceno, sua ocorrência com elevada pureza corresponde a menos de 10% das reservas de carbonatos lavradas em todo o mundo, talvez, a impureza mais comum em sua composição seja os Filossilicatos (minerais de argilas e micas) que podem estar disseminados

por toda a rocha ou, concentrados em finos leitões no seu interior.

A calcita (CaCO_3) e a dolomita ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$) são os principais constituintes mineralógicos das rochas carbonáticas, independente de sua origem, além destes, dos filossilicatos, da sílica livre (quartzo e calcedônia), outros silicatos, óxidos e sulfetos, as rochas carbonáticas tem em sua composição química alguns metais pesados, que dentre eles, segundo Amaral et al., (1994), alguns são nutrientes essenciais para as plantas como Zn, Cu, Mo, Ni, enquanto que o Co é considerado essencial para a bactéria *Rhizobium*. Já os metais Hg, Pb, Cd e Cr são considerados tóxicos para o meio ambiente e para saúde humana (Moraes, 2009).

A maior preocupação com o efeito tóxico desses metais se deve ao fato de serem bioacumuláveis, não sofrerem degradação microbiana ou química, ou seja, os organismos são incapazes de eliminá-los, podendo provocar nos humanos, distúrbios renais e neurológicos, transtornos hepáticos, carcinogênese, mutagênese e teratogênese (ASTDR, 2002).

Os metais pesados ocorrem naturalmente, em baixos teores, na composição das rochas carbonáticas, porém a concentração

é dependente da disposição geográfica das jazidas, dos pontos de exploração dentro da camada geológica e ainda da influência do maquinário utilizado na moagem do calcário, que por meio da corrosão e atrito das peças pode liberar alguns metais Chichilo & Whittaker (1961) e Gabe, (1998).

Do total de calcário produzido em Mato Grosso, cerca de 70% são utilizados na correção de solos cultivados com soja e uma menor parte em solos cultivados com algodão, milho, cana-de-açúcar e pastagens, ou seja, a maior produção do estado é de calcário agrícola, existindo uma menor demanda por cal hidratada e pedra brita, utilizadas na construção civil (Bazani, 2012).

O uso desse corretivo pode levar, portanto, a um aumento no teor de metais pesados no solo de onde podem ser absorvidos pelas plantas, principalmente pelas forrageiras e destas passando para o animal e para o homem (Tsutiya, 2001).

Considerando a importância e grande utilização dos calcários como corretivos da acidez dos solos o objetivo deste trabalho foi determinar o teor de metais pesados nos calcários agrícolas de Mato Grosso estimando seu potencial contaminante.

MATERIAL E MÉTODO

O estudo foi realizado em áreas de produção de calcários no Estado de Mato Grosso, especificamente nas unidades estratigráficas do Grupo Cuiabá, Grupo Alto Paraguai (Formação Araras) e Grupo Passa Dois (Formação Itatí).

Os materiais estudados foram amostrados nas seguintes cidades dentro de cada grupo: Grupo Alto Paraguai compreendeu as amostras de 1 a 5 e foram coletadas nas respectivas cidades: Cuiabá (1), Cáceres (2), Jangada (3), Barra do Bugres (4) e Tangará da Serra (5); Grupo Cuiabá compreendeu as amostras de 6 a 17, Rosário Oeste (6), Nobres (7, 8, 9, 10, 11 e 12), Paranatinga (13, 15, 16), Primavera do Leste (14) e Cocalinho (16); Grupo Passa Dois: cidade de Alto Garças amostras (18 e 19).

A Figura 1 apresenta o posicionamento das 11 cidades onde foram coletadas as 19

amostras de calcário e de seus respectivos grupos dentro do Estado de Mato Grosso.

As amostras de rochas foram coletadas por meio de amostragem em diversos pontos da frente de lavra das mineradoras, as quais foram passadas em almofariz de porcelana e depois por peneira plástica de malha de 60 mesh, foram pesadas em cadinhos de teflon, em triplicata, contendo 1,00 g da amostra da rocha moída, aos quais adicionou-se 20 mL de HCl 2 mol L^{-1} , fervendo-se levemente.

Os extratos foram filtrados e os volumes completados para 100 mL com água deionizada, para posterior determinação dos metais pesados: Zn, Cu, Fe, Mn, Cd, Ni, Pb, Cr por espectrofotometria de absorção atômica segundo metodologia descrita por Brasil (1988).

Nos resultados dos valores analíticos das amostras foi utilizada a estatística descritiva

com o uso do software Assistat (Silva e Azevedo, 2009).

