
IMPACTO DE ÁGUAS DE IRRIGAÇÃO E RESÍDUOS DE DIFERENTES ORIGENS NOS TEORES DE MICRONUTRIENTES NO SOLO E NA CANA-DE-AÇÚCAR

NOBILE, Fabio Olivieri de¹
GALBIATTI, João Antonio²
MURASHI, Reginaldo Itiro³

Recebido em: 2011-02-15

Aprovado em: 2012-02-23

ISSUE DOI: 10.3738/1982.2278.560

RESUMO: O objetivo deste trabalho foi avaliar o uso do composto de lixo e biofertilizante como fonte de nutrientes, e o resíduo do processamento da bauxita como corretivo da acidez do solo, irrigada com água potável e servida. Para tanto foi conduzido experimento em vaso, utilizando-se solo Argissolo Vermelho Amarelo, sendo avaliadas as concentrações macronutrientes no solo (Cu, Fe, Mn e Zn) na camada de 0-20 cm e nas folhas de cana-de-açúcar (B, Cu, Fe, Mn e Zn). Os dados obtidos evidenciaram que a adubação com biofertilizante aumentou significativamente os teores de Cu e Zn no solo (0,56 e 0,63 mg dm⁻³, respectivamente), a aplicação de resíduo do processamento da bauxita elevou as concentrações de manganês, não foram observadas mudanças para Fe. Já nas folhas de cana-de-açúcar o uso de resíduo do processamento da cana-de-açúcar elevou os teores de todos os micronutrientes, a aplicação de biofertilizante e composto de lixo elevou os teores de Cu nas folhas (0,80 e 1,00 mg dm⁻³ respectivamente) entretanto houve uma redução do teor de Mn (84,66 e 89,66 mg dm⁻³ respectivamente). A qualidade da água de irrigação, potável ou servida, não influenciou as concentrações de macronutrientes no solo, bem como os teores desses elementos na planta.

Palavras-Chave: Adubação. Biofertilizante. Composto de lixo. Resíduo de bauxita.

SUMMARY: The agricultural use of organic residues and industrial is an alternative of exploitation with fertilization and source organic matter to the soil. In this direction, the objective of this research was to evaluate the use of the urban solid waste and biofertilizer as nutrient source, and residue of the bauxite processing as agricultural liming materials of the soil, irrigated with potable water and wastewater. For in such a way experiment in vase was lead, under soil Alfisol, being evaluated the micronutrient concentrations in the soil (Cu, Fe, Mn and Zn) in the layer of 0-20 cm and leaves of sugar cane (Cu, Fe, Mn and Zn). The gotten data had evidenced the fertilization with biofertilizer increased texts of Cu significantly and Zn in the soil (0.56 and 0.63 mg dm⁻³, respectively), the application of residue of the processing of the bauxite raised the manganese concentrations, had not been observed changes for Fe. Already in sugar cane leaves the use of residue of the processing of the sugar cane raised texts of all the micronutrients, the application of biofertilizer and made up of urban solid waste raised texts of Cu in leaves (0.80 and 1.00 mg dm⁻³ respectively) however had a reduction of the text of Mn (84.66 and 89.66 mg dm⁻³ respectively). Ions studied in the leachate water its addition to the soil and in function of each treatment is proportional, being that, all the evaluated elements are inside of the limits established for the legislation.

Keywords: Fertilization. Biofertilizer. Urban solid waste. Bauxite residue.

INTRODUÇÃO

Com a evolução da sociedade moderna a necessidade de produzir, conservar e transportar quantidades cada vez maiores de alimentos e a busca constante por maior conforto na maneira de viver tem determinado o aparecimento de indústrias com os mais diferentes objetivos, agravando, de modo sensível, a produção de resíduos, além de aumentar o consumo de água e a produção de esgoto (MELO; MARQUES, 2000).

As utilizações de águas servidas por meio de irrigação por gotejamento foram estudadas por Cararo (2004) concluindo que a produção das culturas foi maior ou semelhante à obtida com água superficial.

