

INTERAÇÃO DA ADUBAÇÃO ORGANO-MINERAL NOS ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO NA CULTURA DO MELÃO EM MOSSORÓ – RN - BRAZIL

José Roberto de Sá

Bolsista PNPD/CAPES/FITOTECNICA/UFERSA. Email: sajrobert@yahoo.com.br

Alisson Emerson Saldanha de Oliveira

Engenheiro Agrônomo/UFERSA. Email: alissonemerson@hotmail.com

José Francismar de Medeiros

Engenheiro Agrônomo, pesquisador I-D docente permanente dos Programas de Pós-graduação em Fitotecnia e do de Irrigação e Drenagem da UFERSA. Email: jose.francismar@pq.cnpq.br

Narjara Walesa Nogueira

Graduanda em Agronomia - Deptº. de Ciências Vegetais, UFERSA - 59625-900, Mossoró - RN.
Email: narjarawalessa@yahoo.com.br

Cybelle Barbosa e Silva

Professora Adjunta da UFERSA, Campus de Angicos

RESUMO – Com o objetivo de avaliar o efeito do adubo orgânico na presença da adubação mineral utilizada pelo produtor sobre as características químicas do solo, foi conduzido um experimento, na fazenda Pedra Preta, Cooperativa coopyfruta, no município de Mossoró-RN, no período de outubro a dezembro de 2008. O delineamento experimental utilizado foi o bloco casualizado simples com seis doses de torta de mamona utilizada como adubo orgânico em quatro blocos, totalizando 24 unidades experimentais. Os tratamentos foram constituídos de seis doses (0; 2; 4; 6; 8; 10 t ha⁻¹). As amostras de solos foram analisadas quimicamente para determinação do pH, e dos teores de P, K, Ca, Mg, (H + Al), Al³⁺ e matéria orgânica, calculando-se a capacidade de troca de cátions a pH 7 (T) e capacidade de troca de cátions efetiva CTCe ou (t), conforme metodologia descrita pela EMBRAPA. O pH do solo reduziu com as doses do adubo orgânico. A disponibilidade do K aumentou com as doses do adubo orgânico adicionado ao solo. A disponibilidade do P e o teor de matéria orgânica foram maiores no solo cultivado com 10 t ha⁻¹ do adubo orgânico. A disponibilidade do Ca e Mg foi maior no solo cultivado com 6 t ha⁻¹ do adubo orgânico. A CTCe e a CTC a pH 7, também foram maiores no solo cultivado com 6 t ha⁻¹ do adubo orgânico, embora os valores obtidos sejam considerados baixos.

Palavras-chave: *Cucumis melo* cultivar “Sancho”, disponibilidade, nutrientes, adubo orgânico.

INTERACCIÓN DE LA FERTILIZACIÓN ÓRGANO-MINERALES EN LAS PROPIEDADES QUÍMICAS DE LOS SUELOS EN LA CULTURA DEL MELÓN EN MOSSORÓ – RN - BRAZIL

RESUMEN – Con el objetivo de evaluar el efecto de fertilizantes orgánicos en la presencia de fertilizantes minerales utilizados por el productor en las características químicas del suelo, se realizó un experimento en la Granja Pedra Preta, Coopyfruta Cooperativa en la ciudad de Mossoró-RN, en el período de octubre a diciembre de 2008. El diseño experimental fue de bloques al azar con seis dosis únicas de torta de ricino como abono orgánico en cuatro bloques, por un total de 24 unidades experimentales. Los tratamientos consistieron en seis dosis (0, 2, 4, 6, 8, 10 t ha⁻¹). Las muestras fueron analizadas quimicamente para determinar el pH y la concentración de P, K, Ca, Mg, (H + Al), Al³⁺ y materia orgánica, el cálculo de la capacidad de intercambio catiónico a pH 7 (T) y la capacidad eficaz de intercambio catiónico CTCe o (t), según la metodología descrita por EMBRAPA. El pH del suelo disminuyó con la dosis de fertilizante orgánico. La disponibilidad de K se incrementó con las dosis de abono orgánico añadido al suelo. La disponibilidad de P y materia orgánica del suelo fueron mayores en menores de 10 t ha⁻¹ de abono orgánico. La disponibilidad de Ca y Mg fue mayor en el suelo cultivado con 6 t ha⁻¹ de abono orgánico. La CTCe y la CTC a pH 7, también fueron más altos en el suelo cultivado con 6 t ha⁻¹ de abono orgánico, mientras que los valores obtenidos se considera baja.

Palabras-llaves: *Cucumis melo* cultivar “Sancho”, disponibilidad, nutrientes, abono orgánico.

INTERACTION OF ORGANO-MINERAL FERTILIZATION ON SOIL IN THE CULTURE OF MELON IN MOSSORÓ - RN - BRAZIL

ABSTRACT – Aiming to evaluate the effect of organic fertilizer in the presence of mineral fertilizer used by the producer on soil chemical characteristics, an experiment was conducted in the Pedra Preta Farm, Cooperative coopyfruta in the city of Mossoró-RN, in the period from October to December 2008. The experimental design was randomized block with six single doses of castor presscake used as organic fertilizer in four blocks, totaling 24 experimental units. The treatments consisted of six doses (0, 2, 4, 6, 8, 10 t ha⁻¹). The samples were chemically analyzed to determine pH, and concentration of P, K, Ca, Mg, (H + Al), Al³⁺ and organic matter, calculating the capacity of cation exchange at pH 7 (T) exchange capacity and effective CTCe or (t), according to methodology described by EMBRAPA. Soil pH decreased with the doses of organic fertilizer. The availability of K increased with the doses of organic fertilizer added to soil. The availability of P and organic matter content were higher in soil under 10 t ha⁻¹ of organic fertilizer. The availability of Ca and Mg was higher in soil cultivated with 6 t ha⁻¹ of organic fertilizer. The CTCe and CTC at pH 7, were also higher in soil cultivated with 6 t ha⁻¹ of organic fertilizer, while the values obtained are considered low.

Keywords: *Cucumis melo* cultivar “Sancho”, availability, nutrients, organic fertilizer.

INTRODUÇÃO

O melão (*Cucumis melo* L.) é uma cultura de clima tropical exigente em calor, insolação e baixa umidade relativa do ar para o seu desenvolvimento e produção. Por isso, seu cultivo se restringe mais às regiões quentes e secas, como por exemplo, o Nordeste do Brasil (CARVALHO, 2006).

A fruticultura da região semi-árida tem grande importância sócio-econômica para o Estado do Rio Grande do Norte, pois, gera cada vez mais empregos e renda na região. Contudo, o cultivo de melão no Estado do Rio Grande do Norte é fundamentado em uma agricultura de alta utilização de insumos, como fertilizantes minerais, uso de fertirrigação e adubação foliar como principais vias de aplicação dos nutrientes durante o ciclo da cultura. Essa agricultura é feita baseada na exigência nutricional do melão que é uma das cucurbitáceas mais exigentes em relação à adubação. O grande problema que vem surgindo com a adição de doses excessivas da maioria dos fertilizantes químicos é o custo muito elevado com a produtividade e os danos causados ao meio ambiente podendo tornar essa prática agrícola insustentável (OLIVEIRA et al., 2010).

Para manter a qualidade do solo e a produtividade biológica, é necessário monitorar os solos cultivados e sugerir modificações nos seus sistemas de manejo, visando evitar sua degradação, definindo os atributos dos solos e do ambiente sensíveis ao manejo, na qual é de fácil determinação, como por exemplo, a presença da matéria orgânica no solo. A capacidade produtiva do solo, bem como sua manutenção, está estritamente ligada à manutenção da sua biodiversidade e das características necessárias para que ela possa exercer sua atividade biológica (LARSON; PIRCE, 1994).

