



## Alterações dos atributos físicos e químicos de um Neossolo após aplicação de doses de manipueira

Anamaria de S. Duarte<sup>1</sup>, Mario M. Rolim<sup>1</sup>, Ênio F. de F. e Silva<sup>1</sup>,  
Elvira M. R. Pedrosa<sup>1</sup>, Francimar da S. Albuquerque<sup>2</sup> & Adriana G. Magalhães<sup>1</sup>

### RESUMO

O resíduo gerado no processamento industrial da mandioca (manipueira) apresenta alta carga orgânica e elevada concentração de nutrientes. Tal resíduo, se descartado indiscriminadamente no solo, pode trazer sérios riscos ao ambiente. Assim, o objetivo deste estudo foi avaliar as alterações dos atributos físicos e químicos em um Neossolo Regolítico cultivado com alface e submetido às diferentes doses de manipueira. O experimento foi conduzido em casa de vegetação e se utilizou um delineamento inteiramente casualizado, com seis tratamentos compostos das seguintes doses: 0, 5, 15, 25, 45, 65 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> com cinco repetições. Para caracterização dos atributos do solo foram determinados parâmetros físicos (grau de floculação, argila dispersa em água) e químicos (condutividade elétrica do extrato de saturação do solo, pH, teor de P e teores de cátions trocáveis K<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup> e Na<sup>+</sup>) do solo. A aplicação de manipueira ao solo propiciou um aumento significativo do grau de floculação, do pH, da condutividade elétrica do extrato de saturação, dos teores de cátions trocáveis e do teor de P, além de uma diminuição significativa da argila dispersa em água, constatando-se também tendência à salinização, em virtude do uso da manipueira.

**Palavras-chave:** *Manihot esculenta*, fertilidade do solo, aproveitamento de resíduo

## Changes in physical and chemical properties of soil after application of cassava wastewater

### ABSTRACT

The effluent from cassava industrial processing presents high ionic organic charge and high nutrient concentration. If discarded indiscriminately in soil, this effluent may cause serious environmental hazard. The objective of this paper is to evaluate changes in physical and chemical attributes of a soil cultivated with lettuce and submitted to increasing doses of cassava wastewater. The experiment was carried out under greenhouse in a completely randomized design with six treatments consisting of application of 0, 5, 15, 25, 45 and 65 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> and five replications. Soil physical (degree of flocculation, dispersed clay in water) and chemical (electrical conductivity of saturation extract of soil, pH, content of P and exchangeable cations K<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup> and Na<sup>+</sup>) properties were evaluated for soil characterization. Besides decreasing clay dispersed in water, use of cassava wastewater in the soil increased flocculation degree, pH, electrical conductivity of saturation extract, exchangeable cations and P content. Tendency of soil salinization was observed after cassava wastewater application.

**Key words:** *Manihot esculenta*, soil fertility, residue use

<sup>1</sup> UFRPE. Rua Dom Manoel de Medeiros, s/n, CEP 52171-900, Recife, PE. Fone: (81) 3320-6276/3320-6279. E-mail: [asousaduarte@gmail.com](mailto:asousaduarte@gmail.com), [enio.silva@dr.ufrpe.br](mailto:enio.silva@dr.ufrpe.br), [rolim@dr.ufrpe.br](mailto:rolim@dr.ufrpe.br), [elvira.pedrosa@dr.ufrpe.br](mailto:elvira.pedrosa@dr.ufrpe.br)

<sup>2</sup> Doutorando do Programa Engenharia Agrícola e Ambiental/UFRPE. E-mail: [franciufupe@gmail.com](mailto:franciufupe@gmail.com)

## INTRODUÇÃO

A cultura da mandioca é considerada a principal fonte de carboidrato para mais de 925 milhões de pessoas, sobretudo nos países em desenvolvimento; tendo a Nigéria como o maior produtor mundial de mandioca no ano de 2011, com 52.403 milhões de toneladas, seguida pelo Brasil e Indonésia cujas produções foram iguais a 25.441 e 24.010 milhões de toneladas, respectivamente (FAO, 2011). Das regiões fisiográficas brasileiras, a região Nordeste foi a que mais produziu mandioca, aproximadamente oito milhões de toneladas no ano de 2011; dentre os estados da referida região brasileira, os três maiores produtores foram: Bahia, que produziu 2.966.230 toneladas de mandioca; Ceará e Pernambuco cujas respectivas produções foram de 836.606 e 520.330 toneladas (IBGE, 2011).

Do beneficiamento das raízes de mandioca para fabricação de farinha de mesa e fécula são gerados dois tipos de resíduo: a) sólidos, compostos pelas partes lenhosas das raízes, pelas porções fibrosas retidas em peneiras e pelos bagaços da mandioca e b) líquidos, constituídos da água de lavagem das raízes e da água de prensagem da mandioca, esta última comumente denominada manipueira (Inoue et al., 2010). As águas de lavagem são produzidas em maior quantidade sendo obtidos, em média, 2 m<sup>3</sup> por tonelada de mandioca processada e a manipueira; para esta mesma quantidade de raízes (1 tonelada) é gerado um volume médio igual a 0,25 L (Nasu et al., 2010).

Dentre os diversos subprodutos gerados no processamento da mandioca tem-se a manipueira, líquido leitoso amarelo-claro resultante da prensagem da massa ralada das raízes de mandioca utilizadas para a produção de farinha e do processo de extração e purificação da fécula. A manipueira é um resíduo líquido rico em açúcares, amidos, proteínas, linamarina, sais e outras substâncias. De todos os resíduos advindos do processamento da mandioca, a manipueira é o mais poluente e tóxico, pois possui elevada carga orgânica e a linamarina, que é um glicosídeo cianogênico, do qual provém o ácido cianídrico (HCN), os quais podem trazer sérios problemas ambientais, como: redução do oxigênio dissolvido e eutrofização dos corpos d'água, morte da fauna aquática e dos animais que consomem a água com excesso de gás cianídrico (Campos et al., 2006; Fioreto, 1987).

Embora a manipueira seja um resíduo que apresenta riscos quando descartado "in natura" no meio ambiente, a presença de nutrientes, sobretudo do potássio, do magnésio, do nitrogênio e do fósforo, sustenta a possibilidade de seu uso como fertilizante na atividade agrícola (Cardoso et al., 2009). Estudo realizado por Silva Júnior et al. (2012) demonstrou que o resíduo de indústria de uma casa de farinha localizada no Município de Tancredo, Bahia, apresentou uma composição de 3.456 mg L<sup>-1</sup> de potássio, 1.627 mg L<sup>-1</sup> de nitrogênio, 617 mg L<sup>-1</sup> de magnésio, 328 mg L<sup>-1</sup> de fósforo e 278 mg L<sup>-1</sup> de cálcio e 22 mg L<sup>-1</sup> de sódio.