A reutilização de resíduos é de grande interesse, pois além de dar destino aos mesmos, torna-os úteis, já que sua aplicação no solo interfere nos atributos químicos, aumentando a disponibilidade de

¹ Centro Universitário da Fundação Educacional de Barretos - UNIFEB

² Universidade Estadual Paulista - Jaboticabal/UNESP

³ Centro Universitário da Fundação Educacional de Barretos - UNIFEB

nutrientes às plantas. Esses compostos contêm nutrientes, tais como N, P, K, Ca, Mg, B, Cu, etc, que são elementos fundamentais para o desenvolvimento dos vegetais (FRANCO et al., 2010).

A utilização de compostos de lixo urbano e biofertilizante como condicionadores de solos agrícolas é uma prática em diversos países como nos Estados Unidos, no Brasil, na Inglaterra, na Austrália e no Japão. Além do alto teor de matéria orgânica há ainda a presença de nutrientes à planta, tais como os micronutrientes (NOBILE et al., 2006).

O resíduo do refino de bauxita pode ser uma opção como corretivo de solo, uma vez que possui elevado pH e grandes quantidade de hidroxilas (grupamentos OH) oriundos da adição de NaOH para extração de alumínio, por outro lado tem como o excesso de sódio (Na) pode ser um agravante no seu uso na agricultura (NOBILE et al., 2010).

O objetivo deste trabalho foi avaliar o uso do composto de lixo e biofertilizante como fonte de nutrientes, e o resíduo do processamento da bauxita como corretivo da acidez do solo, irrigada com água potável e servida, nas concentrações de micronutrientes no solo e na planta de cana-de-açúcar.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em ambiente protegido do tipo arco conjugada, coberto por filme plástico de polietileno e localizado no setor de Plasticultura do Departamento de Engenharia Rural, do campus da Unesp em Jaboticabal, SP. Utilizaram-se amostras de solo oriundas de Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico, arênico, retiradas na camada de 0-20 cm de profundidade. As amostras apresentaram os seguintes atributos: $\text{pH}_{\text{CaCl}_2}$ 4,7; M.O. = 7 g dm^{-3} ; P = 8 mg dm^{-3} ; K = 1,1; Ca = 6; Mg = 4; H+Al = 16; SB = 11,1; CTC = 27,1; Al = 1 mmol_c dm^{-3} ; V = 41%, Fe = 22; Mn = 11,2; Cu = 0,3; Zn = 0,5 e B = 0,11 mg dm^{-3} . Esses atributos químicos foram obtidos segundo RAIJ et al. (2001). A densidade do solo era de 1,25 kg dm^{-3} .

A fonte de água, considerada como “água servida”, foi coletada no Córrego Jaboticabal, onde é despejada parte do esgoto residencial, produzido pela cidade de Jaboticabal. A “água potável” era proveniente de poço artesiano do reservatório central do campus da Unesp em Jaboticabal, que abastece as edificações do setor de Plasticultura. Os atributos químicos dessas águas estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Atributos químicos das águas utilizada neste estudo⁽¹⁾.

| Água | C.E. ⁽²⁾ | $\text{pH}_{\text{CaCl}_2}$ | Fe | Mn | Zn | Cu |
|---------|---------------------|-----------------------------|------|--------------------|------|----|
| | dS m^{-1} | | | mg L^{-1} | | |
| Servida | 0,82 | 6,9 | 0,74 | 0,01 | 0,03 | 0 |
| Potável | 0,63 | 6,3 | 0,12 | 0 | 0,01 | 0 |

⁽¹⁾ Análises realizadas segundo APHA (2005).

⁽²⁾ Condutividade elétrica.

O resíduo do processamento da bauxita foi obtido junto à empresa Alcoa, localizada em Poços de Caldas, MG. O composto de lixo urbano foi obtido na cidade de São José do Rio Preto, SP, junto à empresa Constroeste Ambiental. É resultante do aproveitamento racional de lixo doméstico urbano. O biofertilizante utilizado foi obtido junto ao Departamento de Engenharia Rural, da Unesp, sendo gerado na digestão de dejetos de suíno, obtidos através da limpeza das instalações desses animais em criação intensiva, nas fases de crescimento e terminação. Os teores de nutrientes desses resíduos estão apresentados na Tabela 2.