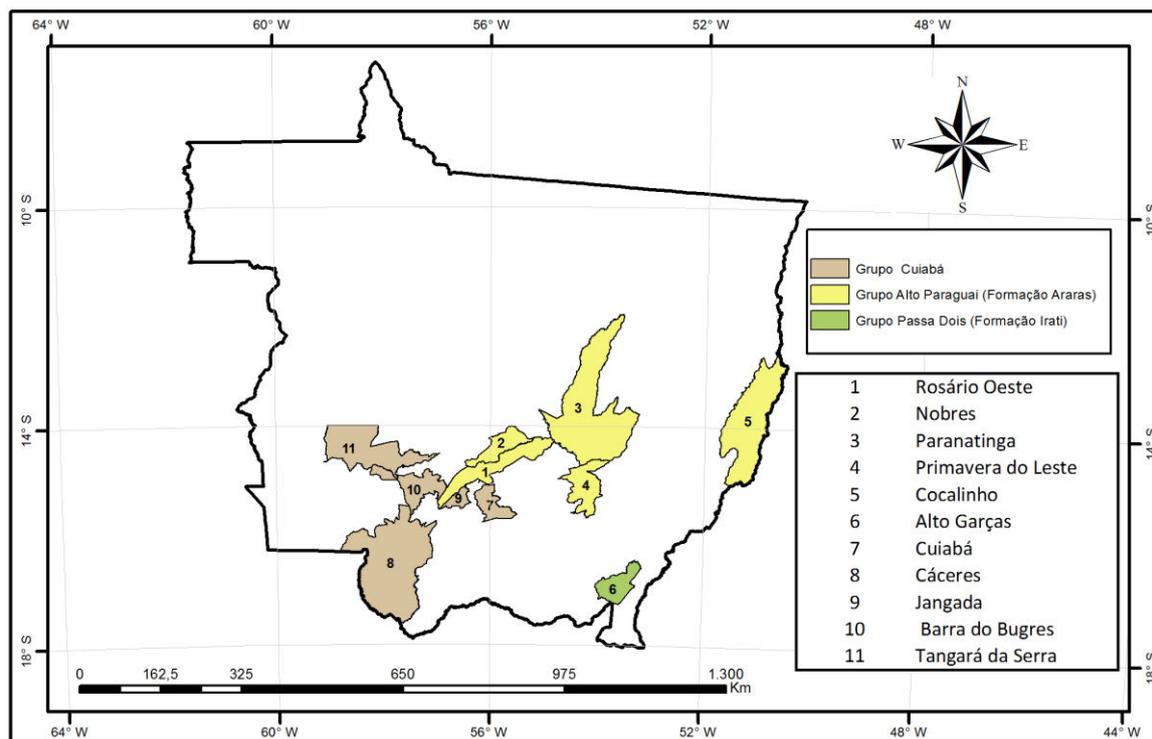


Figura 1. Localização das cidades onde foram coletadas amostras de calcário e dos grupos no Estado de Mato Grosso.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Inicialmente são apresentados os teores de metais pesados por mineradora, na sequência uma apresentação de valores mínimos, máximos, média, mediana e desvio padrão alcançados para cada metal pesado, posteriormente os metais pesados aparecem apresentados por grupo de formação rochosa e por fim uma estimativa das quantidades de metais pesados aplicados ao solo com uma calagem de 3 toneladas por hectare.

Teores de metais pesados por mineradora

Os teores dos metais pesados em cada mineradora analisada estão apresentados nas Figuras 2, 3 e 4. Quanto aos teores de Zn, as amostras de numeração 1, 2, 5 e 17 foram as que apresentaram maiores teores desse metal, com 24, 18, 35 e 17 mg kg⁻¹, respectivamente (Figura 2). Nas demais amostras o teor desse metal foi menor do que 10 mg kg⁻¹.

Quanto ao cobre os corretivos das mineradoras 1, 10 e 18 continham os maiores teores, no entanto seus valores não se distanciaram das demais mineradoras que

apresentaram valores próximos entre si, com variações de 2,8 a 8,3 mg de Cu kg⁻¹ de calcário (Figura 2). De acordo com Peroni (2003) a presença de Cu nos calcários é comum, visto que ele integra os minerais de cobre (Calcopirita) cuja ocorrência está associada entre outros minerais, à calcita e à dolomita que são constituintes majoritários dos calcários.

Os teores de Fe e Mn foram os metais pesados presentes em maiores quantidades nas amostras de calcários analisadas.

As mineradoras 1, 5, 14 e 18, foram as que apresentaram os maiores teores de Fe com respectivamente, 6.000, 4.000 e para as duas últimas 3.500 mg de Fe kg⁻¹ de calcário (Figura 3), seus valores tiveram distribuição irregular entre as mineradoras. É provável que as proporções de calcita (CaCO₃) e dolomita (CaMg(CO₃)₂) que em cada calcário são variáveis, tenham contribuído para essa variação, a calcita não contém basicamente Fe, já a dolomita contém esse metal (Sampaio & Almeida, 2008).