A maior parte dos solos das regiões tropicais apresenta baixa fertilidade natural, devido principalmente aos baixos teores de matéria orgânica e pela limitação do P disponível. A adição de resíduos orgânicos ao solo aumenta as cargas negativas do solo, proporcionando maior disponibilidade dos nutrientes às plantas. Como os custos dos fertilizantes sintéticos são muito elevados, além dos seus efeitos impactantes ao solo e ao ambiente, a fertilidade desses solos, depende do manejo da matéria orgânica no solo (SALCEDO, 2004).

A manutenção da matéria orgânica em regiões semi-áridas é claramente um dos fatores principais no desenvolvimento de agroecossistemas sustentáveis. Esses sistemas necessitam da conservação ou aumento do recurso solo em longo prazo, sendo essencial que a matéria orgânica do solo seja mantida. Uma redução no conteúdo de matéria orgânica do solo é um indicador da queda de qualidade da maioria dos solos. Isso acontece por que a matéria orgânica do solo é extremamente importante em todos os processos biológicos, físicos e químicos (STEWART; ROBINSON, 1997).

A Torta de Mamona é o subproduto da extração do óleo das sementes da Mamona (*Ricinus communis* L.), oleaginosa que se adapta perfeitamente ao semi-árido brasileiro, conferindo ao Brasil condição de destaque, frente aos países produtores tradicionais como a Índia e a China. A utilização da torta de mamona na agricultura como adubo orgânico deve-se ao fato do seu baixo valor agregado quando comparado com sua aplicação como alimento animal. Além disso, outro fator importante é o seu elevado teor de nitrogênio e a presença de outros macronutrientes tornando-lhe um excelente adubo que contribui também para o fornecimento de matéria orgânica para o solo (SILVA, 1971).

Diante do exposto, o presente trabalho teve como objetivo avaliar a eficiência agrônômica das doses de torta de mamona nos atributos químicos do solo.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado na Fazenda Pedra Preta, Cooperativa coopyfruta, no município de Mossoró-RN, no período de outubro a dezembro de 2008, num Argissolo Vermelho Amarelo (EMBRAPA, 2006), o qual apresentou inicialmente, na camada arável, os seguintes atributos químicos: pH em água = 6,7; matéria orgânica = 0,31 %; P = 50,1 mg dm⁻³; K⁺ = 97,9 mg dm⁻³; Na⁺ = 49,5 mg dm⁻³; Ca²⁺ = 1,90 cmol_c dm⁻³; Mg²⁺ = 0,70 cmol_c dm⁻³; Al³⁺ = 0,00; (H+Al) = 0,66 cmol_c dm⁻³; capacidade de troca de cátions efetiva (t) = 3,07 cmol_c dm⁻³; capacidade de troca de cátions a pH 7 ou total (T) = 3,73; saturação por bases (V%) = 82% e os atributos físicos: areia grossa = 0,61 g kg⁻¹; areia fina = 0,28 g kg⁻¹; silte = 0,03 e argila = 0,08 g kg⁻¹ (EMBRAPA, 1997). A região cujo experimento foi instalado situa-se nas coordenadas geográficas 5°11' de latitude sul e 37° de longitude oeste. Segundo a classificação de Köppen, O clima local é do tipo BSw^h com base na classificação de Köppen e a média anual de precipitação é da ordem de 678 mm. As médias anuais de temperatura e umidade relativa são 27,4°C, 68,9%, respectivamente (CARMO FILHO; OLIVEIRA, 1995).

Logo após a delimitação da área, foi realizado o preparo do solo que consistiu de uma aração e gradagem seguido da abertura dos sulcos, adubação de fundação com adubo mineral 400 kg ha⁻¹ da formulação (06-24-12), nivelamento e posteriormente colocado mulch plástico para inibir a competição das plantas invasoras com as plantas de melão. O fornecimento de água se deu via sistema de irrigação localizada por gotejamento, cuja vazão por emissor foi da ordem de 1,5 L h⁻¹ e a incorporação da torta de mamona feita de forma manual e localizada. Após obtenção das mudas, estas foram transplantadas. Utilizou-se o melão Pele de sapo, cultivar "Sancho" na qual tem uso difundido na região. Foi realizada fertirrigação ao longo do ciclo da cultura utilizando CO(NH₂)₂, KNO₃, CaNO₃, MAP, HNO₃, KCl, aplicando até o final do ciclo da cultura. Durante o experimento P e K, foram aplicados na fertirrigação. Os demais tratamentos culturais foram realizados de acordo com as necessidades ao longo do ciclo da cultura. A composição química do adubo orgânico apresentou as seguintes concentrações de macronutrientes: N = 32,8 g kg⁻¹; P = 10,83 g kg⁻¹; K = 6,17 g kg⁻¹; Ca = 3,55 g Kg⁻¹ e Mg = 4,79 g kg⁻¹.

O delineamento experimental utilizado foi o bloco casualizado simples com seis doses de torta de mamona utilizado como adubo orgânico em quatro blocos, totalizando 24 unidades experimentais. Os tratamentos foram constituídos de seis doses (0; 2; 4; 6; 8; 10 t ha⁻¹). Cada unidade experimental compreendeu uma área de 15 m², correspondendo uma área total de (24 x 15) = 360 m².

Quatro dias antes da primeira colheita, foi feita uma amostragem de solo. A coleta das amostras simples foi feita no meio do sulco, abrindo-se covas de 20x20x20cm com uma pá de corte, cortando-se num dos lados uma fatia de solo de cima para baixo até os 20 cm de profundidade. Foram feitas seis amostras simples por parcela, próximo ao sistema radicular de seis plantas, sendo duas em cada extremidade e duas no centro da parcela. As mostras simples da parcela foram homogeneizadas para se obter uma amostra composta, prosseguindo dessa forma para as demais parcelas.

As análises químicas foram efetuadas em terra fina seca ao ar (TFSA), coletadas na camada de 0,20m obtidas das parcelas ou unidades experimentais, entre seis plantas de melão entre 0,20m uma da outra em cada parcela nas quais foram submetidas às análises necessárias efetuadas pelos métodos utilizados no Laboratório de Solos e Plantas do Departamento de Ciências Ambientais da UFRSA. O pH foi determinado pelo método potenciométrico em água na relação 1:2,5 de solo: água. O K e P foram extraídos pelo extrator Mehlich-1. O K foi determinado pelo fotômetro de chama e o P pelo método do ácido ascórbico. O Ca e Mg trocáveis, extraídos com KCl 1,0 mol L⁻¹, e determinados por Complexometria, EDTA (EMBRAPA, 1997). A soma de base foi feita somando-se as bases trocáveis (K, Ca, Mg e Na). A capacidade de troca de cátions efetiva (CTCe) ou (t) foi feita somando-se as bases trocáveis e a acidez trocável (Al³⁺). A capacidade de troca de cátions a pH 7 ou total (CTC a pH 7) ou (T) foi feita somando-se a soma de bases mais a acidez potencial (H+Al). Os resultados das variáveis obtidos foram submetidos à análise de variância e regressão realizadas com o auxílio do software SISVAR (FERREIRA, 2000), cujas equações foram ajustadas em função das doses do adubo orgânico adicionadas ao solo.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

O valor de pH reduziu linearmente com a adição das doses do adubo orgânico adicionado ao solo, cujo valor variou de 6,0 para 5,0 reduzindo 1 unidade (Figura 1). Conforme a média estimada ocorreu redução do pH na presença da maior dose (10 t ha⁻¹) do adubo orgânico adicionado ao solo. Esses resultados podem ser explicados devido à matéria orgânica funcionar como um ácido fraco, agindo como par conjugado de ácido e base.