Tabela 2. Teores de nutrientes dos resíduos utilizados neste estudo, expressos em base seca.

| Resíduo | N | P | K | Ca | Mg | S | Fe | Mn | Cu | Zn | Na |
|-----------------------|-----|-------|------|----|----|-----|--------|------|-----|------|-------|
| | | | | | | | | | | | |
| Res. proc. da bauxita | 4 | 0,001 | 11,4 | 17 | 1 | 0,8 | 137000 | 2100 | 4 | 111 | 50100 |
| Composto de lixo | 15 | 4 | 6 | 31 | 4 | 4,2 | 25300 | 350 | 67 | 1100 | 2650 |
| Biofertilizante | 140 | 54 | 48 | 65 | 26 | 20 | 1 | 0,20 | 700 | 1,4 | 18 |

⁽¹⁾ Análises realizadas segundo BRASIL (1988).

Para avaliação do Poder Reativo de Neutralização Total (PRNT) foi utilizado Método da titulação potenciométrica, pode ser utilizado indistintamente para análise de resíduos orgânicos, inorgânicos e solos. O método foi descrito de acordo com o proposto pelo Laboratório Nacional de Referência Vegetal - BRASIL (1988). Os resultados mostraram que o resíduo apresenta PRNT de 12 %.

Para a instalação do experimento foram construídos recipientes de PVC com dimensões de 45 cm de altura e 30 cm de diâmetro, totalizando um volume de 32 L. Os tratamentos foram resultantes da combinação fatorial 5 × 2 de 5 tipos de fertilização [(i) sem adubação; (ii) fertilização mineral; (iii) fertilização com resíduo do processamento da bauxita; (iv) fertilização com composto de lixo urbano; e (v) fertilização com biofertilizante] com 2 tipos de água de irrigação (água potável e água servida). Assim, o delineamento experimental foi o de (em) blocos casualizados em esquema fatorial 5x2, com 3 repetições, totalizando 30 parcelas. Os 10 tratamentos resultantes das combinações foram agrupados em 3 blocos, sendo cada parcela experimental constituída de 1 recipiente de PVC com 1 planta de cana-de-açúcar.

O solo foi peneirado em peneira de malha 20 mm, procurando manter a integridade dos torrões até a abertura da malha, para retirar todos os agregados maiores e resíduos grosseiros de material orgânico. O volume de solo da camada de 0-20 cm foi calculado em função do recipiente (15 cm) e da altura da camada de solo (20 cm), totalizando um volume de 14,14 dm³. A quantidade de solo para essa camada foi calculada multiplicando-se o valor da densidade do solo (1,25 kg dm⁻³) pelo e volume de solo obtido acima (14,14 dm³), totalizando 17,68 kg de solo.

Depois de calculada a quantidade de solo da camada de 0-20 cm foram feitas aplicações de calcário e resíduo do processamento da bauxita para os respectivos tratamentos, com o objetivo de diminuir a acidez do solo. As quantidades de resíduo do processamento de bauxita e calcário foram calculadas através do método de saturação por bases. Após a aplicação, o solo passou por um período de 90 dias de incubação.

Finalizado o período de incubação o solo tratado foi novamente seco e peneirado em peneira de malha 20 mm, sendo a partir daí realizada a adição dos resíduos orgânicos e dos fertilizantes minerais, com base na análise química do solo e de acordo com as recomendações de Raij et al. (1997). Na Tabela 3 são apresentadas as quantidades de fertilizantes, corretivos e resíduos utilizados nos tratamentos.