Estudando o provável uso da manipueira como insumo agrícola, Mélo et al. (2005) concluíram, em condições de laboratório, que a concentração de cálcio, potássio, sódio e magnésio trocáveis aumentou linearmente em três solos típicos do estado de Minas Gerais, Neossolo Quartzarênico órtico espódico A moderado, Latossolo Amarelo distrófico típico textura média A moderado e Latossolo Vermelho-Amarelo

distrófico típico textura muito argilosa A moderado álico mesoférico, tratados com manipueira.

O efeito do uso da manipueira nas características químicas, físicas e microbiológicas de um Latossolo Amarelo distrófico típico dos tabuleiros costeiros do Recôncavo da Bahia foi estudado por Silva Júnior et al. (2012), os quais constataram que a aplicação de manipueira possibilitou o aumento de Mg<sup>2+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, Na<sup>+</sup>, CTC, V% e baixo incremento de K<sup>+</sup>, P, H + Al e Al<sup>3+</sup>. Segundo os autores, o baixo incremento de K<sup>+</sup>, P, H + Al e Al<sup>3+</sup> está relacionado à extração dos nutrientes pela cultura cultivada (banana).

Contudo, Ribas et al. (2010) relatam que, apesar da manipueira ser um efluente com alto teor de nutrientes e matéria orgânica, a presença de alguns compostos orgânicos tóxicos, como o cianeto, dificulta seu tratamento e, por conseguinte, pode reduzir seu uso como fertilizante agrícola.

Assim e com base nos aspectos aqui abordados da escassez de estudos sobre os efeitos do uso de manipueira no solo como fonte de adubação e devido à facilidade e ao baixo custo de obtenção deste resíduo junto às casas de farinha, o objetivo deste trabalho foi avaliar as alterações dos atributos físicos e químicos em um Neossolo Regolítico distrófico cultivado com alface e submetido à aplicação de doses de manipueira.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no período de Maio a Agosto de 2010, em casa de vegetação pertencente ao Departamento de Tecnologia Rural da Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife-PE, cujas coordenadas geográficas são: 08° 01' 01" de latitude Sul e 34° 56' 47" de longitude oeste e 5 m de altitude.

O clima, de acordo com a classificação de Koppen, é Megatérmico Tropical (tropical úmido), com temperatura média do mês mais frio superior a 18 °C e precipitação média de 1750 mm ao ano.

Utilizou-se, no experimento, um solo classificado, segundo EMBRAPA (2006), como Neossolo Regolítico Distrófico, coletado na profundidade de 0 a 20 cm. Visando à caracterização dos atributos físicos e químicos do solo, cinco amostras simples foram coletadas por meio de trado; posteriormente, as amostras foram secadas ao ar, destorroadas e peneiradas em malha de 2 mm, sendo então homogeneizadas formando uma amostra composta.

As análises, com vista à determinação dos atributos físicos e químicos do solo antes (Tabela 1) e após o cultivo, foram realizadas no Laboratório de Fertilidade do Solo e no Laboratório de Aproveitamento de Resíduos e Mecânica dos Solos ambos pertencentes à UFRPE, em conformidade com os métodos descritos pela EMBRAPA (1997).

Três quilogramas de solo foram acondicionados em vasos com capacidade de 4 L; antes do acondicionamento do solo foram distribuídos, na parte inferior do vaso, 500 g de brita número 0 (para permitir a drenagem da água) e sobre a camada de brita, uma manta de bidim® (utilizada para evitar a perda de solo); após a montagem dos vasos foram aplicadas doses de manipueira e, posteriormente, os vasos foram envoltos em

**Tabela 1.** Atributos físicos e químicos do Neossolo Regolítico distrófico antes da aplicação da manipueira

Atributos	Teor
Areia (g kg <sup>-1</sup> )	697
Silte (g kg <sup>-1</sup> )	147
Argila (g kg <sup>-1</sup> )	157
Densidade do solo (kg dm <sup>-3</sup> )	1,32
CEes (dS m <sup>-1</sup> )	4,40
pH em água	5,84
Potássio (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )	0,13
Sódio (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )	0,08
Cálcio (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )	0,76
Magnésio (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )	0,97
Fósforo (mg dm <sup>-3</sup> )	0,77
Matéria orgânica (g kg <sup>-1</sup> )	3,58

papel alumínio ficando o solo incubado durante o período de 20 dias antes do cultivo; com isto, evitaram-se os efeitos tóxicos sobre os micro-organismos do solo ocasionados pelo ácido cianídrico contido na manipueira e a perda de água do solo por evaporação, fatores que facilitaram o transplante das mudas. Foram detectados, após a aplicação da manipueira, a presença de larvas e o odor fétido característica que desapareceu ao longo do experimento.

A cultura utilizada foi a alface, cultivar Regina 2000; realizou-se a irrigação da cultura com base na capacidade de campo do solo e na reposição diária da lâmina de água perdida pelo sistema solo-planta.

O experimento foi conduzido em delineamento experimental inteiramente casualizado com seis tratamentos e cinco repetições sendo os tratamentos compostos pelas seguintes doses de manipueira: 0, 5, 15, 25, 45, 65 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>, e cada parcela experimental composta de uma planta por vaso; para as três últimas doses realizou-se um fracionamento para que não houvesse perda da manipueira por lixiviação, fato que não ocorreu durante o experimento.

As doses de manipueira foram calculadas levando-se em consideração a concentração de potássio existente na manipueira e no solo bem como a exigência deste nutriente pela cultura; ressalta-se que não foi necessário realizar calagem e, também, não se utilizou adubação mineral durante o experimento com o intuito de avaliar apenas o efeito que o uso da manipueira exerceu sobre o solo e a cultura cultivada.

A manipueira utilizada foi proveniente de uma casa de farinha localizada no Município de Pombos, PE; a determinação da composição física e química da manipueira (Tabela 2) foi realizada no Laboratório de Análises Agrícolas (LAGRI) e no Laboratório de Mecânica dos Solos e Aproveitamento de Resíduos da UFRPE.