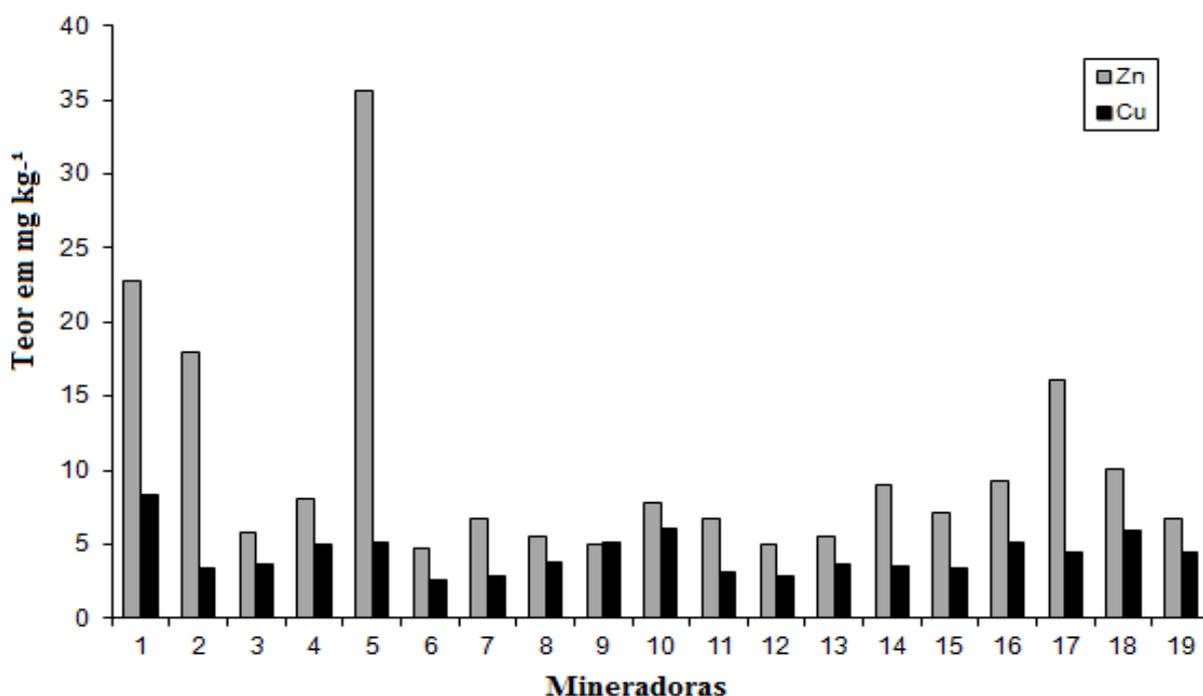


Figura 2. Teor, em mg kg^{-1} , de Zn e de Cu nas amostras de calcários mato-grossenses. Identificação das mineradoras, citadas nas figuras 2 com seus respectivos locais e grupo; Grupo Cuiabá: 1(Cáceres), 2 (Jangada), 3 (Barra do Bugres), 4 (Barra do Bugres), 5 (Tangará da Serra), Grupo Alto Paraguai: 6 (Rosário Oeste), 7,8,9,10,11,12 (Nobres), 13, 15, 16 (Paranatinga), 14 (Primavera do Leste), 16 (Cocalinho); Grupo Passa Dois: 17 e 18 (Alto do Garças).

Com relação ao Mn as mineradoras 5, 18, 14 e 13 apresentaram 790, 590, 540 e 400 mg de Mn kg^{-1} de calcário, nas demais mineradoras os teores foram menores e se distribuíram de forma uniforme (Figura 3). Esses elevados teores refletem a relativa abundância e intensa dinâmica desse elemento, devido aos seus diversos estados de oxidação, sua especiação é condicionada ao pH e ao potencial de oxi-redução, características químicas essas que também se estendem ao Fe, pelas similaridades destes elementos (Burt et al., 2003). Daí porque a inexistência de valores orientadores desses dois metais em solos, estabelecidos por órgãos ambientais (Biondi et al., 2011).

Se comparados entre si os valores dos metais pesados apresentados na Figura 4, é possível observar que entre eles, os menores valores são os de Cd que não ultrapassam 3 mg kg^{-1} , este metal apresentou uma distribuição homogênea entre todas as mineradoras. O limite máximo permitido no Brasil de Cd em corretivos, definido na Instrução Normativa (IN) número 27 de 2006 do Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA) para esse metal é de 20 mg kg^{-1} (BRASIL,

2006), portanto os valores apresentados neste estudo estão aquém daqueles considerados limitantes, o que é positivo principalmente se considerarmos o fato do Cd ser o metal pesado mais perigoso para a saúde humana (Tsutiya, 2001).

O Pb também teve seus teores distribuídos de forma homogênea entre todas as amostras de calcário das mineradoras estudadas, com exceção da mineradora de Tangará da Serra (5) que apontou teores de Pb de 107,9 mg kg^{-1} . Para esse metal a IN 27/2006 do MAPA admite em corretivos valores máximos de 1000 mg kg^{-1} o que colocaria o calcário da mineradora 5, assim como os demais, com valores aceitáveis para a comercialização.

Carvalho (2011) encontrou em corretivos comercializados no nordeste do Brasil, teores máximos de Pb de 24,69 mg kg^{-1} , ou seja, próximos aos encontrados neste trabalho.

A Agência de Substâncias Tóxicas e Registros de Doenças (ATSDR) selecionou entre 275 substâncias tóxicas, as 10 mais perigosas e entre estas, o Pb ocupou o segundo lugar e o Cd a sétima posição Biondi (2010).

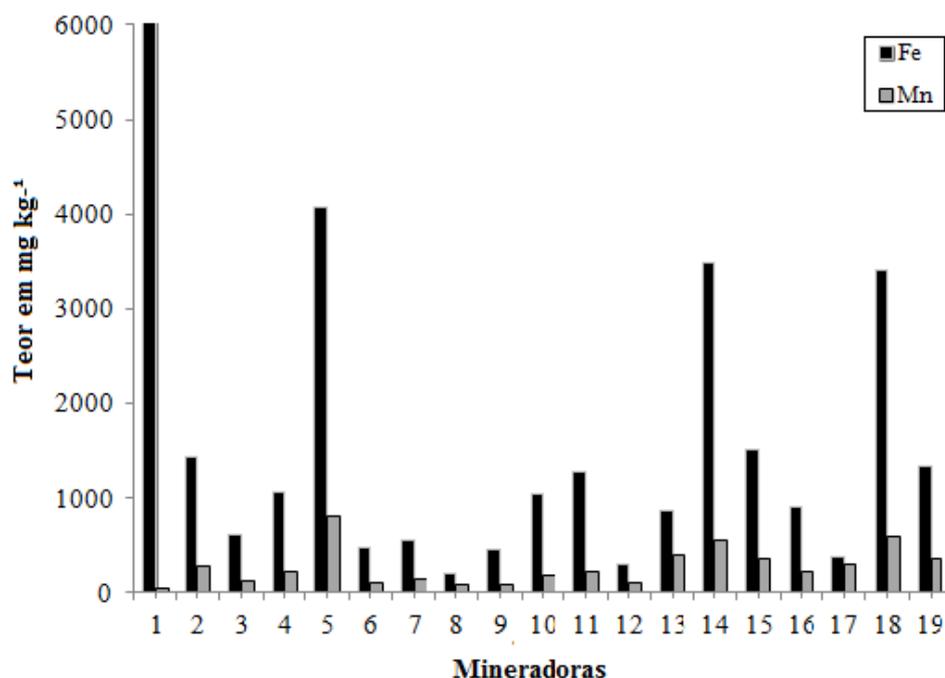


Figura 3. Teor, em mg kg⁻¹, de Mn e de Fe nas amostras de calcários mato-grossenses. Identificação das mineradoras, citadas nas figuras 3 com seus respectivos locais e grupo; Grupo Cuiabá: 1(Cáceres), 2 (Jangada), 3 (Barra do Bugres), 4 (Barra do Bugres), 5 (Tangará da Serra), Grupo Alto Paraguai: 6 (Rosário Oeste), 7,8,9,10,11,12 (Nobres), 13, 15, 16 (Paranatinga), 14 (Primavera do Leste), 16 (Cocalinho); Grupo Passa Dois: 17 e 18 (Alto do Garças).