Tabela 3. Quantidades de fertilizantes, corretivos e resíduos usados nos tratamentos. **(Continua)**

| Tratamento | Fertilizantes, corretivos e resíduos | Quantidades | |
|------------|--------------------------------------|---------------------|----------------------|
| | | kg ha ⁻¹ | g vaso ⁻¹ |
| Testemunha | --- | --- | --- |

Tabela 3. Quantidades de fertilizantes, corretivos e resíduos usados nos tratamentos.**(Continua)**

| | | | |
|--------------------------|--|-------|--------|
| Fertilização mineral | - calcário (MgO = 9 % e PRNT=95%) | 600 | 4,25 |
| | - nitrato de cálcio (22% de N) | 195 | 1,40 |
| | - superfosfato simples (20% de P ₂ O ₅) | 800 | 5,70 |
| | - cloreto de potássio (60% de K ₂ O) | 230 | 1,60 |
| Res. do proc. de bauxita | - nitrato de cálcio (22% de N) | 195 | 1,40 |
| | - superfosfato simples (20% de P ₂ O ₅) | 800 | 5,70 |
| | - cloreto de potássio (60% de K ₂ O) | 230 | 1,60 |
| | -res. do proc. de bauxita | 4300 | 30,33 |
| Composto de lixo | - calcário (MgO = 9 % e PRNT=95%) | 600 | 4,25 |
| | - composto de lixo | 20000 | 141,38 |
| Biofertilizante | - calcário (MgO = 9 % e PRNT=95%) | 600 | 4,25 |
| | biofertilizante | 40000 | 282,75 |

O solo foi misturado com resíduos orgânicos (composto de lixo e biofertilizante) e fertilizantes. Após a mistura com os tratamentos estabelecidos e antes do acondicionamento nos recipientes, foi feita adição de solo preenchendo a camada de 20 - 45 cm. O volume de solo para essa camada foi calculado em função do raio do recipiente (15 cm) e da altura da (25 cm), totalizando um volume de 17,68 dm³. Com esse volume e a densidade do solo, calculou-se a quantidade de solo necessária para o preenchimento da camada em questão (22,11 kg). Após o preenchimento dos primeiros 25 cm, foi adicionado o restante do solo, preenchendo os outros 20 cm, totalizando 45 cm de altura do recipiente.

Depois do preenchimento do recipiente, procedeu-se o transplântio da cana-de-açúcar, variedade RB855536, utilizando mudas provenientes de cultura de tecidos, apresentando 1 planta de cana-de-açúcar por muda.

Após 50 dias do plantio da cana-de-açúcar, foi feita a adubação de cobertura aplicando 50 kg ha⁻¹ de nitrogênio e 20 kg ha⁻¹ de potássio, ou seja, 3,25 gramas de nitrato de cálcio e 0,30 gramas de cloreto de potássio, essa adubação foi feita apenas para os tratamentos fertilização com resíduo do processamento da bauxita e fertilização mineral. A partir da instalação do experimento foram feitas irrigações diárias de acordo com a evapotranspiração.

Nas irrigações diárias, foi utilizado atmômetro modificado que pode estimar a evapotranspiração de referência com boa precisão, cujas medidas de evaporação foram tomadas com base para definir as lâminas de água a serem aplicadas na irrigação. O Kc da cultura da cana-de-açúcar utilizado para o cálculo da quantidade de água a ser aplicada por vaso, seguiu a metodologia sugerida por Hernandez (2008).

Para análise química das folhas, foi coletado a folha +1 (folha mais alta com lígula visível) de todas as plantas em cada recipiente, seguindo metodologia descrita por RAIJ et al., 1997. Após a coleta das folhas, foi excluída a nervura central e foram aproveitados os 20 cm centrais das folhas, sendo que a quantificação química (Cu, Fe, Mn e Zn) seguiu metodologia descrita por Bataglia et al. (1983).

Para a coleta de solo da camada de 0-20 cm de solo foram escolhidos seis pontos ao redor da base da plantas 280 dias após o plantio, sendo que as seis amostras simples foram misturas para a obtenção de uma amostra composta. Feito a coleta do solo, o material foi seco ao ar durante 3 dias, logo em seguida, peneirado, devidamente identificado e encaminhado para análises químicas de Cu, Fe, Mn e Zn com extrator DTPA, seguindo metodologia descrita por Raij et al. (2001).