Em condições de fertilidade natural do solo, o solo apresentou pH 6,7 antes do plantio, onde dentro de tantas explicações mesmo nas condições naturais de matéria orgânica do solo, a redução do pH na presença da planta pode ser explicado pela modificação de um microsítio ou microhabitat nas proximidades das raízes das plantas, ocorrendo uma maior absorção de cátions, como por exemplo, NH₄⁺ mais do que ânions NO₃⁻ e ao mesmo tempo a exsudação ou efluxo de prótons (H⁺) mudando as condições químicas a nível de rizosfera nesse caso acidificando o solo, ou seja, reduzindo o pH. Essas observações estão de acordo com Lorenz et al., (1994) ao

observarem que a planta pode fazer com que o pH da rizosfera seja inferior ao da massa do solo adjacente ou solo não rizosférico proporcionando a acidez do solo.

Outra reação provável que favorece a redução do pH é a oxidação biológica dos compostos orgânicos ao liberar

também além do N, o S que ao sofrer oxidação, pode liberar prótons (H^+) na solução do solo após a mineralização do material orgânico oriundo do adubo orgânico adicionado ao solo (POCKNEE e SUMNER, 1997; SOUSA et al., 2007).

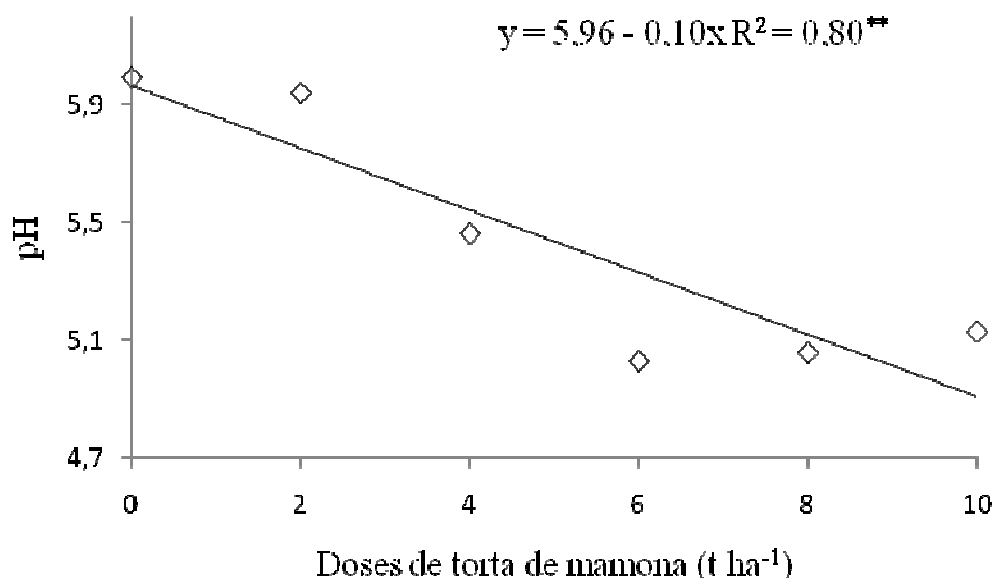


Figura 1. Valor do pH de um Argissolo Vermelho Amarelo adubado com adubação organo-mineral (**) significativo a 1%.

O índice de pH em água numa classificação agrônômica considerada adequada varia no intervalo de 5,5 a 6,0 (ALVAREZ V et al., 1999). Nessas condições às plantas apresentam maior habilidade para absorver os nutrientes do solo. Com a adição de matéria orgânica ao solo pode aumentar ou reduzir o pH do solo, dependendo da predominância dos processos que consomem ou liberam H^+ . A redução do pH em solos alcalinos em decorrência da influência da matéria orgânica é devido ao aumento na concentração de CO_2 durante o processo de decomposição/mineralização, promovendo o aumento da concentração de ácido carbônico ao solo, que ao reagir com a água formam ácidos carbônicos e subsequente a dissociação dos ácidos carbônicos liberam H^+ na solução do solo, reduzindo o pH (POCKNEE e SUMNER, 1997; SOUSA et al. 2007).

Resultados semelhantes em relação ao efeito dos resíduos orgânicos sobre o pH são relatados por (CHAVES e CALEGARI, 2001), que observaram redução do pH do solo em função da adubação verde. No entanto, Nascimento et al. (2003) obtiveram resultados contrastantes, obtendo redução da acidez do solo, ou seja, aumento do pH com o uso de leguminosas. Contudo, Lacerda e Silva (2006), também observaram redução do pH, com o uso de feijão-de-porco, enquanto que,

Heinrichs et al. (2005), constataram que o uso de adubo verde não influenciou no pH do solo.

O teor de P no solo (Figura 2) apresentou efeito significativo, com menor teor disponível médio em torno de $81,41 \text{ mg dm}^{-3}$ na presença das doses intermediárias (2, 4, 6 e 8 t ha^{-1}), sendo inferior aos teores disponíveis do solo em que não se adicionou o adubo orgânico que foi de $97,82 \text{ mg dm}^{-3}$, porém, os teores disponíveis de P foram superiores com adição da dose 10 t ha^{-1} de torta de mamona adicionada ao solo, cujos teores foram $122,02 \text{ mg dm}^{-3}$.

Os resultados obtidos podem ser explicados pelo fato da adição química do fertilizante ao solo, somado ao P residual do solo ($50,1 \text{ mg dm}^{-3}$) apresentar disponibilidade no solo maior em relação às doses intermediárias devido sua composição química disponibilizar $10,83 \text{ mg dm}^{-3}$ de P e mais provável a maior disponibilidade de Ca no solo na presença das doses intermediárias, já na presença da adição de 10 t ha^{-1} da torta de mamona, foi possível obter maior disponibilidade de P no solo superior as condições naturais de fertilidade, provavelmente devido a maior disponibilidade de K que inibiu o Ca, que por sua vez evitou a precipitação dos íons fosfatos, aumentando sua disponibilidade.

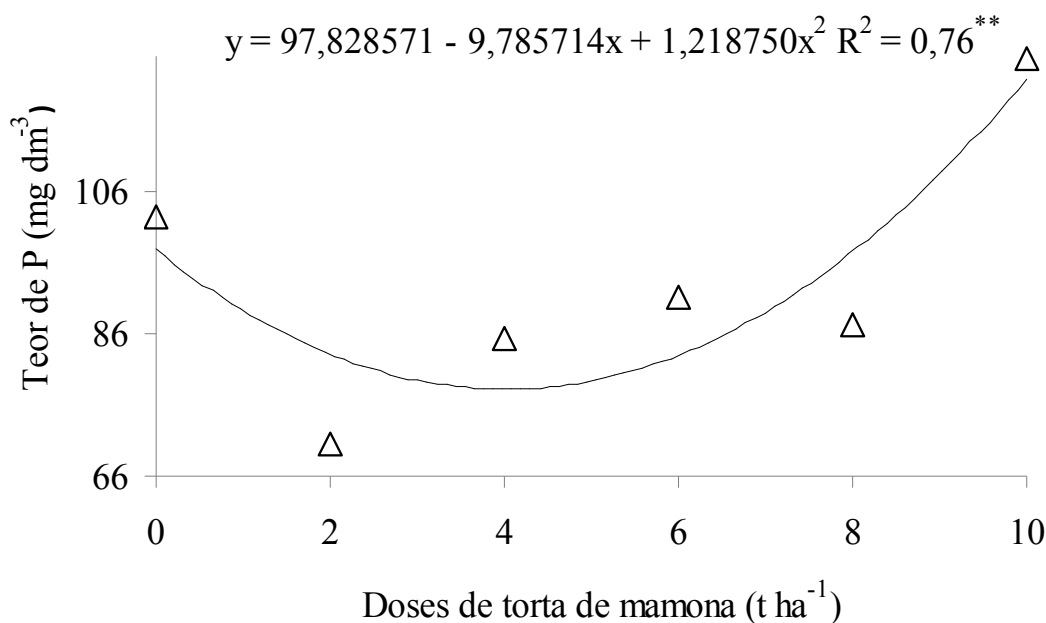


Figura 2. Teor de P disponível (mg dm⁻³) um Argissolo Vermelho Amarelo adubado com adubação organo-mineral (***) significativo a 1%.