Os valores de Ni nas amostras de calcário foram próximos entre si, variando de 42 a 80 mg kg⁻¹, a Instrução Normativa (IN 27/2006 do MAPA) citada anteriormente não estabelece um limite crítico para esse metal em corretivos, apenas para fertilizantes orgânicos e substratos cujos limites são 70 e 170 mg kg⁻¹ respectivamente.

Entretanto para o metal pesado Cr a mesma instrução normativa coloca que para fertilizantes minerais os valores não devem ultrapassar 200 mg kg⁻¹, não apresentando qualquer limite desse metal para corretivos. Os teores desse metal encontrados nas amostras de calcário analisadas, variaram de 24 a 67 mg kg⁻¹, com maiores valores nas mineradoras de Cuiabá (1), Tangará da Serra (5), Primavera do Leste (14) e Alto Garças (18).

Na Tabela 2, estão apresentados os resultados da estatística descritiva de todos os metais pesados analisados. Houve grande variação nos teores dos metais entre os calcários analisados, as maiores amplitudes foram verificadas para Fe, Mn, Zn e Pb, com valores mínimos de 186,3; 44,9; 4,7 e 17,7 mg kg⁻¹ e máximos de 7.493,3; 277,1; 38,7 e 107,9 mg kg⁻¹, respectivamente, o maior desvio padrão ocorreu para o Fe.

A ocorrência de maiores teores de Fe e Mn em relação aos demais se deve à semelhança da gênese e composição química dos calcários, concordando com Rajj (1991) que afirma que as amostras com elevado teor de Fe também o apresentam em Mn. Esses teores estiveram compatíveis com os encontrados por Gabe (1998) que variaram de 72 a 45.024 mg kg⁻¹ para Fe e de 8 a 5.518 mg kg⁻¹ para Mn. Amaral et al. (1994) encontraram teores máximos de Fe de 46.434 mg kg⁻¹ bem maior que o encontrado neste estudo cujo máximo foi de 7.493,3 mg kg⁻¹.

O teor médio de Zn nos calcários analisados foi de 11,2 mg kg⁻¹ próximo do valor de 12,95 mg kg⁻¹ encontrado por Amaral et al (1994) e abaixo do teor de 16,0 mg kg⁻¹ encontrado por Gabe (1998) em calcários brasileiros. O teor médio de Cu foi de 4,4 mg kg⁻¹ e está contido no intervalo de 2 - 42 mg kg⁻¹ encontrado por Malavolta em calcários (1994).

Quanto ao Cr o teor médio foi de 35,7 mg kg⁻¹, menor que o teor de 108 mg kg⁻¹ obtido por Gabe (1998), enquanto que o teor médio de Cd foi de 1,19 mg kg⁻¹, menor do que os valores contidos na faixa de 2,3 a 6,8 mg kg⁻¹ encontrados por Amaral Sobrinho (1992) e Gabe (1998).

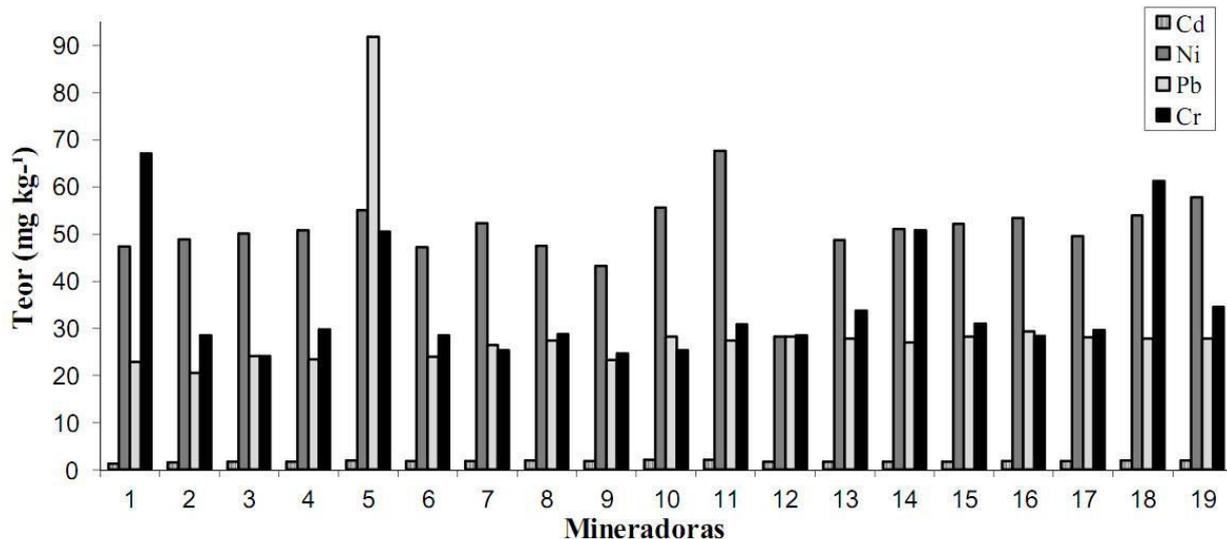


Figura 4. Teor, em mg Kg^{-1} , de Cd, Ni, Pb e Cr nas amostras de calcários mato-grossenses. Identificação das mineradoras, citadas nas figuras 3 com seus respectivos locais e grupo; Grupo Cuiabá: 1(Cáceres), 2 (Jangada), 3 (Barra do Bugres), 4 (Barra do Bugres), 5 (Tangará da Serra), Grupo Alto Paraguai: 6 (Rosário Oeste), 7,8,9,10,11,12 (Nobres), 13, 15, 16 (Paranatinga), 14 (Primavera do Leste), 16 (Cocalinho); Grupo Passa Dois: 17 e 18 (Alto do Garças).