A determinação das características físicas e químicas manipueira foi feita de acordo com APHA (2003) e os parâmetros utilizados para tal caracterização foram: condutividade elétrica (CE) pelo método instrumental, sólidos sedimentáveis, por sedimentação em cone Imhoff; pH pelo método eletrométrico, fósforo total pelo método espectrofotométrico do ácido ascórbico e nitrogênio total pelo método macro Kjeldahl. Foram determinados, também, os cátions Ca<sup>2+</sup> e Mg<sup>2+</sup> pelo método titulométrico do EDTA e K<sup>+</sup> e Na<sup>+</sup> pelo método fotométrico de chamas.

**Tabela 2.** Características físicas e químicas da manipueira utilizada como fertilizante na cultura da alface

Parâmetros	Valores
Sólidos sedimentáveis (mL L <sup>-1</sup> )	17,20
Condutividade elétrica (dS m <sup>-1</sup> )	6,80
pH	4,08
Potássio (mg L <sup>-1</sup> )	1.970
Nitrogênio (mg L <sup>-1</sup> )	980
Fósforo (mg L <sup>-1</sup> )	740
Sódio (mg L <sup>-1</sup> )	460
Magnésio (mg L <sup>-1</sup> )	360
Cálcio (mg L <sup>-1</sup> )	240

A caracterização dos atributos físicos e químicos do solo foi realizada de acordo com a metodologia descrita em EMBRAPA (1997) determinando-se os seguintes parâmetros: grau de floculação (GF), argila dispersa em água (ADA), pelo método da pipeta; teores de P e K<sup>+</sup> e Na<sup>+</sup> trocáveis obtidos através da solução extratora Mehlich-1 (HCl 0,05 mol L<sup>-1</sup> + H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,0125 mol L<sup>-1</sup>) e leitura realizada por colorimetria e fotometria de chamas, respectivamente; e teores de Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup> trocáveis obtidos por meio da solução extratora de KCl 1 mol L<sup>-1</sup> com leitura feita, respectivamente, por espectrometria e fotometria de chamas.

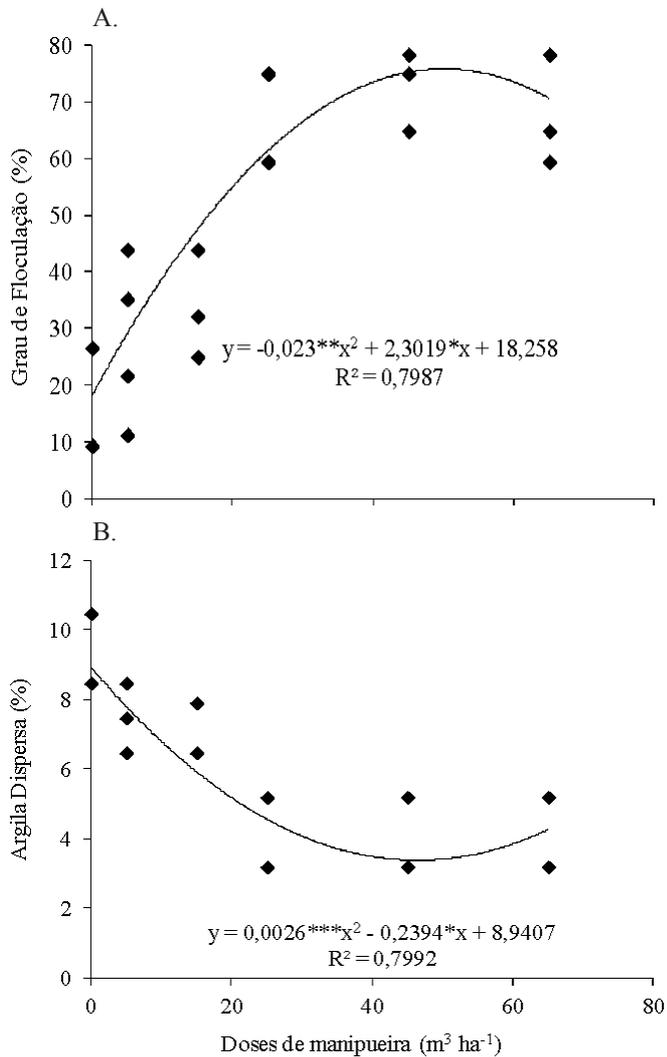
Para a determinação dos cátions solúveis utilizados no cálculo da RAS, CEes e pH, preparou-se uma pasta saturada conforme a metodologia proposta por Richards (1954). Em seguida, foram determinados, segundo a metodologia proposta pela EMBRAPA (1997), condutividade elétrica do extrato de saturação (CEes) pelo método eletrométrico e pH em água no extrato de saturação pelo método potenciométrico; teores de Ca<sup>2+</sup> e Mg<sup>2+</sup>, por espectrofotometria de absorção atômica e; teor Na<sup>+</sup>, por fotometria de chama. A relação de adsorção de sódio (RAS) foi calculada a partir dos valores obtidos para cálcio, magnésio e sódio solúveis, conforme a expressão:  $RAS = (Na^+) / [(Ca^{2+} + Mg^{2+})/2]^{1/2}$ .

Os dados foram submetidos à análise de variância e regressão considerando-se o nível de probabilidade de até 5% pelo teste F.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

As respostas obtidas pela análise de variância dos dados mostraram que as variáveis aqui estudadas foram significativamente influenciadas pela adição de doses crescentes de manipueira ao solo.

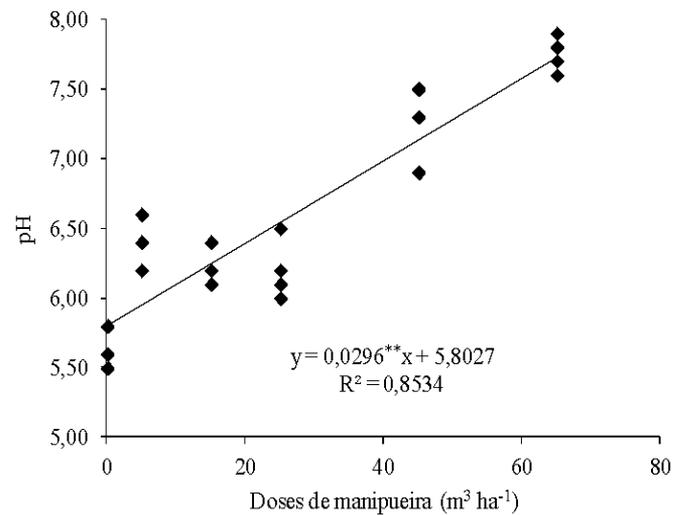
De acordo com os dados expostos nas Figuras 1A e 1B, verifica-se o efeito quadrático crescente e decrescente para o grau de floculação (GF) e para a dispersão das argilas (ADA) respectivamente, em função do aumento das doses de manipueira no solo sendo que a dose de 50,04 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> foi a que propiciou o maior grau de floculação pela derivada primeira da equação de regressão (Figura 1A); constatou-se um incremento de 75,93% quando se comparou o GF no tratamento testemunha (18,26%) com o GF na dose ótima (75,85%). Para dispersão das argilas verificou-se tendência de redução da ADA com o aumento das doses de manipueira (Figura 1B) em que no tratamento testemunha observou-se ADA igual a 8,94 e 4,36% para as doses de 0 e 65 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>, respectivamente.