De acordo com Alvarez V et al., (1999) que consideram a concentração acima de 45 mg dm⁻³ de P disponível elevado no solo com teor de argila variando de 0 a 15%, os teores de P disponível no solo são elevados principalmente quando se adicionou 10 t ha⁻¹ do adubo orgânico avaliado. Esses resultados são explicados pela provável maior complexação de íons Ca²⁺ aos grupos funcionais dos ácidos orgânicos do solo fornecido pelo adubo orgânico adicionado ao solo, contribuindo com a desorção do P precipitado com Ca no solo e pelo favorecimento do transporte de íons fosfatos a solução do solo, promovido pela maior umidade do solo, aumentando o fluxo difusivo do P na solução.

A maior adsorção de Ca às cargas negativas das superfícies das frações orgânicas fornecidas ao solo pela mineralização e humificação do adubo orgânico avaliado favoreceu a disponibilidade de P no solo. Através dessa ligação eletrostática dos íons Ca²⁺ às cargas negativas dos grupos funcionais da matéria orgânica, reduziu a formação de compostos insolúveis dos íons fosfato (H₂PO₄⁻), aumentando sua disponibilidade no solo.

Azevedo et al. (2004) ao avaliarem a disponibilidade de P sob efeito residual de calcário, gesso e esterco de curral, observaram diminuição da adsorção do P no solo e conseqüentemente o aumento de sua disponibilidade para as plantas. Segundo Haynes (1984), o solo adsorve ácidos

orgânicos com grande energia, competindo com os sítios de adsorção de P, aumentando sua disponibilidade às plantas, por reduzir a precipitação dos íons fosfatos (H₂PO₄⁻) com o Ca²⁺ trocável. Outro aspecto importante sobre a disponibilidade do P orgânico é a atividade da enzima fosfatase, principalmente na rizosfera, devido seu papel sobre a degradação dos compostos orgânicos fosfatados, liberando o fosfato de forma mais rápida para a solução do solo.

As observações sobre o aumento da disponibilidade de P no solo podem ser explicadas também por Lorenz et al., (1994) ao observarem que com a acidificação na rizosfera, ocorreu maior solubilização do P e conseqüentemente aumentando sua disponibilidade no solo e a retenção do Ca aos colóides do solo, devido a um ligeiro aumento da CTC, levando a crer que a dissolução do P para suprir a planta é mais dependente do solo como dreno de Ca e a planta como dreno de P e fonte de prótons (H⁺) (BARBER, 1974).

Os teores disponíveis de K no solo (Figura 3) aumentaram significativamente com as doses de torta de mamona adicionada ao solo, cujos teores variam de 60,60 cmol_c dm⁻³ na ausência do adubo orgânico avaliado, aumentando para 115,20 cmol_c dm⁻³ quando foram adicionados 10 t ha⁻¹ da torta de mamona.

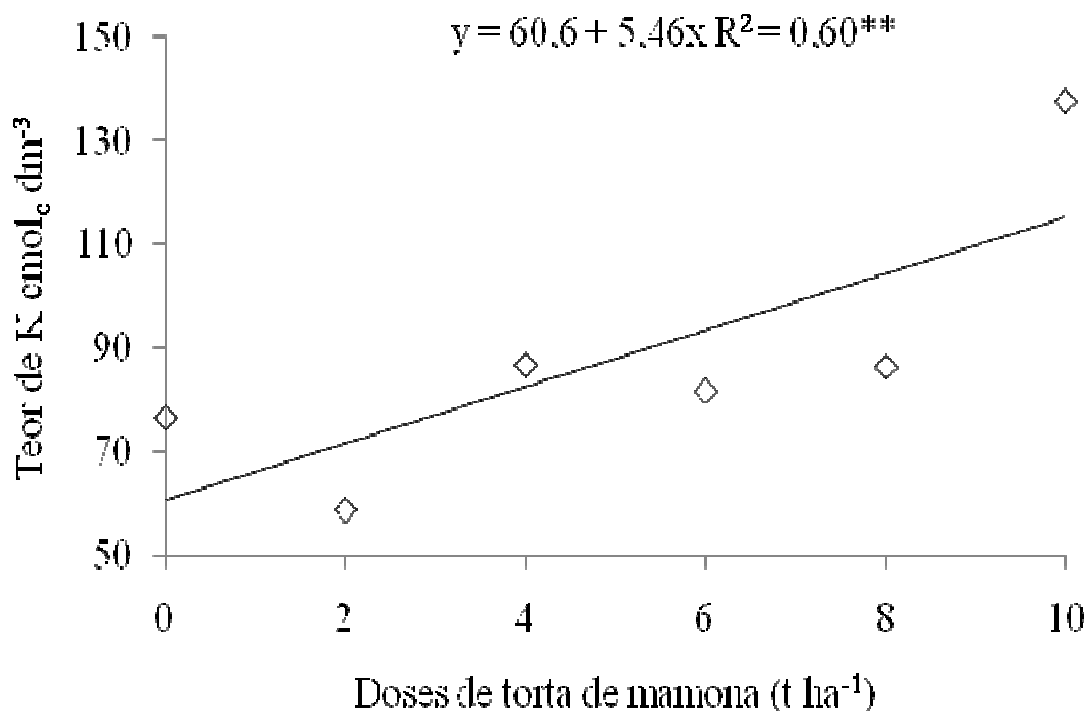


Figura 3. Teor de K disponível (cmol_c dm⁻³) um Argissolo Vermelho Amarelo adubado com adubação organo-mineral (**) significativo a 1%.

Apesar da maior quantidade de K no solo fazer parte da estrutura dos minerais primários ou secundários e não fazer parte de nenhuma fração orgânica abiótica do solo, por não se integrar a nenhum composto orgânico estável, com os resultados obtidos observa-se a importância da adição de resíduo orgânico ao solo, não só pela liberação direta de nutrientes, que nesse caso do adubo orgânico disponibilizou 6,17 cmol_c dm⁻³ ao solo, mas também pela capacidade de aumentar a disponibilidade do nutriente no solo, devido à forma trocável do K⁺ ao se ligar as cargas negativas das superfícies das frações orgânicas, evitarem sua lixiviação, ressuprindo o K⁺ absorvido da solução do solo pelas plantas de forma sincronizada com a exigência das plantas.

O teor de K 60,60 cmol_c dm⁻³ que corresponde a 23,65 mg dm⁻³ disponíveis no solo na ausência da adição do adubo orgânico pode é considerado como baixo, conforme a concentração proposta por Alvarez V et al., (1999) que consideram uma concentração baixa de K disponível no solo, com teores variando de 16 a 40 mg dm⁻³. No entanto, com os teores obtidos com a dose de 10 t ha⁻¹ do adubo

orgânico no solo, a disponibilidade de K 115,20 cmol_c dm⁻³ que corresponde a 44,98 mg dm⁻³ segundo proposta de Alvarez V et al., (1999) considera-se essa disponibilidade de K como média, cujos teores médios considerados pelos autores são encontrados numa faixa de 41 a 70 mg dm⁻³. Resultado semelhante foi encontrado por Nascimento et al. (2003) e Faria et al. (2007), ao constatarem aumento de potássio no solo, com o uso de leguminosas como adubo verde. Lacerda e Silva (2006) observaram aumentos do teor potássio no solo, utilizando feijão-de-porco, com adubo verde.