Os dados foram tratados estatisticamente através da análise de variância, em que as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, de acordo com os procedimentos do Statistical Analysis System (SAS Institute, 1999).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Solo

De acordo com as Tabelas 4 e 5 não foram observadas diferenças estatísticas em todas as variáveis químicas do solo e da planta para o uso de diferentes tipos de água (potável ou servida), bem como para a interação entre as fertilizações e a aplicação de duas qualidades de água na irrigação.

Este fato é compreensível devido à baixa quantidade de micronutrientes nas águas de irrigação. A água tem um papel importante no transporte de substâncias solúveis e como meio em que ocorrem os processos bioquímicos. Esta eficiência depende das condições climáticas do local de cultivo, da capacidade de armazenagem de água, do solo e da exigência da planta nas diferentes fases do seu desenvolvimento. Sobre o tema, Lucena et al. (2006) verificaram que as propriedades químicas do solo para desenvolvimento das plantas não dependem do tipo de água empregada na irrigação.

Tabela 4. Teores de micronutrientes na camada do solo de 0-20 cm de profundidade no recipiente.

| Tratamentos | Cu | Fe | Mn | Zn |
|----------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| | | | | |
| Testemunha | 0,11 b | 12,33 | 4,10 b | 0,16 b |
| Fertilização mineral | 0,11 b | 13,00 | 6,35 a | 0,15 b |
| Res. Proc. bauxita | 0,25 b | 12,83 | 6,43 a | 0,35 b |
| Composto de lixo | 0,11 b | 11,33 | 4,25 b | 0,15 b |
| Biofertilizante | 0,56 a | 12,33 | 4,36 b | 0,83 a |
| Teste F | 9,96** | 2,53 ^{NS} | 38,98** | 12,14** |
| DMS | 0,16 | 1,00 | 0,46 | 0,21 |
| Água (A) | | | | |
| Potável | 0,30 | 14,00 | 7,08 | 0,52 |
| Servida | 0,28 | 14,30 | 7,13 | 0,49 |
| Teste F | 0,58 ^{NS} | 0,33 ^{NS} | 1,78 ^{NS} | 0,65 ^{NS} |
| DMS | 0,12 | 0,77 | 0,35 | 0,16 |
| S x A | 2,75 ^{NS} | 3,37 ^{NS} | 7,62 ^{NS} | 3,14 ^{NS} |
| CV (%) | 14,87 | 8,08 | 9,10 | 12,59 |

^{NS} Não-significativo. * e **Significativo a 5 e 1% de probabilidade pelo teste F, respectivamente.

No caso do cobre, apenas o tratamento com biofertilizante apresentou diferença estatisticamente significativa. Esse aumento na concentração de cobre apenas para o tratamento com biofertilizante está ligado à concentração do elemento no resíduo orgânico, que de acordo com a (Tabela 2) é de 700 mg dm⁻³. De acordo com Raij et al. (1997) todas as concentrações da camadasuperficial se encontram nas taxas consideradas baixas (< 0,8 mg dm⁻³).

Aplicações sucessivas de biofertilizantes de dejetos líquidos de suínos no solo também ocasionam acúmulo de Cu em camadas superficiais do solo, como observado por Giroto et al. (2010), onde foram encontrados acúmulos significativos de Cu até a camada de 12 cm de profundidade, com aplicação de 20, 40 e 80 m³ ha⁻¹ de dejetos. O acréscimo nos teores de Cu e Zn é explicado em função das altas concentrações desses metais nos dejetos, que resultaram, após sete anos de aplicação de dejetos na adição de 16,0, 32,0 e 64,0 kg de Cu ha⁻¹, respectivamente para as doses de 20, 40 e 80 m³ ha⁻¹ de dejetos.

Para ferro, não houve diferenças significativas na concentração do elemento no solo para todos os tratamentos testados apresentando em média 12,87 mg dm⁻³. De acordo com Raij et al. (1997) a concentração é considerada alta (> 12 mg dm⁻³), com exceção do solo que recebeu composto de lixo.