**Figura 1.** Variação do grau de floculação (A) e argila dispersa em água (B) em função das doses de manipueira aplicadas ao solo

Segundo Ferreira et al. (2010), os cátions hidratáveis de pequeno diâmetro no solo, entre eles o cálcio, podem promover a agregação das suas partículas favorecendo sua estrutura e processo de floculação. Afirma-se, portanto, que os cátions advindos da manipueira, sobretudo o cálcio, o magnésio e o potássio se comportaram de maneira semelhante aos cátions presentes nos adubos utilizados na calagem dos solos, fato comprovado pelo acréscimo do pH do solo (Figura 2); o incremento das bases no solo propiciou aumento do grau de floculação e, por conseguinte, redução da porcentagem da argila dispersa em água.

As respostas aqui encontradas contradizem as respostas encontradas por Mélo et al. (2005) quando aplicaram diferentes doses de manipueira em três tipos de solos estudados, Neossolo Quartzarênico órtico espódico A moderado, Latossolo Amarelo distrófico típico textura média A moderado e Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico típico textura muito argilosa A moderado hálico mesoférrico e constataram que o grau de floculação e a porcentagem de argila dispersa em água se mantiveram inalterados após a aplicação de manipueira no solo; entretanto, o teor de cálcio, magnésio e potássio presentes



**Figura 2.** Variação do pH em função das doses de manipueira aplicadas ao solo

na manipueira utilizada como fertilizante neste estudo era duas vezes maior que o teor desses mesmos cátions contidos na manipueira utilizada no estudo conduzido pelos referidos autores fato este passível de ter contribuído para variáveis estudadas permanecerem inalteradas mesmo com o aumento das doses de manipueira.

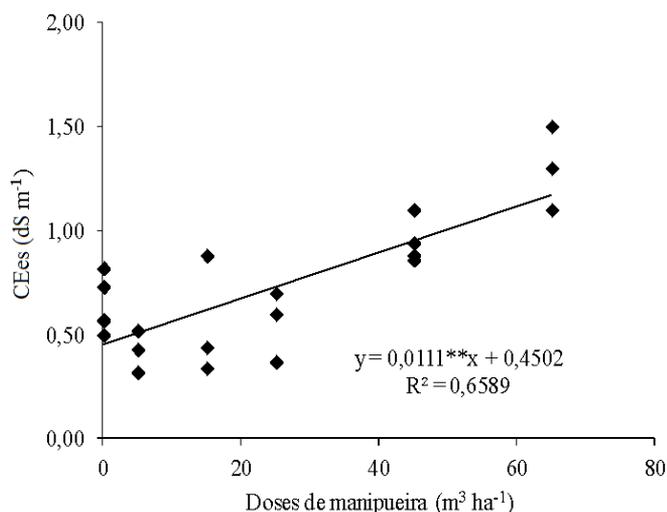
Utilizando resíduo alcalino proveniente da indústria de papel e celulose cujos teores de cálcio, magnésio, potássio e sódio eram iguais a 300,0; 10,0; 2,3 e 34,0 g kg<sup>-1</sup>, Lunardi Neto et al. (2008) relataram que houve melhoria dos solos degradados pela mineração de carvão e constataram uma elevação do grau de floculação e pH do solo, sem que houvesse dispersão das argilas e alteração na estabilidade de agregados do solo.

De acordo com os dados representados na Figura 2 observa-se um aumento significativo do pH do solo em função das doses crescentes de manipueira sendo que o menor e o maior valores do pH do solo foram iguais a 5,08 e 7,72 obtidos na ausência de manipueira (0 m³ ha<sup>-1</sup>) e quando se aplicou a maior dose do resíduo (65,0 m³ ha<sup>-1</sup>), respectivamente, equivalendo a um aumento de 24,9%.

O pH do solo é o fator isolado que mais influencia a disponibilidade de nutrientes às plantas, considerados valores ótimos de pH entre 6,0 e 6,5; nesta faixa ocorre disponibilidade máxima de macronutrientes e matéria orgânica, afasta do mínimo a disponibilidade dos micronutrientes e promove redução da acidez do solo, que é uma das principais limitações da produção agrícola (Malavolta, 1997). Acredita-se, então, que a incorporação de manipueira ao solo, mesmo com pH igual a 4,08 (Tabela 2), contribuiu para o aumento do pH através da adição de cátions trocáveis principalmente o potássio, o magnésio e o cálcio que estavam presentes no resíduo (Tabela 2). A introdução de bases no solo favorece a elevação do pH, uma vez que elas têm a capacidade de se adsorverem no complexo sortivo, deslocando os elementos (alumínio e hidrogênio) responsáveis pela acidez potencial para solução do solo; uma vez deslocado para a solução do solo, o alumínio se precipita na forma de Al<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, contribuindo para o aumento do pH, conforme frisam Souza et al. (2007). Fageria (2001) também afirma que a elevação do pH é fortemente correlacionada com o aumento da saturação por bases do solo.

Mélo et al. (2005) verificaram que o pH dos três tipos de solo estudados, Neossolo Quartzarênico órtico espódico a moderado, Latossolo Amarelo distrófico típico textura média A moderado e Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico típico textura muito argilosa A moderado álico mesoférico, aumentou significativamente em função da aplicação de manueira e afirmaram que o aumento ocorreu em consequência da mineralização da matéria orgânica e da liberação de cátions dos metais alcalinos e alcalino-terrosos associados aos ácidos orgânicos. Brito et al. (2005) verificaram aumento do pH em três diferentes tipos de solos provenientes da zona da mata canavieira do Estado de Pernambuco fertilizados com vinhaça cujas doses variaram de 350 e 700 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>. Por outro lado, Silva et al. (2004) constataram acidificação do solo decorrente da aplicação de diferentes doses (150, 450 e 900 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>) de efluente maturado de fecalária para o cultivo do sorgo devido, segundo os autores, à diminuição do teor de carbono orgânico do solo enquanto Silva Júnior et al. (2012) constataram que a aplicação de manueira não alterou o pH do solo, quando cultivaram banana.