Com relação aos teores de cálcio do solo (Figura 4) variaram de 2,12 cmol_c dm⁻³ na ausência do adubo orgânico adicionado ao solo, proporcionando maior disponibilidade de Ca 3,04 cmol_c dm⁻³ quando foram adicionados 6 t ha⁻¹ do adubo orgânico reduzindo com as maiores doses 10 t ha⁻¹ do adubo orgânico, cujo teor reduziu para 2,62 cmol_c dm⁻³, no entanto, o teor de Ca disponível no solo na presença das doses do adubo orgânico adicionadas, foi superior ao Ca disponível no solo em que não se adicionou o adubo orgânico.

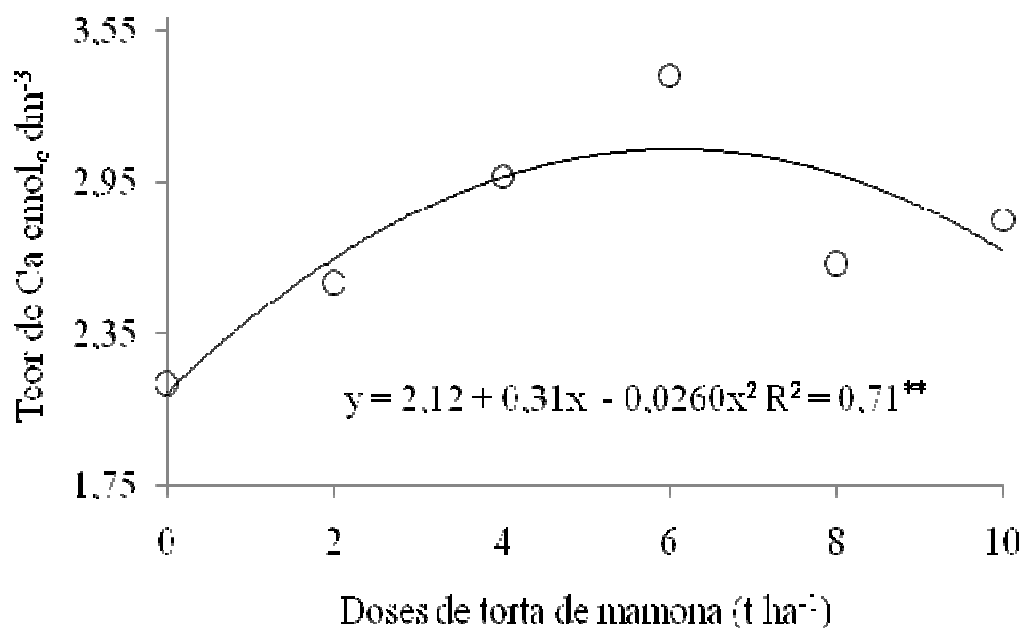


Figura 4. Teor de Ca disponível (cmol_c dm⁻³) um Argissolo Vermelho Amarelo adubado com adubação organo-mineral (***) significativo a 1%.

A disponibilidade do Ca na ausência do adubo orgânico é considerada média, conforme resultados de Alvarez V et al., (1999) que consideram como disponibilidade média teores variando entre 1,21 a 2,40 cmol_c dm⁻³, no entanto, quando foram adicionados 6 t ha⁻¹ do adubo orgânico, a disponibilidade de Ca foi considerada alta, apresentando teores disponíveis entre a faixa 2,41 a 4,00 cmol_c dm⁻³ (ALVAREZ V et al. 1999).

Os resultados podem ser explicados pela própria composição química do adubo orgânico que apresentou teor de 3,55 g kg⁻¹ de Ca disponibilizado ao solo, mostrando-se superior aos teores obtidos na condição de matéria orgânica natural do solo. Sua redução com a maior dose do adubo orgânico adicionado ao solo, provavelmente seja atribuída à maior concentração de K liberada pelo adubo orgânico utilizado que foi de 6,17 g Kg⁻¹ e pela adição química do K no solo, ou pela complexação dos íons de Ca²⁺ aos grupos funcionais dos ácidos orgânicos liberados ao solo. As concentrações maiores de K no solo reduziram a disponibilidade do Ca no solo por serem íons antagônicos, causando a inibição do outro.

Outra explicação é dada pela maior afinidade do Ca em ser complexado pelas cargas negativas das superfícies das frações orgânicas, devido o Ca ser mais retido aos colóides do solo, que o K, representando maior poder tampão do Ca aos colóides orgânicos e minerais do solo, em decorrência da maior reação do Ca com os grupamentos funcionais das substâncias húmicas da fração orgânica do solo. Mendonça et al. (2006) ao avaliarem o poder tampão do solo medido com Ca(OH)₂, observaram maior poder tampão do solo com a dissociação desse

extrator, liberando Ca que ao reagir com os grupamentos carboxílicos dos ácidos fúlvicos, torna-se fortemente ligados às cargas negativas dos colóides orgânicos. Os autores observaram que cerca de 30% do Ca aplicado foi complexado com a matéria orgânica do solo em formas não trocáveis.

Os resultados obtidos concordam em parte com os obtidos por Faria et al. (2007), que constataram aumentos nos valores de Ca no solo ao avaliarem os atributos químicos de um Argissolo mediante o uso de adubos verdes em Petrolina-PE. Por outro lado, Centurion et al. (2005) e Menegucci et al. (1995), também verificou aumento do teor de cálcio no solo, com o uso de kudzu tropical e crotalária, respectivamente, como adubo verde. Os usos de leguminosas em consórcio e de adubação orgânica em cobertura promovem o aumento no teor de cálcio do solo (SILVA, 2007). Faria et al. (2004) também observaram que a adubação organo-mineral, utilizando adubo verde com leguminosas proporcionou valores mais elevados dos teores de Ca trocável em relação ao solo cultivado apenas com adubação mineral.

Os teores de Mg²⁺ (Figura 5) apresentaram efeito significativo com comportamento semelhante ao do Ca, cujos teores aumentaram com a adição do adubo orgânico ao solo, com teor de 0,39 cmol_c dm⁻³ disponível no solo sem adubação orgânica, apresentando teor máximo 1,62 cmol_c dm⁻³, quando foi adicionado 6 t ha⁻¹ de adubo orgânico, reduzindo para 1,40 cmol_c dm⁻³ com a dose 10 t ha⁻¹, no entanto, na presença do adubo orgânico adicionado ao solo, a disponibilidade de Mg no solo foi maior quando comparado ao solo sem adubação orgânica.

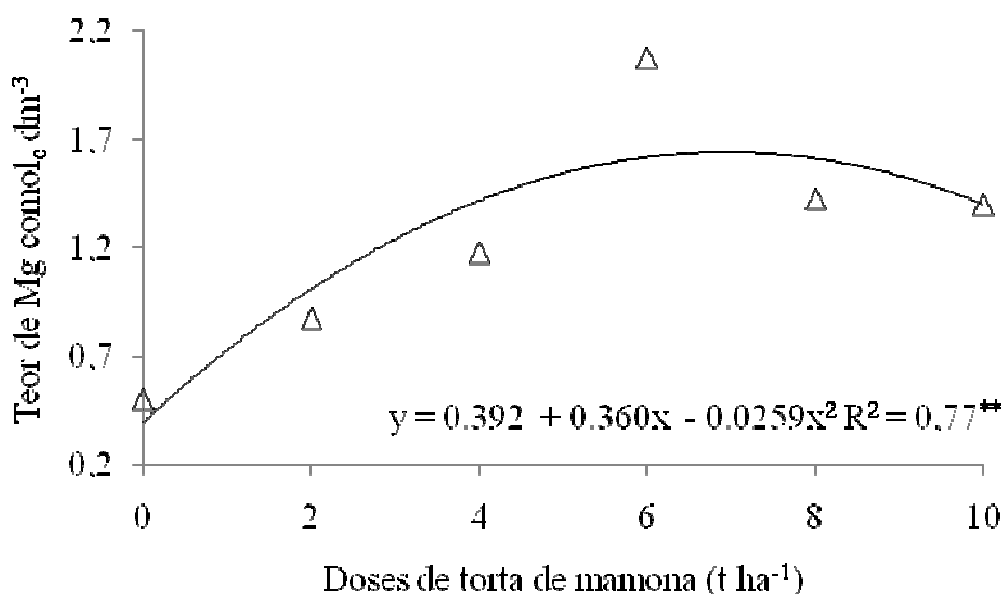


Figura 5. Teor de Mg disponível (cmol_c dm⁻³) um Argissolo Vermelho Amarelo adubado com adubação organo-mineral (**) significativo a 1%.