O manganês apresentou aumento em seus teores apenas para os tratamentos fertilização adubação mineral e resíduo do processamento da bauxita, com concentrações de 6,35 e 6,43 mg dm⁻³, respectivamente. Essas concentrações são considerados altas, segundo Raij et al. (1997). Esse aumento se deve possivelmente à presença do elemento na composição química do adubo empregado (superfosfato simples), uma vez que apenas esses tratamentos receberam fertilizantes minerais. Outros tratamentos não apresentaram diferenças estatísticas entre si, mas com menores concentrações do que os tratamentos adubação mineral e resíduo do processamento da bauxita.

Para o zinco, observou-se também efeito para o tratamento biofertilizante, com concentração no solo de 0,83 mg dm⁻³, sendo a maior concentração e diferindo de todos ou outros tratamentos, que não apresentaram diferenças estatísticas entre si. Nota-se que a concentração de zinco no solo passou do teor considerado baixo para médio, segundo Raij et al. (1997), com a aplicação de biofertilizante. Os valores de zinco no solo foram semelhantes aos obtidos por Santos (2004), com a utilização de biofertilizante puro e enriquecido fornecidos ao solo na forma líquida, diluídos em água na proporção de 1:1 que aumentaram de 10,00 mg dm⁻³ para até 72,85 mg dm⁻³.

- Planta

Para ferro, na Tabela 5, apenas os tratamentos adubação mineral e resíduo do processamento da bauxita apresentaram aumento nos teores foliares, respectivamente, com 303,17 e 287,33 mg kg⁻¹. Já os tratamentos composto de lixo (158,77 mg kg⁻¹) e biofertilizante (123,17 mg kg⁻¹) apresentaram diferenças estatísticas entre si, mas não diferiram do tratamento testemunha (150,50 mg kg⁻¹), ou seja, o uso de fertilizantes orgânicos não elevaram os teores de ferro em folhas de cana-de-açúcar.

Tabela 5. Dados da análise química da folha para micronutrientes.

| Tratamentos | Fe | Zn | Cu | Mn |
|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| | ----- mg kg ----- | | | |
| Testemunha | 150,50 bc | 8,66 b | 0,11 b | 124,66 b |
| Ad. mineral | 303,17 a | 12,00 a | 0,86 a | 164,00 a |
| Res. Proc. bauxita | 287,33 a | 13,50 a | 0,83 a | 162,16 a |
| Composto de lixo | 158,67 b | 9,50 b | 1,00 a | 89,66 d |
| Biofertilizante | 123,17 c | 10,00 b | 0,80 a | 84,66 d |
| Teste (F) | 110,45** | 19,95** | 3,70* | 298,33** |
| DMS | 34,63 | 1,80 | 0,62 | 8,64 |
| Água (A) | | | | |
| Potável (1) | 257,40 | 10,66 | 0,79 | 119,46 |
| Servida (2) | 243,25 | 10,40 | 0,70 | 121,60 |
| Teste (F) | 1,58 ^{NS} | 0,51 ^{NS} | 2,00 ^{NS} | 1,58 ^{NS} |
| DMS | 15,15 | 0,79 | 0,31 | 3,78 |
| S x A | 0,74 ^{NS} | 2,35 ^{NS} | 1,86 ^{NS} | 1,55 ^{NS} |
| CV | 9,57 | 9,68 | 14,46 | 4,32 |

^{NS}Não-significativo. * e **Significativo a 5 e a 1% de probabilidade pelo teste F, respectivamente.

Os teores adequados de ferro em folhas de cana-de-açúcar estão na faixa de 40 a 250 mg kg⁻¹ (RAIJ et al. (1997), faixa essa atingida por todos os tratamentos.

Podem-se observar aumentos nos teores de zinco apenas para os tratamentos adubação mineral e resíduo do processamento da bauxita, respectivamente, com 12,00 e 13,50 mg kg⁻¹. Outros não tiveram aumentos foliares de zinco apresentando valores estatisticamente semelhantes ao tratamento testemunha. Analisando os teores de Zn nas folhas das plantas, verificou-se que com a quantidade de zinco aumentou significativamente, ocorrendo o maior teor para os tratamentos adubação mineral e resíduo do processamento da bauxita.