Analisando a Figura 3, constata-se um aumento significativo da CEes em virtude da incorporação de doses crescentes de manueira ao solo; a CEes do solo variou de 0,45 a 1,17 dS m<sup>-1</sup> no solo com ausência de manueira e no solo que recebeu a dose igual a 65 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>, respectivamente, representando uma elevação de 65% deste parâmetro.

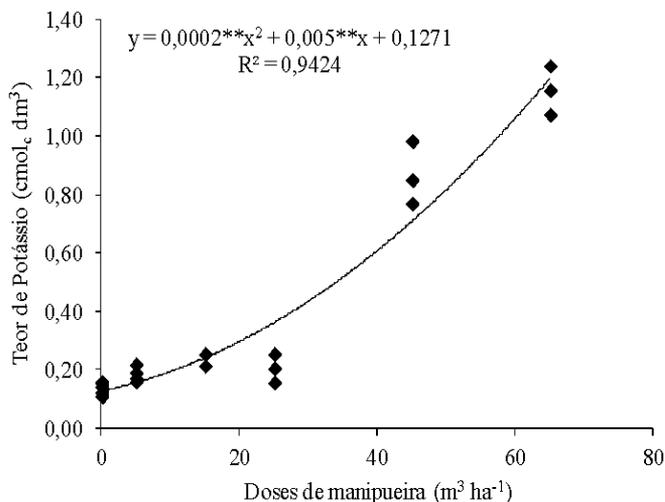


**Figura 3.** Condutividade elétrica em função das doses de manueira aplicadas ao solo

Indiretamente, a condutividade elétrica representa o número total de cátions e de ânions presentes na solução do solo (Lee 2010) e, como a manueira é um resíduo rico em cátions e ânions, como K<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Na<sup>+</sup>, PO<sub>4</sub><sup>-</sup> e NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, acredita-se que sua aplicação ao solo contribuiu para o aumento da CEes do solo. Mélo et al. (2005) verificaram que houve acréscimo significativo do CEes do solo e relacionaram tal aumento ao alto teor de cátions contidos na manueira. Estudando as modificações ocorridas em um solo adubado com fertilizante químico e fertilizante orgânico constituído de óleo de gergelim, farelo de arroz, melaço e itlita para o cultivo de cebola, Lee (2010) constatou aumento significativo da CEes do solo em

função da aplicação da adubação orgânica rica em potássio, cálcio, magnésio e nitrato no solo. Quando utilizaram resíduo gerado na fabricação de vinhos e aplicados no solo como fonte de adubação, Nóvoa-Muñoz et al. (2008) relataram que a CEes do solo aumentou em função do aumento das doses de tal tipo de resíduo, em virtude do aporte de potássio, sódio, magnésio e cálcio assemelhando-se, assim, à composição química da manueira; no estudo, eles constataram, também, que a dos elementos contido no resíduo aumentou a CTC do solo em cerca de 60%, comparando o tratamento que recebeu a maior dose em relação à testemunha. O aumento da CEes em decorrência da utilização de resíduos provenientes do beneficiamento da mandioca como fonte de adubação foi relatada por Inoue et al. (2010) quando cultivaram milho em um Cambissolo Háplico Tb distrófico latossólico e registraram uma CEes de 0,8 dS m<sup>-1</sup> para a maior dose de resíduo utilizada.

Quanto ao potássio trocável do solo, houve tendência semelhante à do fósforo, ou seja, quanto maior as doses de manueira incorporadas ao solo maior também o teor de potássio trocável. Verifica-se, de acordo com a Figura 4, que o teor de potássio no solo variou de 0,13 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> (ausência de manueira) a 1,30 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> (65 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>) totalizando um incremento igual a 89,8%. Segundo Malavolta (1997), teores de potássio trocável no solo acima 0,2 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> são considerados altos ou adequados evidenciando que a manueira utilizada neste experimento serviu como fonte de adubação potássica, confirmando a hipótese de que o potássio contido em tal resíduo foi suficiente para elevar os teores deste cátion no solo e atender à demanda da cultura durante o experimento.



**Figura 4.** Concentração de potássio no solo em função das doses de manueira aplicadas ao solo

Saraiva et al. (2007) constataram, em experimento de campo, que os níveis de potássio no solo aumentaram, ao utilizar uma dose igual a 632 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> de manueira proveniente de lagoas de decantação durante 80 dias. Entretanto, Silva et al. (2004) verificaram, ao analisar o íon potássio, que houve diminuição deste elemento no solo com o aumento de 150 para 450 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> e apenas para a dose de 900 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>, é que o teor de potássio foi superior ao teor inicial existente no solo. De acordo com os referidos autores esta diminuição foi favorecida

pela retirada do potássio pela aveia e pela lixiviação causadas pelas intensas precipitações no período experimental (549,9 mm).

Testando diversos tipos de resíduo orgânico na cultura do maracujazeiro-amerelo, Pires et al. (2008) verificaram que o uso da raspa da mandioca advinda das casas de farinha não promoveu aumento do potássio disponível do solo embora a concentração de potássio neste resíduo fosse de 2.200 mg kg<sup>-1</sup>; contudo, um acréscimo significativo de potássio trocável no solo, que variou de 0,1 a 3,3 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, foi observado por Nóvoa-Muñoz et al. (2008) quando utilizaram o resíduo gerado pela fabricação de vinhos como fonte de adubação de gramíneas para forragem animal.