A disponibilidade do Mg no solo é explicada pela maior disponibilidade de K, favorecido pela adição do adubo orgânico, promovendo maior fluxo difusivo do K reduzindo a disponibilidade de Mg. O Mg semelhante ao Ca tem sua disponibilidade no solo afetada pela presença de outros cátions em maior concentração. A adubação de K no solo cultivado com melão, e a maior disponibilidade de K na presença da maior dose do adubo orgânico ao solo, provavelmente devido sua maior disponibilidade de K, conforme sua composição química reduziu a disponibilidade do Mg no solo.

Atribui-se ainda além dos fatores já citados sobre a redução da disponibilidade do Mg no solo em relação à maior dose da torta de mamona adicionada ao solo também a maior disponibilidade de K⁺ no solo que foi de 6,17 g Kg⁻¹ e 4,79 g Kg⁻¹ de Mg²⁺ e como esses íons são antagônicos, maior concentração de um inibe a disponibilidade do outro. Os teores de Mg²⁺ 0,39 cmol_c dm⁻³ disponíveis no solo na ausência da adição do adubo orgânico pode ser considerada como baixo conforme a concentração proposta por Alvarez V et al., (1999) que consideram uma concentração baixa de Mg²⁺ disponível com teores variando de 0,16 a 0,45 cmol_c dm⁻³, no entanto na presença das doses 6 e 8 t ha⁻¹ adicionadas ao solo, os teores disponíveis de Mg 1,6 cmol_c dm⁻³ são considerados

muito elevados conforme resultados propostos por Alvarez V et al., (1999) que consideram teores acima de 1,5 cmol_c dm⁻³ muito elevado.

Apesar da maior concentração do Mg disponibilizada pelo adubo orgânico ser maior que a concentração de Ca, observa-se que sua disponibilidade no solo foi menor que o Ca, podendo ser explicado pela própria formação do solo que é mais rico em Ca, pelo desequilíbrio no fornecimento dos cátions (K, Ca e Mg) pelas fontes de fertilizantes adicionados ao solo e pela exigência nutricional da planta. Resultados semelhantes foram encontrados por Moreti et al., (2007) ao observarem efeito significativo no teor de magnésio do solo com a utilização de adubos orgânico, mineral e plantas de cobertura. Do mesmo modo, Centurion et al. (2005), obtiveram aumentos significativos na concentração de Mg do solo, com o manejo de kudzu tropical como adubo verde.

Os teores de matéria orgânica do solo (Figura 6) foram menores na presença das doses intermediárias (2, 4, 6 e 8 t ha⁻¹) cujo teor médio foi de 0,61% quando comparado ao teor de matéria orgânica do solo em condições de fertilidade natural que apresentou um teor de 0,69%, no entanto aumentou para 0,75% quando foi adicionado 10 t ha⁻¹ do adubo orgânico ao solo.

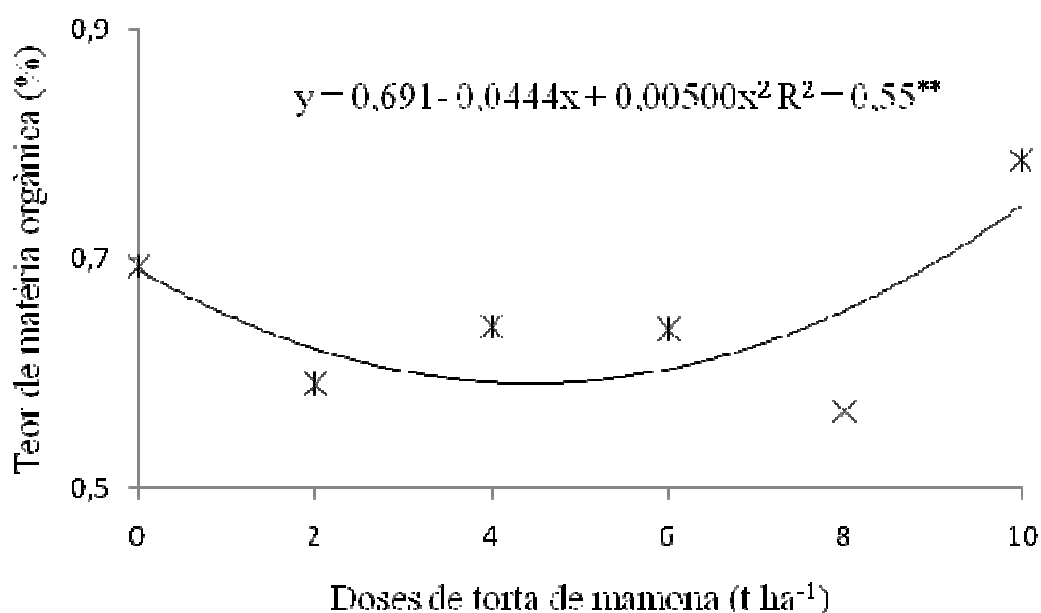


Figura 6. Teor de matéria orgânica do solo (%) em um Argissolo Vermelho Amarelo adubado com adubação organo-mineral (**) significativo a 1%.

Esses resultados explicam que as doses intermediárias do adubo orgânico não foram suficientes em liberar matéria orgânica ao solo, após sua mineralização, superior ao teor de matéria orgânica do solo em suas condições naturais, no entanto, quando foram adicionados 10 t ha⁻¹ do adubo orgânico ao solo, os resultados aumentaram provavelmente não pela total mineralização do material orgânico adicionado ao solo, mas pelo somatório do que já existia no solo e pelo próprio aumento das atividades microbianas no solo favorecendo esse aumento de matéria orgânica total disponível no solo.

Como se observa, o teor de matéria orgânica no solo antes de ser irrigado e cultivado com o melão era de 0,31%, aumentando para 0,69% no solo cultivado na ausência do adubo orgânico representando a importância da umidade do solo, a presença da planta e seu efeito rizoférico exsudando maior concentração de ácido carbônico no solo influenciando as atividades dos microrganismos heterotróficos decompositores para fornecer maior concentração de matéria orgânica mineralizada no solo e contribuir com sua maior fertilidade.

Contudo, ao confrontar esses resultados, aos utilizados por Tomé Jr. (1997) sobre a interpretação quantitativa da matéria orgânica do solo, o solo apresentou teores muito baixo, cujos valores médios estão muito abaixo de 15 mg dm⁻³. No entanto, a matéria orgânica mesmo em baixa concentração apresenta uma alta capacidade de interagir positivamente com a fertilidade do solo, alterando suas propriedades químicas, físicas e biológicas do solo, favorecendo o crescimento e o desenvolvimento das plantas.

Chaves et al. (1997) também verificaram que o amendoim-cavalo utilizado como adubo verde na lavoura do café promoveu melhor fertilidade do solo devido ao aumento dos teores de matéria orgânica do solo, com efeitos benéficos resultando em maiores disponibilidades de nutrientes, contribuindo com a elevação da capacidade de troca de cátions do solo e saturação por bases.