A média do teor de níquel foi de $52,1 \text{ mg kg}^{-1}$, valor esse maior do que os encontrados por Alloway (1990), Amaral Sobrinho (1992) e Gabe (1998) que estavam entre $10,0$ e $20,0 \text{ mg kg}^{-1}$.

O teor médio de $31,7 \text{ mg kg}^{-1}$ de Pb nos calcários, foi próximo ao valor máximo encontrado por Gabe (1998) de $27,1 \text{ mg kg}^{-1}$, entretanto menor que o teor máximo de 2.851 mg kg^{-1} obtido por Amaral et al., (1994).

Teores de metais pesados por grupo de formação geológica carbonática

Quanto às formações geológicas (Figuras 5, 6 e 7), verificou-se que as rochas carbonáticas do Grupo Cuiabá apresentam composição mais rica para os metais Fe, Zn, Cu e Cr em relação às outras formações.

Na formação Irati apenas o Mn e o Ni se mostraram em maiores proporções, enquanto que o Fe se mostrou de concentração mais elevada no grupo Cuiabá. A respeito do Cu os teores desse metal foram próximos, tanto no grupo de origem petrológica (Passa Dois), como no Cuiabá.

Tabela 2. Teores de metais pesados em calcários mato-grossenses, apresentados pela estatística descritiva.

Elemento	Mínimo	Máximo	Mediana	Média	Desvio Padrão
 mg kg^{-1}				
Zinco	4,7	38,7	7,7	11,2	± 0,4
Ferro	186,3	7493,3	862,3	1789,8	± 69,2
Manganês	44,9	1504,0	181,0	277,1	± 2,6
Níquel	42,3	79,1	51,1	52,1	± 1,2
Cobre	2,6	8,5	3,6	4,4	± 0
Cromo	21,3	72,6	29,8	35,7	± 1,0
Cádmio	1,2	2,1	1,8	1,8	± 0
Chumbo	17,7	107,9	27,5	30,5	± 3,1

* Valores médios de 3 repetições em 19 amostras de calcário

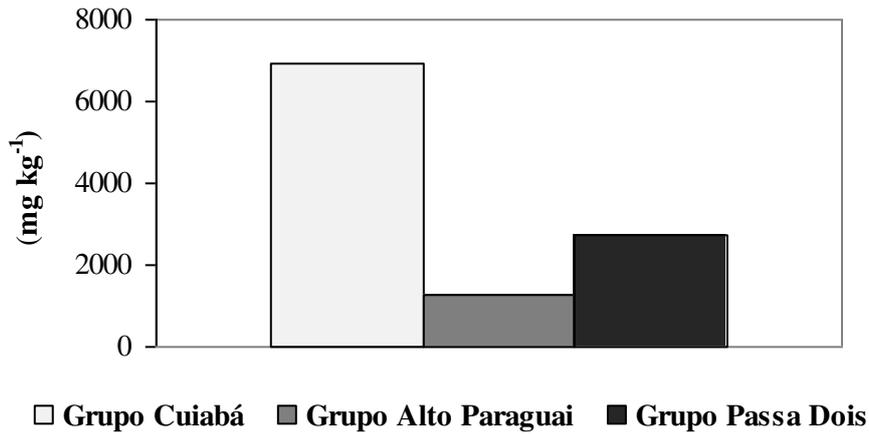


Figura 5. Teor de Fe nas formações geológicas carbonáticas

Os calcários do Grupo Alto Paraguai (Araras) apresentaram elevados teores de Pb, e os do Grupo Passa Dois (Iratí), os maiores teores foram dos metais Mn e Ni.