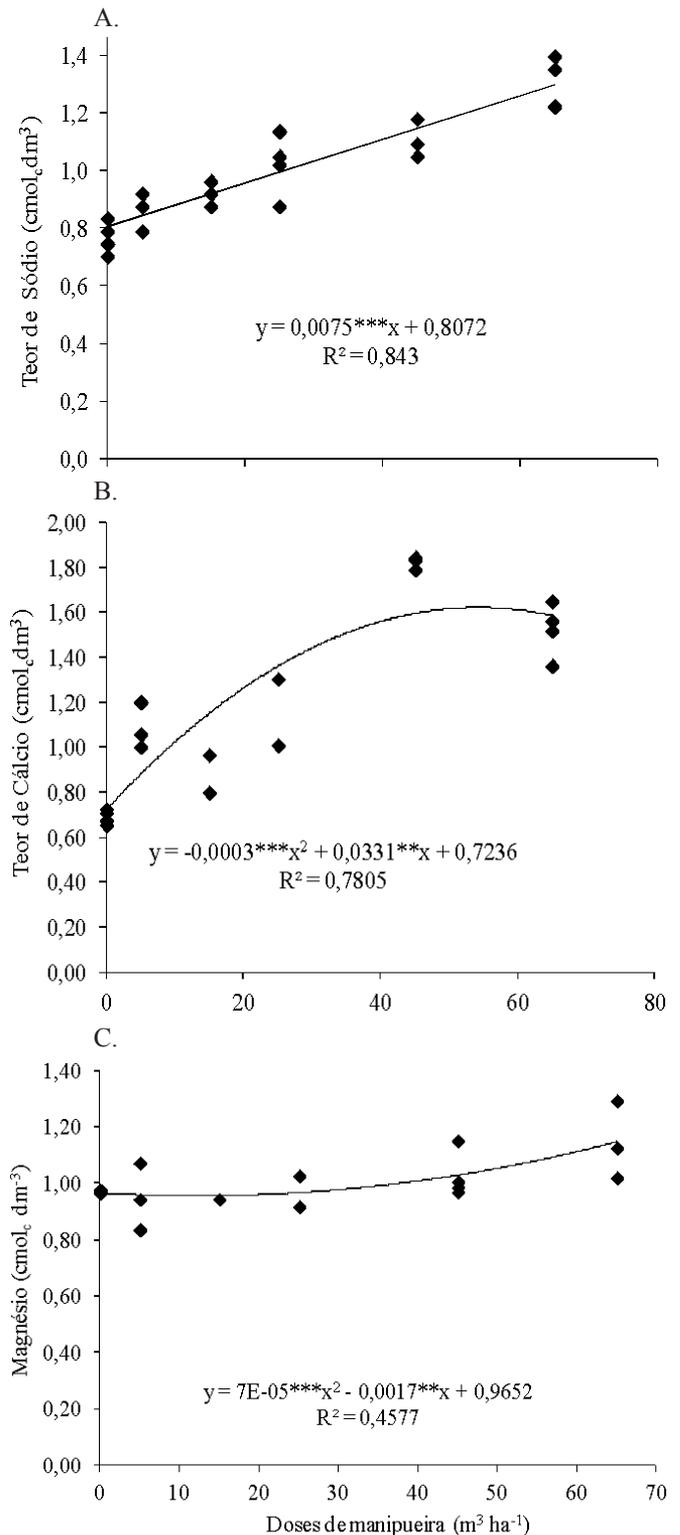
A manipueira utilizada como fonte de adubação neste experimento, além do potássio, apresentou uma concentração considerável de cálcio, de magnésio e de sódio em sua composição, verificando-se concentrações, em ordem decrescente, na seguinte sequência: Na > Mg > Ca.

Os dados expostos nas Figuras 5A, 5B e 5C mostram efeito quadrático positivo decorrente da incorporação de doses crescentes de manipueira ao solo, sendo obtidas concentrações de sódio trocável iguais a 0,88 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> (ausência de manipueira) e 1,29 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> (65 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>) e de cálcio trocável iguais a 0,76 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> a 1,55 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> no solo não recebeu manipueira e no que recebeu 65m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> deste efluente, respectivamente. Para o magnésio trocável (Figura 5C) o solo onde não se aplicou manipueira apresentou teor igual a 0,97 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> enquanto no solo que recebeu 65 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>, o teor deste elemento foi igual a 1,17 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; assim, a aplicação de manipueira ao solo foi responsável pelo acréscimo de 38% de sódio, 51% de cálcio e 18% de magnésio trocáveis no solo.

A elevação da concentração de sais solúveis no solo aumenta a tensão osmótica da solução do solo reduzindo a absorção de água pelas plantas, resultando em acumulação de elementos que podem provocar toxidez e distúrbios nutricionais, afetando o crescimento das mesmas (Medeiros et al., 2011). O processo de salinização dos solos ocorre em consequência das seguintes causas: deposição dos sais presentes nas águas utilizadas na irrigação, ascensão dos sais à superfície em virtude do manejo inadequado da irrigação e utilização de fertilizante incluindo-se, aí, os resíduos utilizados para adubação (Condé et al., 2012).

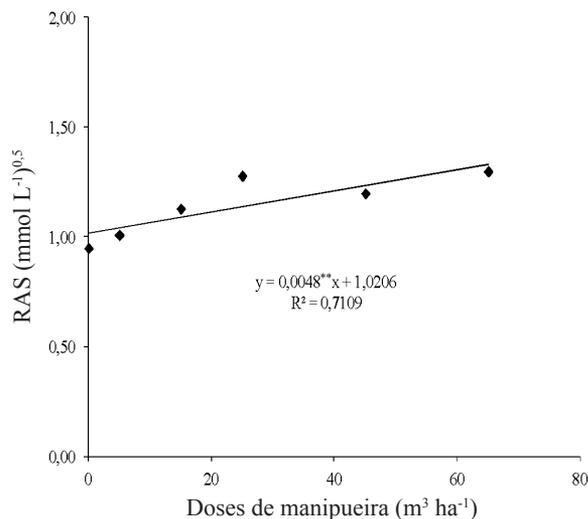
Neste experimento constatou-se tendência à salinização do solo, que pode ser comprovada pelo aumento significativo da CEEs (Figura 3), teor de sódio trocável do solo (Figura 5A) e razão de adsorção de sódio do solo (RAS) (Figura 6), mesmo que apenas no período experimental, a aplicação da manipueira não chegou a salinizar ou sodificar o solo, uma vez que a CEEs foi menor que 4,0 dS m<sup>-1</sup>, o pH foi menor que 8,5 (Figura 2) e a percentagem de sódio trocável (PST) do solo foi menor que 15% para todos os tratamentos, conforme classificação proposta por Richards (1954); assim, é oportuno ressaltar que o uso da manipueira deve ser feito de maneira criteriosa visto que pode haver, a longo prazo, salinização e/ou sodificação do solo devido ao uso do resíduo como fertilizante.