De um modo geral, a capacidade de troca de cátions efetiva (Figura 7) foi aumentada com as doses do adubo orgânico adicionada ao solo, cujo valor variou de 3,01 cmol_c dm⁻³ para 5,56 cmol_c dm⁻³, quando foi adicionada 6 t ha⁻¹, reduzindo para 5,17 cmol_c dm⁻³ quando foi adicionado 10 t ha⁻¹ de torta de mamona.

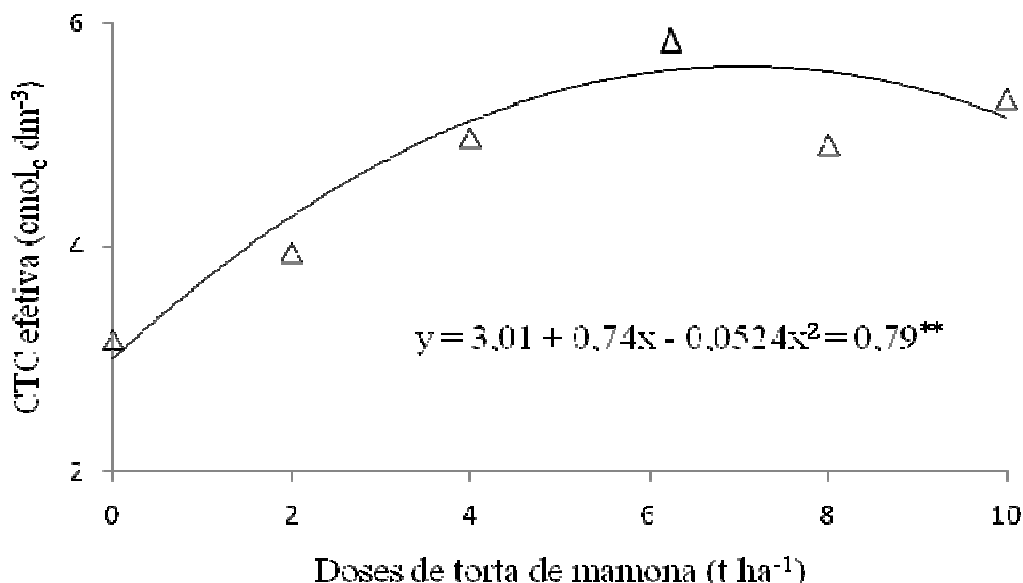


Figura 7. Valor da capacidade de troca de cátions efetiva (t) (cmol_c dm⁻³) um Argissolo Vermelho Amarelo adubado com adubação organo-mineral (**) significativo a 1%.

Os resultados obtidos explicam a condição da matéria orgânica em aumentar as cargas negativas do solo, evitando a lixiviação dos cátions na solução do solo, aumentando sua disponibilidade que é resuprida pela liberação dos cátions retidos na fase sólida do solo, cuja adsorção é eletrostática as cargas negativas dos colóides do solo, como por exemplo, a argila e a matéria orgânica do solo.

Com base em (ALVAREZ V et al., 1999) resultados obtidos sobre a capacidade de troca de cátions efetiva é classificada como baixa em condições de fertilidade natural do solo e média na presença das doses de adubo orgânico adicionadas ao solo, no entanto enquadrando-se

na maioria dos solos brasileiro que apresentam baixa capacidade de troca de cátions.

Chaves et al. (1997) também verificaram que o amendoim-cavalo utilizado como adubo verde na lavoura do café melhorou a fertilidade do solo, por meio do aumento na CTC, soma de bases, os efeitos benéficos foram verificados para a CTC com incrementos de até 46 %.

A capacidade de troca de cátions a pH 7 (Figura 8) foi aumentada com as doses do adubo orgânico adicionado ao solo, cujo valor variou de 3,36 cmol_c dm⁻³ para 6,3 cmol_c dm⁻³, quando se adicionou 6 t ha⁻¹, reduzindo para 6,0 cmol_c dm⁻³ quando foi adicionado 10 t ha⁻¹ do adubo orgânico.

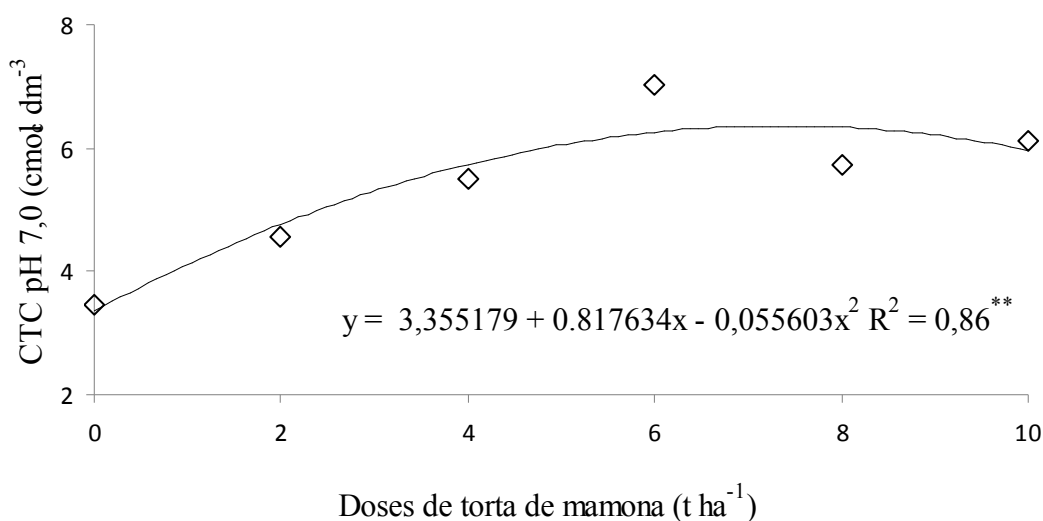


Figura 8. Valor da capacidade de troca de cátions a pH 7 ou total (cmol_c dm⁻³) um Argissolo Vermelho Amarelo adubado com adubação organo-mineral (**) significativo a 1%.

Esses resultados explicam a condição da matéria orgânica do solo em aumentar o poder tampão do solo e conseqüentemente a disponibilidade de cátions na solução do mesmo, que é ressuprida pela liberação dos cátions retidos na fase sólida do solo, cuja adsorção é eletrostática às cargas negativas dos colóides do solo, principalmente as cargas negativas originadas dos grupos carboxílicos e fenólicos dos ácidos orgânicos de baixo peso molecular e das substâncias húmicas que retêm e contribuem com a dessorção dos íons para a solução de forma equilibrada, evitando suas perdas por lixiviação.

Baseado em Alvarez V et al., (1999) resultados obtidos sobre a capacidade de troca de cátions a pH 7, podemos classificar o solo com uma capacidade de troca de cátions a pH 7 muito baixa em condições de fertilidade natural do solo e média na presença das doses de adubo orgânico adicionadas ao solo, no entanto enquadrando-se na maioria dos solos brasileiros que apresentam baixa capacidade de troca de cátions.

A maior capacidade de troca de cátions a pH 7 nas doses intermediárias em relação a maior dose do adubo adicionado ao solo é explicada pela parcial decomposição do material durante o tempo avaliado. Esses resultados são explicados pelo fato do adubo orgânico reciclar maior quantidade de nutriente ao solo à medida que é mineralizado, dependendo da quantidade, qualidade do resíduo orgânico adicionado ao solo e as condições climáticas.

Faria et al. (2004) também observaram que a adubação organo-mineral, utilizando adubo verde com leguminosas proporcionou valores mais elevados para a capacidade de troca de cátions do solo em relação ao solo cultivado apenas com adubação mineral.

CONCLUSÕES

O pH do solo reduziu com as doses do adubo orgânico.

A disponibilidade do P foi maior no solo cultivado com 10 t ha⁻¹ do adubo orgânico adicionado ao solo.

A disponibilidade do K aumentou com as doses do adubo orgânico adicionado ao solo.