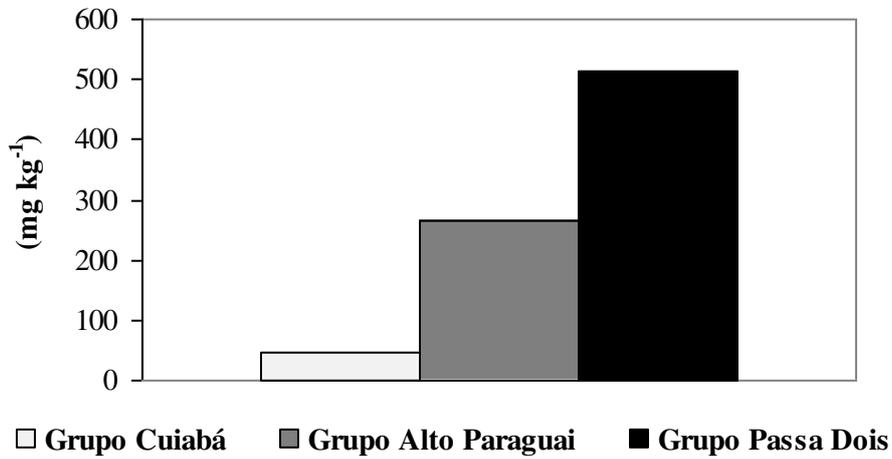


Figura 6. Teor de Mn nas formações geológicas carbonáticas

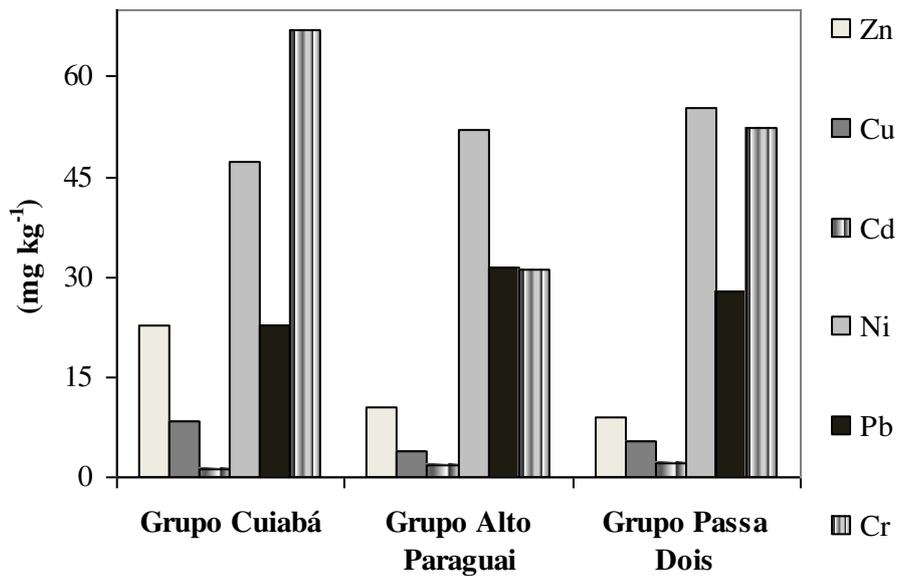


Figura 7. Teor de Zn, Cu, Cd, Ni, Pb e Cr nas formações geológicas carbonáticas.

Potencial contaminante dos calcários na correção do solo

Na Tabela 3 são apresentadas as estimativas de adições de metais pesados ao solo em função da aplicação dos calcários estudados. Levando-se em conta as formações mais ricas em cada metal e admitindo-se uma aplicação de calcário de 3,0 toneladas por hectare, verifica-se que seriam adicionadas em

média ao solo 54,16 g ha⁻¹ de Zn; 15,4 g ha⁻¹ de Cu; 8456 g ha⁻¹ de Fe e 109,7 g ha⁻¹ de Pb pelos calcários do Grupo Cuiabá. Os calcários do Grupo Alto Paraguai adicionariam as menores quantidades de todos os metais pesados, enquanto que os calcários do Grupo Passa Dois, mais ricos em Mn, Cd e Ni contribuiriam com 1429,25 g ha⁻¹ de Mn; 5,9 g ha⁻¹ de Cd e 167,67 g ha⁻¹ de Ni.

Tabela 3. Estimativa da adição de metais pesados ao solo pela aplicação dos calcários estudados*

g ha ⁻¹							
	Zn	Cu	Fe	Mn	Cd	Ni	Pb	Cr
Grupo Cuiabá	54.1	15.2	8456.4	871.5	5	151.2	109.7	120
Grupo Alto Paraguai	22.1	11.5	2839.9	667.2	5.5	154.0	81.2	90.6
Grupo Passa Dois	25.3	15.4	7096	1429,2	5.9	167.6	83,5	143,8

* Para o calculo foi considerado a dose de 3,0 toneladas por hectare.

Para os metais pesados considerados micronutrientes essenciais para as plantas, como Zn, Cu, Fe, Mn e fazendo um levantamento do quantitativo que seria adicionado ao solo, sem, contudo considerar as quantidades desses elementos já presentes no solo e as implicações relativas à disponibilidade desses para as plantas, é possível afirmar que ao serem adicionadas 3 toneladas por hectare de calcário do grupo Cuiabá, as quantidades de Zn (54.1 g ha⁻¹) e de Cu (15.2 g ha⁻¹) fornecidas supririam parcialmente as demandas nutricionais de uma leguminosa, que segundo Malavolta (1987) são de 133 g ha⁻¹ de Zn e de 30 g ha⁻¹ de Cu.

Desta forma uma calagem realizada com essa dosagem não seria suficiente para atender as necessidades nutricionais desses micronutrientes para a maior parte das culturas comerciais, tão pouco atingir índices de contaminação do solo.

Quanto aos teores de Fe 8456 g ha⁻¹ nos calcários do Grupo Cuiabá e Mn 1.429,2 g ha⁻¹ no Grupo Passa Dois, os valores excederem às necessidades das plantas que são de 1.855 g ha⁻¹ de Fe e de 243 g ha⁻¹ de Mn (Malavolta, 1987), entretanto esses dois micronutrientes por serem catiônicos apresentam características semelhantes de indisponibilidade para as plantas em solos corrigidos, essa indisponibilidade pode acontecer por reações de precipitação ou auto-oxidação (Malavolta, 2006).

Para classificar quanto ao potencial contaminante dos calcários com base em 3 toneladas por hectare, foi realizada uma transformação dos valores aplicados de g há⁻¹ para mg kg⁻¹ a fim de classificar os teores de cada metal ao compará-lo com os valores de prevenção estabelecidos nas legislações estaduais e federais. Para essa transformação foi considerado a densidade do solo igual a 1 e o volume de solo de 1 hectare na profundidade de 20 cm, resultando numa massa de solo de 2000 000 kg. Os resultados encontrados foram pequenos e não se aproximam, mesmo com repetidas aplicações do corretivo, aos limites máximos admitidos para cada metal que de acordo com Brasil (2006) é de Cd (1,3), Pb (72), Cu (60), Cr (75), Ni (30), Zn (300) mg kg⁻¹ de solo.