Segundo Malavolta (1997), os teores de cálcio e magnésio trocáveis do solo considerados adequados devem ser maiores



**Figura 5.** Concentrações de sódio (A), cálcio (B) e magnésio (C) e no solo em função das doses de manipueira aplicadas no solo

que 0,4 e 0,1 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>, respectivamente. Observa-se, então, que mesmo com o incremento significativo desses dois cátions devido à aplicação de manipueira, os teores de cálcio ficaram abaixo do índice proposto pelos referidos autores em todos os tratamentos, enquanto os teores de magnésio seriam considerados adequados apenas quando a dose aplicada



**Figura 6.** Razão de adsorção de sódio (RAS) no solo em função das doses de manipueira aplicadas no solo

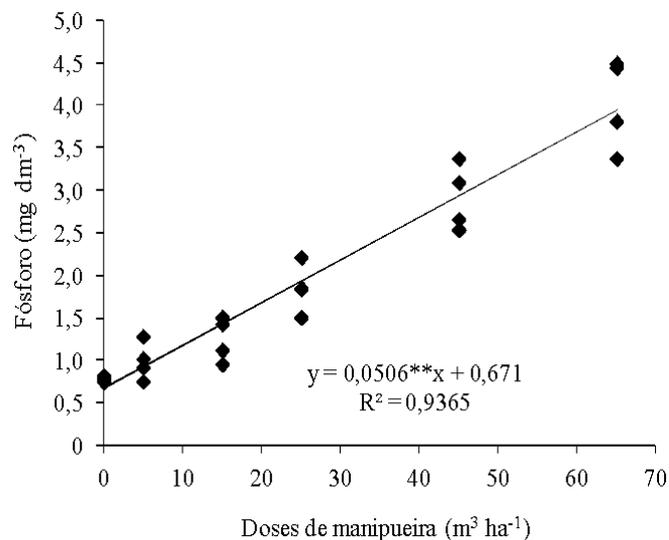
fosse maior que 55 m³ ha⁻¹. Acredita-se que tais fatos estão relacionados à baixa concentração de cálcio e magnésio presente na manipueira (Tabela 2).

Os resultados obtidos neste estudo quanto aos teores de sódio e cálcio trocáveis, se assemelham aos de Mélo et al. (2005) quando observaram incremento de tais cátions no solo em virtude do uso de manipueira em substituição à adubação mineral. As respostas apresentadas com relação aos teores de Mg²⁺ solúvel, corroboram com as observações realizadas por Ribas et al. (2010) ao utilizarem resíduo de feccularia tratado e estabilizado com NaOH para adubação do milho e conseguiram teores de magnésio solúvel semelhantes aos encontrados aos obtidos. Entretanto, Nóvoa-Muñoz et al. (2008) relataram, quando utilizaram efluente gerado na fabricação de vinhos cuja concentração de potássio era de 201 cmolc dm⁻³, que os teores de Ca²⁺, Mg²⁺ e Na⁺ trocáveis permaneceram inalterados após a aplicação do resíduo.

A análise de regressão mostrou efeito altamente significativo da concentração de fósforo disponível em função da aplicação de doses crescentes de manipueira no solo (Figura 7). Observa-se que houve um incremento de 81,2% quando se comparou o teor de P disponível do solo sem manipueira (0,77 mg dm⁻³) com o teor de P do solo que recebeu 65 m³ ha⁻¹ porém, apesar da manipueira ter uma concentração considerável de fósforo e o aumento de tal nutriente no solo ter sido significativo, isto não foi suficiente para elevar os teores de fósforo aos níveis considerados adequados por Malavolta (1997) que variam de 21 a 30 mg dm⁻³ necessitando, portanto, de uma dosagem maior de manipueira para chegar ao patamar sugerido por tais autores em relação ao elemento fósforo.

Infere-se que três fatores tenham contribuído para que o teor de fósforo disponível não tenha sido adequado: pobreza excessiva do solo com relação a este elemento, baixa solubilidade dos compostos de fósforo no solo e formação de compostos não-lábeis, dificultando a absorção das plantas, sobretudo quando se usam resíduos orgânicos como fonte de adubação, conforme assinalam Rolim Neto et al. (2004).

Cardoso et al. (2009) constataram, em experimento de campo, que a aplicação de 4.800 m³ ha⁻¹ manipueira como



**Figura 7.** Concentração de fósforo no solo em função das doses de manipueira aplicadas no solo

fonte de adubação para o milho proporcionou um discreto aumento de 3,40 para 3,70 mg dm⁻³ de fósforo no solo, no período de 20 a 40 dias após o semeio. Por outro lado, Silva et al. (2004) observaram, cultivando sorgo adubado com resíduo tratado proveniente de feccularia em lisímetros instalados em campo, diminuição do fósforo disponível no solo com o aumento das doses de manipueira aplicadas ao solo, sendo que o menor teor (1,63 mg dm⁻³) foi encontrado quando se aplicou uma dose igual a 900 m³ ha⁻¹.

Com base nas respostas obtidas neste experimento e corroborando com Duarte et al. (2012), o uso da manipueira poderia ser utilizado como fonte total ou parcial de adubação devido ao aporte de nutrientes que tal resíduo apresenta, evitando a poluição ambiental gerada pelo descarte indiscriminado da manipueira e minimizando as despesas com aquisição de fertilizantes minerais.

## CONCLUSÕES

1. O uso da manipueira como alternativa à adubação mineral promoveu incremento no pH, na CEEs e nos teores de P e de K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺ e Na⁺ trocáveis.
2. Com relação aos atributos físicos o uso de doses crescentes de manipueira também aumentou o grau de floculação porém diminuiu as argilas dispersas em água do solo.
3. O uso de manipueira como fonte de adubação poderá levar à salinização do solo em cultivos posteriores; entretanto, no período do cultivo desta pesquisa o uso deste efluente não provocou salinização ou sodificação do solo.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Sociedade Nordestina de Ecologia (SNE) e ao Serviço de Tecnologia Alternativa (SERTA) pela concessão da manipueira utilizada no experimento, e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo auxílio financeiro.