A disponibilidade do Ca foi maior no solo cultivado com 6 t ha⁻¹ do adubo orgânico adicionado ao solo.

A disponibilidade do Mg foi maior no solo cultivado com 6 t ha⁻¹ do adubo orgânico adicionado ao solo.

O teor de matéria orgânica foi maior no solo cultivado com 10 t ha⁻¹ do adubo orgânico adicionado ao solo.

A CTCe e a CTC a pH 7 foi maior no solo cultivado com 6 t ha⁻¹ do adubo orgânico adicionado ao solo, no entanto são consideradas baixas.

AGRADECIMENTOS

Os autores são gratos à FAPERN/CNP_Q e a CAPES pelo apoio financeiro concedido ao autor SÁ, J. R. de.

REFERÊNCIAS

ALVAREZ V., V. H. et al. Interpretação dos resultados das análises de solo. In: RIBERIO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ V., V. H. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5.** Aproximação. Viçosa: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. p. 25-32.

AZEVEDO, W.R.; FAQUIN, V.; FERNANDES, L.A.; OLIVEIRA JÚNIOR, A.C. Disponibilidade de fósforo para o arroz inundado sob efeito residual de calcário, gesso e esterco de curral aplicados na cultura do feijão. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.28, p.995-1004, 2004.

BARBER, S.A. **Influence of the plant root on ion movement in soil:** CARSON, E.W., ed. The plant root and its environment. Charlottesville, University Press of Virginia, 1974. p.525-564.

CARMO FILHO, F.; OLIVEIRA, O.F. **Mossoró: um município do semi-árido nordestino, caracterização climática e aspecto florístico.** Mossoró: ESAM, 1995. 62p. (Coleção Mossoroense, série B).

CARVALHO, L. C. C. de, **Evapotranspiração e Coeficientes de Cultivo do Melão Sob Diferentes Lâminas de Irrigação.** 2006. 73f. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) - CCA, UFC, Fortaleza-CE.

CENTURION, M. A. P.da C.; CENTURION, J. F.; ROQUE, C. G.; PRADO, R. de M.; NATALE, W. Efeito do manejo da entrelinha da seringueira sobre as propriedades químicas do solo, o estado nutricional e o crescimento. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 29, n. 2, mar/abr, 2005.

CHAVES, J. C. D.; CALEGARI, A. Adubação verde e rotação de culturas. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 22, n. 212, p.53-60, set/out, 2001.

CHAVES, J.C.D.; GORRETA, R.H.; DEMONER, C.A.; CASANOVA JUNIOR, G.; FANTIN, D. **O amendoim cavalo (*Arachis hypogaea*) como alternativa para o cultivo intercalar em lavoura cafeeira.** Londrina: IAPAR, 1997. 20p. (IAPAR. Boletim Técnico, 55).

EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos.** 2.ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA, 2006, 306p.

EMBRAPA-EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. **Manual de métodos de análise de solo.** Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura, 1997.

- FARIA, C. M. B. de; COSTA, N. D.; FARIA, F. F. Atributos químicos de um argissolo e rendimento de melão mediante o uso de adubos verdes, calagem e adubação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.31, n.2, p. 299-307, mar/abr. 2007.
- FARIA; C.M.B.; SOARES, J.M. & LEÃO, P.C.S. Adubação verde com leguminosas em videira no submédio São Francisco. **Revista Brasileira de Ciência do Solo** v.28 n. 4, July/aug. 2004.
- FERREIRA, D.F. **Análises estatísticas por meio do SISVAR (sistema para análise de variância) para Windows 4.0.** In: REUNIÃO ANUAL DA REGIÃO BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA, 45., São Carlos. **Anais...** São Carlos: UFSCAR, 2000. p.255-258.
- HAYNES, R.J. Lime and phosphate in the soil plant system. **Adv. Agron.**, v.37, p.249-315, 1984.
- HEINRICH, R.; VITTI, G. C.; MOREIRA, A.; FIGUEIREDO, P. A. M. de; FANCELLI, A. L. CORAZZA, E. J. Características químicas de solo e rendimento de fitomassa de adubos verdes e de grãos de milho, decorrente do cultivo consorciado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 29, n. 1, jan/fev, 2005.
- LACERDA, N. B de; SILVA, J. R. C. Efeitos da erosão e de técnica de manejo sobre produção do algodoeiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.10, n.4, oct./dec. 2006.
- LARSON, W.E.; PIRCE, F.J. The dynamics of soil quality as a measure of sustainable management. In: DORAN, J.W. et al. (Eds.) **Defining soil quality for a sustainable environment**. Madison: ASA/SSSA, 1994. p.37-51.
- LORENZ, S.C. HAMON, R.E. ; McGRATA, S.P. Differences between soil solutes obtained from rhizosphere and non-rizosphere soils by water displacement and soil centrifugation. **European Journal of Soil Science**, v.45, p.431-438, 1994.
- MENDONÇA, E. S.; ROWELL, D.L.; MARTINS, A.G. & SILVA, A.P. Effect of pH on the development of acidic sites in clayey and sandy olam Oxisol from the Cerrado Region, Brazil. **Geoderma**, v.132, p.131-140, 2006.
- MENEGUCCI, J. L. P.; AMARAL, A. M. do; SOUZA, M. de. Alterações das propriedades químicas do solo na Recebido em 23/03/2010
Aceito em 05/06/2010
- camada subsuperficial após adubação verde com crotalária. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.17, n. 3, p. 411-416, set/dez, 1995.
- MORETI, D.; ALVES, M.C; VALÉRIO FILHO, W.V; CARVALHO, M. de P. e. Atributos químicos de um latossolo vermelho sob diferentes sistemas de preparo, adubações e plantas de cobertura. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa-MG, v.31, n.1, jan./fev. 2007.
- NASCIMENTO, J. T.; SILVA, I. de F. da; SANTIAGO, R. D.; SILVA NETO, L. de F. da. Efeito de leguminosas nas características químicas e matéria orgânica de um solo degradado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.7, n.3, set./dec. 2003.
- OLIVEIRA, A. E. S.; SÁ, J. R. de; MEDEIROS, J. F.; NOGUEIRA, N. W.; SILVA, K. J. Interação da adubação organo-mineral no estado nutricional das plantas. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v.5, n.3, 2010.
- POCKNEE, S.; SUMMER, M.E. Cation and nitrogen contents of organic matter determine its soil liming potential. **Soil Sci. Am. J.** v.61, p.86-92, 1997.
- SALCEDO, I. H. Fertilidade do solo e agricultura de subsistência: Desafios para o Semi-árido Nordeste. In: Fertibio, 2004, Lages. **Anais...** Lages: UDESC, 2004. CD-Rom.
- SILVA, N. M. **Estudo preliminar do emprego de torta de mamona associada à adubação mineral do algodoeiro.** Campinas: Instituto Agrônomo de Campinas, 1971. 8p.
- SILVA, T.O.; MENEZES, R.S.C.; TIESSEN, H.; SAMPAIO, V.S.B.; SALCEDO I.H.; SILVEIRA, L.M. Adubação orgânica da batata com esterco e, ou *Crotalaria juncea*. I-Produtividade vegetal e estoque de nutrientes no Solo em longo Prazo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.31, p.39-49, 2007.
- SOUSA, D.M.G.; MIRANDA, L.N.; OLIVEIRA, S.A. **Acidez do solo e sua correção**. 3.ed.Viçosa: UFV, 2007, 1017p.
- STEWART, B.A., ROBINSON, C.A. Are agroecosystems sustainable in semiarid regions? **Advances in Agronomy**, v.60, p.191-228, 1997.
- TOMÉ JÚNIOR, J. B. **Manual para interpretação de análise de solo**. Guaíba: Agropecuária, 1997. 247p.