De acordo com vários autores (WANG & EVANGELOU, 1994), no citoplasma da célula ocorre a complexação do metal (Zn) com ácidos orgânicos (citrato) e inorgânicos (H₂S), fitatos e fitoquelatinas. Todos esses compostos formados são armazenados nos vacúolos na forma menos tóxica para a planta.

Para Raij et al. (1997) os teores adequados de zinco nas folhas estão na faixa de 10 - 50 mg kg⁻¹, sendo que todos os tratamentos testemunha e composto de lixo se mostraram deficientes no elemento.

No caso do cobre todos os tratamentos apresentaram aumento nos seus teores em função da aplicação dos fertilizantes, esses teores foliares são considerados extremamente alto para Raij et al. (1997), uma vez que a planta bem suprida em cobre apresenta teores foliares na faixa de 6 a 15 mg kg⁻¹. Esse baixo teor está relacionado ao não fornecimento do nutriente ao solo, através de fertilizantes e a baixa reposição de cobre pelos fertilizantes empregados em cada tratamento. O maior teor de cobre nas raízes mostra que o elemento é considerado imóvel na planta, não sendo redistribuído para outras partes da planta. Petruzelli et al. (1989), em ensaio de campo, avaliaram o efeito da aplicação de 30 t ha⁻¹ ano⁻¹ de composto de lixo, durante quatro anos, na cultura do milho. Constataram que o teor de cádmio, zinco e cobre nos grãos teve um aumento significativo em relação à testemunha apenas no terceiro e quarto cultivos.

Nobile (2005), estudando doses crescentes do resíduo do processamento da bauxita, observou diminuição dos teores foliares de cobre, sendo a aplicação de doses acima de 28 t ha⁻¹ diminuíram os teores de cobre de 8,00 para 1,50 mg kg⁻¹.

Para manganês observam-se aumentos nos teores foliares para todos os tratamentos utilizados, o que pode ser explicado pela baixa concentração do elemento no solo nos tratamentos com adição de resíduos orgânicos, com menor disponibilidade no solo menor era a absorção de manganês pela planta.

De acordo com Mann et al. (2002), como o manganês, tem propriedades químicas semelhantes (o raio iônico) aos nutrientes Ca²⁺, Fe²⁺, Zn²⁺, e, especialmente, Mg²⁺, a presença destes pode inibir sua absorção e até o transporte. Salienta-se, que a absorção do cobre, zinco e ferro, pode dobrar com a deficiência de manganês. Entretanto, o contrário também é verdadeiro, com ênfase para o ferro. Por fim, salienta-se que a eficiência de absorção de manganês pelas plantas submetidas à baixa concentração do nutriente, é controlada geneticamente, por alguns genes (FOY et al., 1988). De acordo com Raij et al. (1997), teores adequados de manganês em folhas de cana-de-açúcar estão na faixa de 25 a 250 mg kg⁻¹.

CONCLUSÃO

- A qualidade da água de irrigação, potável ou servida, não afetou nenhum parâmetro relacionado ao solo e as folhas de cana-de-açúcar;

- para o solo os tratamentos aplicados afetaram positivamente todos os parâmetros avaliados com exceção do ferro, cobre e zinco apenas sofreu alteração com a aplicação do biofertilizante, não foi detectado cádmio nas diferentes fertilizações;

- para a água lixiviada apenas nas concentrações de cobre e cromo não houve influência de nenhum tratamento, não foi detectado cádmio na água de lixiviação e apenas o resíduo do

processamento da bauxita apresentou aumento nas concentrações de chumbo e níquel;

- para as folhas houve aumentos nos teores de cobre para todos os tratamentos, e para ferro, zinco e manganês houve aumento apenas com o uso de adubação mineral e resíduo do processamento da bauxita.

AGRADECIMENTO

Ao CNPq pelo auxílio concedido durante a execução do projeto.