Dessa forma, considerando a Legislação vigente, é possível afirmar que os calcários mato-grossenses não oferecem risco de contaminação do solo de imediato, devendo haver com vistas à segurança alimentar, o monitoramento desses teores no solo, nas águas e plantas, ao longo do tempo.

Em calcários agrícolas os primeiros trabalhos de avaliação de metais pesados foram realizados por Miyasaka (1964), Mascarenhas (1967a, b, 1973), que observaram a potencialidade de suprimentos desses pelos calcários. Kabata & Pendias (1984); Adriano (1986) e Alloway (1990), afirmaram que o incremento no teor de metais pesados ao solo

por meio dos fertilizantes e corretivos é menor quando comparado às adições promovidas pela precipitação pluviométrica, pelas águas contaminadas, pelos esterco, pelos lodos de esgoto, pelos compostos de lixo urbano e pelos pesticidas, porém em solos agrícolas os adubos minerais e os corretivos (calcários e gesso) são as principais fontes de contaminação.

Teores de metais pesados em calcários obtidos por outros autores em regiões e épocas

distintas, permitiram à Gabe (1998) observar que a grande variação na concentração de metais em calcários está relacionada à origem geológica das rochas, o que também foi possível observar nesse estudo, dessa forma é de extrema importância o acompanhamento desses teores nos calcários produzidos em cada região, visto que pode ocorrer uma grande amplitude de variação entre os diferentes materiais.

CONCLUSÕES

Os calcários agrícolas produzidos no Estado de Mato Grosso apresentam características de qualidade permitindo afirmar que:

1. Adicionam aos solos Fe, Mn, Zn, Cu e Ni, que podem ser úteis às plantas;
2. Apresentam teores relativamente baixos dos metais pesados potencialmente tóxicos (Cr, Cd e Pb) representando baixos riscos de poluição do solo;
3. Ocorre grande variação no teor de metais pesados entre os diferentes grupos de formações rochosas;

4. Considerando os elevados valores encontrados nos calcários mato-grossenses com relação ao níquel, sugere-se que seja averiguada a sua biodisponibilidade às culturas economicamente cultivadas, pois este elemento mesmo sendo considerado essencial para algumas espécies apresenta níveis elevados, podendo em longo prazo gerar toxicidade à planta e ao homem.

BIBLIOGRAFIA

1. ADRIANO, D.C. **Trace elements in the terrestrial environment**. New York: Springer – Verlag, 533 p. 1986.
2. AGRODEBATE. **Indústrias de calcário de Mato Grosso adotam posição cautelosa em 2015**. Disponível em: <http://linkis.com/g1.globo.com/mato-gr/6r1No>. Acessado em: 22 de janeiro de 2015.
3. ALLOWAY, B. J. **The origins of heavy metals in soils**. In: Heavy metals in soils. New York: John Willey, p. 29-39, 1990.
4. AMARAL SOBRINHO, N. M. B., COSTA, L. M.; OLIVEIRA, C.; VELLOSO, A. C. X. Metais pesados em alguns fertilizantes e corretivos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.16, p.271-276, 1992.
5. AMARAL, A.S.; DEFELIPO, B.V.; COSTA, L.M. & FONTES, M.P.F. Liberação de Zn, Fe, Mn, Cd e Pb de quatro corretivos da acidez do solo e absorção por plantas de alface, em dois solos de diferentes texturas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.29, p.1351-1358, 1994.
6. ATSDR – **Agency for Toxic Substances and Disease Registry**, 2002. Creosota de Madera. Disponível em: < http://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es_phs85.pdf > Acesso em: setembro de 2014.
7. BAZANI, S. A Gazeta/Calcário em MT, 2012. Disponível em: http://sistemafamato.org.br/portal/famato/noticia_completa.php?codNoticia=231475. Acesso em 23 de janeiro de 2015.
8. BIONDI, C. M. **Teores naturais de metais pesados nos solos de referência do estado de Pernambuco**. Recife, 2010. 70 p. Tese (Doutorado em Ciência do Solo), Universidade Federal Rural de Pernambuco.
9. BIONDI, C. M., Nascimento, C.W. A., Fabricio Neta, A. B., Ribeiro, M. R.. Teores de Fe, Mn, Zn, Cu, Ni E co em solos de referência de Pernambuco (1) R. Bras. Ci. Solo, 35:1057-1066, 2011
10. BRASIL. Ministério da Agricultura. **Inspeção e fiscalização da produção e do comércio de fertilizantes, corretivos, inoculantes, estimulantes e biofertilizantes destinados à agricultura** – Legislação e Fiscalização. Secretaria Nacional de Defesa Agropecuária, Divisão de Fertilizantes e Corretivos. Brasília, DF., 1982, 88p. Portaria 01 de 04/03/83; Portaria 03/06/86.
11. BRASIL. Ministério de Minas e energia-MME. **Perfil do Minério de Zinco**. Joarez Fontana dos Santos. Projeto de Assistência técnica ao setor de energia. Fevereiro de 2010. Disponível em: http://www.mme.gov.br/documents/1138775/1256650/P16_RT_25_Perfil_do_Minxrio_de_Zinco.pdf/c62970b3-3a98-480e-939f-ced2dc99b888. Acesso em 23 de janeiro de 2015.
12. BRASIL. Departamento Nacional de Produção Mineral. **Calcário Agrícola**. Fábio Lúcio Martins Júnior. Sumário Mineral 2013. Disponível em: https://sistemas.dnpm.gov.br/publicacao/mostra_imagem.asp?IDBancoArquivoArquivo=8971 Acesso em 24 de setembro de 2014.
13. BRASIL. Ministério da Agricultura. Laboratório Nacional de Referência Vegetal. **Análise de corretivos, fertilizantes e inoculantes**. Brasília: LANARV, 1988. 104p.
14. BRASIL – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Dispõe sobre fertilizantes, corretivos, inoculantes e biofertilizantes, metais pesados, pragas e ervas daninhas**. Instrução Normativa nº 27 de 5 de junho de 2006. Diário Oficial da Republica Federativa do Brasil, Brasília, 9 jun. 2006. Seção 1, p. Disponível em:

- <http://extranet.agricultura.gov.br/sislegis-consulta/consultarLegislacao.do?operacao=visualizar&id=16951> Acessado em: Setembro de 2014.
15. BURT, R., WILSON, M.A.; MAYS, M. D.; LEE, C. W. **Major and trace elements of selected pedons in the USA**. J. Environ. Qual. Vol.32, p. 2109-2121, 2003.
 16. CARVALHO, V. G. B. **Teores de elementos tóxicos e Micronutrientes em fertilizantes e corretivos comercializados no nordeste do Brasil**. Recife, 2011.68p. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Universidade Federal de Pernambuco.
 17. CHICHILO, P. & WITAKER, W. Trace elements in agricultural limestones of United States. **Agronomy Journal**, 53: 139-144, 1961.
 18. ESPÍRITO SANTO, O. DO. **Qualidade dos calcários agrícolas produzidos no estado de Mato Grosso**. Cuiabá, 2003. 59 p. Dissertação (Mestrado em Agricultura tropical) – Universidade Federal de Mato Grosso.
 19. GABE, U. **Teor e disponibilidade para soja de micronutrientes e elementos potencialmente tóxicos em fertilizantes minerais e calcários**. Piracicaba, 1998. 84 p. (Tese de Doutorado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.
 20. GABE, U. **Calcários agrícolas produzidos e comercializados em Mato Grosso**. Cuiabá (MT): EMPAER, 1992. 15p. Documento 02.
 21. KABATA – PENDIAS, A.; PENDIAS, H. **Trace elements in soil and plants**. Boca Raton: CRC Press, 1984. 315p.
 22. LUZ, J.S. et al. **Projeto Provincia Serrana – Relatório Final DNPM/CPRM**, Goiânia, 1978.
 23. MALAVOLTA, E. **Manual de calagem e adubação das principais culturas**. São Paulo: Ceres, p.151-178, 1987.
 24. MALAVOLTA, E.; **Mitos e fatos sobre metais pesados e radioatividade**. In: I Simpósio Nacional do Setor de Fertilizantes e Corretivos. São Paulo, FINEP, **Anais**, p. 289-320, 1994.
 25. MASCARENHAS, H. A. A.; MIYASAKA, S.; FREIRE, E. S.; IGUE, T. Adubação da soja. VI. Efeitos do enxofre e de vários micronutrientes (Zn, Cu, B, Mn, Fe e Mo) em solo Latossolo Roxo com vegetação de cerrado. **Bragantia**, v.26, p. 373-380, 1967.
 26. MASCARENHAS, H. A. A.; KIIHL, R. A. S.; NAGAI, V.; BATAGLIA, O. C. Aplicação de micronutrientes em soja cultivada em solos de cerrado. **O Agrônomo**, v.25, p.71-77, 1973.
 27. MIYASAKA (1964), S.; FREIRE, E. S.; MASCARENHAS, H. A. A. Adubação da soja. III. Efeito de NPK, do enxofre e de micronutrientes, em solo do arenito Botucatu com vegetação de cerrado. **Bragantia**, v.23, p.65-71, 1964.
 28. MORAES, M.F. **Micronutrientes e metais pesados tóxicos: do fertilizante ao produto agrícola**. Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo, Piracicaba, 108p. 2009.
 29. PERONI, RODRIGO. (2003). **Mineralogia – Estudo dos Minerais**. Departamento de Engenharia de Minas. Geologia da Engenharia I. UFRGS. p. 10. Disponível em: www.lapes.ufrgs.br/Demin/discipl_grad/geologia1/4mineralogi_a_2003.pdf. Acesso em setembro de 2014.
 30. RAIJ, B. Van. Geoquímica de micronutrientes. IN FERREIRA, M. E.; CRUZ, M. C. P. (Ed.) **Micronutrientes na agricultura**. Piracicaba: POTAFOS/CNPQ, 1991. P. 99-111.
 31. SAMPAIO, J. A.; ALMEIDA, S. L. M. **Calcário e Dolomito**, Rochas e Minerais Industriais – : usos e especificações. Editores: Adão Benvindo da Luz, Fernando Antonio Freitas Lins CETEM/2008, 2ª Edição, p.363-391.
 32. SILVA, F. DE A. S. e & AZEVEDO, C. A. V. de. **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.
 33. TSUTIYA, M. T. Características de biossólidos gerados em estações de tratamento de esgotos. In: TSUTIYA, M.T.; COMPARINI, J.B.; SOBRINHO, A.P.; HESPANOL, I.; CARVALHO, P.C.T.; MELFI, A.J., Eds. **Biossólidos na agricultura**. São Paulo: SABESP, 2001. p. Cap 4, p.89-132.
 34. VITTI, G. C.; OLIVEIRA, D.B.; QUINTINO, T.A. **Micronutrientes na cultura da cana-de-açúcar**. In: SEGATO, S.V., PINTO, A.S., JENDIROBA, E. (org.) **Atualização em produção de cana-de-açúcar**. 1.ed. Piracicaba: Livrocere, 2006. p.122-138.
 35. WILD, A. **Soils and the Environment**. Cambridge University Press, New York, 1993.

*Manuscrito recebido em: 02 de Março de 2015
Revisado e Aceito em: 03 de Junho de 2015*