## LITERATURA CITADA

- APHA - American Public Health Association, AWWA - American Water Works Association, WPCF - Washington Press Club Foundation. Standard methods for the examination of water and wastewater. 20.ed. Washington: APHA, 2003. 3118p.
- Brito, F. L.; Rolim, M. M.; Pedrosa, E. M. R. Teores de potássio e sódio no lixiviado e em solos após a aplicação de vinhaça. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.9, p.52-56, 2005.
- Campos, A. T.; Daga, J.; Rodrigues, E. E.; Franzener, G.; Suguy, M. M.; Syperrecker, V. I. G. Tratamento de águas residuárias de fecularia por meio de lagoas de estabilização. *Engenharia Agrícola*, v.26, p.235-242, 2006.
- Cardoso, E.; Cardoso, D.; Cristiano, M.; Silva, L.; Back, A. J.; Bernadim, A. M.; Paula, M. M. S. Use of manihot esculenta, crantz processing residue as biofertilizer in corn crops. *Research Journal of Agronomy*, v.3, p.1-8, 2009.
- Condé, M. S.; Homem, B. G. C.; de Almeida Neto, O. B.; Magno, A.; Santiago, F. Influência da aplicação de águas residuárias de criatório de animais no solo: atributos químicos e físicos. *Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável*, v.2, p.99-106, 2012.
- Duarte, A. S.; Silva, E. F. F.; Rolim, M. M.; Ferreira, R. F. A. L.; Malheiros, S. M. M.; Albuquerque, F. S. Uso de diferentes doses de manipeira na cultura da alface em substituição à adubação mineral. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.16, p.262-267, 2012.
- EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Manual de métodos de análises de solo. 2.ed. Rio de Janeiro: CNPS, 1997. 212p.
- EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Sistema brasileiro de classificação de solos. 2.ed. Rio de Janeiro: CNPS, 2006. 306p.
- Fageria, N. K. Nutrient interactions in crop plants. *Journal of Plant Nutrition*, v.24, p.1269-1290, 2001.
- FAO - Food and Agriculture Organization. Produção mundial de mandioca. 2011. <http://www.fao.org>. 18 Mai. 2013.
- Ferreira, R. R. M.; Tavares Filho, J.; Ferreira, V. M.; Ralisch, R. Estabilidade física de solo sob diferentes manejos de pastagem extensiva em Cambissolo. *Semina: Ciências Agrárias*, v.31, p.531-538, 2010.
- Fioretto, R. A. Manipeira na fertirrigação: efeito sobre a germinação e a produção de algodão (*Gossypium hirsutum*, L.) e milho (*Zea mays*, L.). *Semina: Ciências Agrárias*, v.8, p.17-20, 1987.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Estatística da produção de mandioca: estimativa para o ano de 2011. [http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/lspa/estProdAgr\\_201012.pdf](http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/lspa/estProdAgr_201012.pdf)
- Inoue, K. R. A.; Souza, C. F.; Matos, A. T.; Santos, N. T.; Alves, E. E. N. Características do solo submetido a tratamentos com biofertilizantes obtidos na digestão da manipeira. *Tecnologia & Ciência Agropecuária*, v.4, p.47-52, 2010.
- Lee, J. Effect of application methods of organic fertilizer on growth, soil chemical properties and microbial densities in organic bulb onion production. *Scientia Horticulturae*, v.124, p.299-305, 2010.
- Lunardi Neto, A.; Albuquerque, J. A.; Almeida, J. A.; Mafra, A. L.; Medeiros, J. C.; Alberton, A. Atributos físicos do solo em área de mineração de carvão influenciados pela correção da acidez, adubação orgânica e revegetação. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.32, p.1379-1388, 2008.
- Malavolta, E. Avaliação do estado nutricional das plantas: Princípios e aplicações. 2.ed. Piracicaba: Potafos, 1997. 319p.
- Medeiros, P. R.; Duarte, S. N.; Uyeda, C. A.; Silva, E. F. F.; Medeiros, J. F. de. Tolerância da cultura do tomate à salinidade do solo em ambiente protegido. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.16, p.51-55, 2011.
- Mélo, R. F.; Ferreira, P. A.; Ruiz, H. A.; Matos, A. T.; Oliveira, L. B. O. Alterações físicas e químicas em três solos tratados com água residuária de mandioca. *Irriga*, v.10, p.383-392, 2005.
- Nasu, E. G. C.; Pires, E.; Fermentini, H. N.; Furlanetto, C. Efeito de manipeira sobre *Meloidogyne incognita* em ensaios in vitro e em tomateiros em casa de vegetação. *Tropical Plants Pathology*, v.35, p.32-36, 2010.
- Nóvoa-Muñoz, J. C.; Simal-Gándara, J.; Fernández-Calviño, D.; López-Periago, E.; Arias-Estévez, M. Changes in soil properties and in the growth of *Lolium multiflorum* in an acid soil amended with a solid waste from wineries. *Bioresource Technology*, v.99, p.6771-6779, 2008.
- Pires, A. A.; Monnerat, H. P.; Marciano, C. R.; Pinho, L. G. R.; Zampiroli, P. D.; Rosa, R. C.; Muniz, R. A. Efeito da adubação alternativa do maracujazeiro amarelo nas características químicas e físicas do solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.32, p.1997-2005, 2008.
- Ribas, M. M. F.; Cereda, M. P.; Villas-Boas, R. L. Use of cassava wastewater treated anaerobically with alkaline agents as fertilizer for maize (*Zea mays*, L.). *Brazilian Archives of Biology and Technology*, v.53, p.55-62, 2010.
- Richards, L. A. Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. Washington: US Department of Agriculture, 1954. 160p.
- Rolim Neto, F. C.; Schaefer, C. E. G. R.; Costa, L. M.; Corrêa, M. M.; Fernandes Filho, E. I.; Ibraimo, M. M. Adsorção de fósforo, superfície específica e atributos mineralógicos em solos desenvolvidos de rochas vulcânicas do Alto Paranaíba (MG). *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.28, p.953-964, 2004.
- Saraiva, F. Z.; Sampaio, S. C.; Silvestre, M. G.; Queiroz, M. M. F. de; Nóbrega, L. H. P.; Gomes, B. M. Uso de manipeira no desenvolvimento vegetativo do milho em ambiente protegido. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.11, p. 30-36, 2007.
- Silva, F. F. da; Freitas, P. S. L.; Bertonha, A.; Rezende, R.; Gonçalves, A. C. A.; Dallacort, R. Impacto da aplicação de efluente maturado de fecularia de mandioca em solo e na cultura do sorgo. *Acta Scientiarum Agronomy*, v.26, p.421-427, 2004.

Silva Júnior, J. J.; Coelho, E. F.; Santa'Ana, A. V.; Santana Júnior, E. B.; Pamponet, A. J. M. Uso da manipueira na bananeira 'Terra Maranhão' e seus efeitos no solo e na produtividade. *Irriga*, v.17, p.353-363, 2012.

Souza, D. M. G.; Miranda, L. N.; Oliveira, S. A. Acidez do solo e sua correção. In: Novais, R. F.; Alvarez V., V. H.; Barros, N. F.; Fontes, R. L. F.; Cantarutti, R. B.; Neves, J. C. L. *Fertilidade do solo*. Viçosa: SBCS, 2007. Cap.5, p.205-275.