REFERÊNCIAS

AMARAL SOBRINHO, N. M. B. et al. Mobilidade de metais pesados em solo tratado com resíduo siderúrgico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 22, n. 2, p. 345-353, 1998.

APHA. American Public Health Association. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 19 ed. Washington, 1995. 1134 p.

BATAGLIA, O. C. et al. **Métodos de análise química de plantas**. Campinas: Instituto Agronômico, 1983. 48 p. (Boletim Técnico, 78)

BRASIL. Ministério da Agricultura. Secretária Nacional de Defesa Agropecuária. **Análise de corretivos, fertilizantes e inoculantes: métodos oficiais do Laboratório Nacional de Referência Vegetal**. Brasília: LANARV, 1988. 104 p.

CARARO, D. C. **Manejo de irrigação por gotejamento para aplicação de água servida visando à minimização do entupimento de emissores**. 2004. 130f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade São Paulo, Piracicaba.

FRANCO, H. C. J. et al. Stalk yield and technological attributes of planted cane as related to nitrogen fertilization. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 67, n. 5, p. 579-590, 2010.

GIROTTO, E. et al. Acúmulo e formas de cobre e zinco no solo após aplicações sucessivas de dejetos líquido de suínos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, p. 955-965, 2010.

HACH Company. **Spectrophotometer instrument manual**. Loveland, 1996.

HERNANDEZ, F. B. T. **Manejo da Irrigação**, abr 2008. Disponível em: <<http://www.agr.feis.unesp.br/curso3.htm>> Acesso em: 30 out. 2009.

LUCENA, A. M. A. de et al.. Emprego de substratos irrigados com água de abastecimento e residuária na propagação do flamboyant. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, Paraíba, v. 6, n. 1, p. 115 – 121, 2006.

MANN, E. N.; RESENDE, P. M.; MANN, R. S. Efeito da aplicação de manganês no rendimento e na qualidade de sementes de soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 12, p. 1757-1764, 2002.

MELO, W. J. de; MARQUES, M. O. Potencial do lodo de esgoto como fonte de nutrientes para as plantas. In: BETTIOL, W.; CAMARGO, O. A. (Org.). **Impacto ambiental do uso agrícola do lodo de esgoto**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2000. p. 109-139.

NOBILE, F. O. de. **Efeito da aplicação de resíduo da mineração de bauxita no solo e na planta de cana-de-açúcar**. 2005. 117f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal.

-
- NOBILE, F. O. de et al. Quantificação de macronutrientes no solo e em folhas de cana-de-açúcar em função de doses de resíduo da mineração de bauxita. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 30, n. 1, 2010 .
- NOBILE, F. O. de et al. Matéria orgânica e pH em solo adubado com fertilizantes orgânicos e minerais e irrigada com água residuária. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA, 16, 2006, Aracaju. **Resumos...** Aracaju: SBCS, 2006. CD ROM.
- OLIVEIRA, F. C. et al. Alterações em atributos químicos de um latossolo pela aplicação de composto de lixo urbano. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 4, p. 529-538, 2002.
- PETRUZZELLI, G.; LUBRANO, L.; GUIDI, G. Uptake by corn and chemical extractability of heavy metals from a four years compost treated soil. **Plant and Soil**, London, v. 116, n. 1, p. 23-27, 1989.
- RAIJ, B. Van et al. (eds.). **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2.ed. Campinas: Instituto Agrônomo de Campinas, 1997. p. 39. (Boletim Técnico, 100).
- RAIJ, B. van et al. (Ed.) **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas : Instituto Agrônomo, 2001. 285p.
- SANTOS, G. D. **Avaliação do maracujazeiro – amarelo sob biofertilizantes aplicados ao solo na forma líquida**. 2004. 74 f. Dissertação (Mestrado Manejo e Conservação do solo e da Água) - Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Paraíba, Areia.
- SAS INSTITUTE. **SAS user's guide**. Cary, 1999. 595 p.
- WANG, J.; EVANGELOU, V. P. **Metal tolerance aspects of plant cell wall and vacuole - handbook of plant and crop physiology**. Tucson: The University of Arizona, 1994. 325 p.

