

APROVEITAMENTO DE DIFERENTES RESÍDUOS ORGÂNICOS NA RECUPERAÇÃO DE SOLOS DEGRADADOS

USE OF DIFFERENT ORGANIC WASTE IN THE RECOVERY OF DEGRADED SOILS

Jordelírio Cabral de Melo Neto¹, Weliton Eduardo Lima de Araújo²

RESUMO

Este trabalho objetivou-se avaliar a influência de diferentes resíduos orgânicos e proporções na fertilidade de um solo para fins de recuperação de áreas degradadas. O delineamento experimental adotado foi o de blocos ao acaso, analisado em esquema fatorial sendo $[(4 \times 2) + 1]$ com quatro repetições, compondo um experimento com 36 unidades experimentais. O primeiro fator será quatro tipos de matérias orgânicas (dejeito de suíno, lodo de esgoto, esterco bovino e cama de frango) e o segundo fator duas proporções de matéria orgânica (20 e 40%) em relação ao volume dos vasos. Todos estes tratamentos serão comparados a análise de solo inicial, ou seja, solo sem qualquer tipo de inserção de fontes orgânicas. Foram analisados os macronutrientes potássio, magnésio, enxofre, cálcio e fósforo e os micronutrientes cobre, manganês, zinco, ferro e sódio. O tipo de fonte a ser utilizada em recuperação de áreas degradadas deve ser definido de acordo com a alimentação dos animais para dejeito de suíno, esterco bovino e cama de frango e o tipo de atividade das indústrias no caso do lodo de esgoto. Outro fator a ser observado é o tipo de vegetação a ser utilizada em projetos de recuperação, diferentes espécies de plantas necessitam de teores dos elementos em quantidades diferentes.

ABSTRACT

This work aimed to evaluate the influence of different organic residues and proportions on the fertility of a soil ¹for the recovery of degraded areas. The experimental design was a randomized complete block design, using a factorial scheme with $[4 \times 2] + 1$, with four replicates, making up an experiment with 36 experimental units. The first factor will be four types of organic matter (pig waste, sewage sludge, bovine manure and chicken bed) and the second factor two proportions of organic matter (20 and 40%) in relation to the volume of the vessels. All these treatments will be compared to the initial soil analysis, that is, soil without any type of organic source insertion. The macronutrients potassium, magnesium, sulfur, calcium and phosphorus were analyzed and the micronutrients copper, manganese, zinc, iron and sodium were analyzed. The type of source to be used for the recovery of degraded areas should be defined according to the feeding of the animals to swine manure, cattle manure and chicken litter and the type of activity of the industries in the case of sewage sludge. Another factor to be observed is the type of

¹ Acadêmico de Engenharia Ambiental da Universidade de Rio Verde. Email: jordeliriorv@hotmail.com

² Professor da Faculdade de Engenharia Ambiental da Universidade de Rio Verde. Email: wambiental@gmail.com

vegetation to be used in recovery projects, different plant species require different element contents in different amounts.

Palavras-chave: Destinação de resíduos, solos orgânicos, sustentabilidade ambiental.

Key-words: Disposal of waste, organic soils, environmental sustainability.

INTRODUÇÃO

A região do sudoeste de Goiás é caracterizada por grande atividade agrícola, pecuária e agroindústrias. Tais atividades geram grandes quantidades de resíduos. Os resíduos se não destinados adequadamente, podem causar contaminações no meio ambiente e como consequência prejudicar a qualidade de vida da sociedade (MUCELIN e BELLINI, 2008).

Dentre as atividades desenvolvidas, têm-se a de confinamento bovino e atividade leiteira responsáveis pela movimentação de grande parte da economia da região como uma fonte significativa de produção de resíduos, destacando-se a geração de esterco bovino (BRASIL, 2006).

Outros resíduos são gerados com o surgimento de várias indústrias de grande porte, dentre elas as de abate de suínos e aves. As granjas que abastecem tais indústrias geram grandes quantidades de dejetos de suíno e cama de aviário. Outros resíduos são gerados nas próprias indústrias, devido suas atividades. No processo industrial, são gerados efluentes que são destinados a estação de tratamento. Em estações de tratamento de efluentes, nas etapas de aeração e decantação, a fase sólida do efluente é separada da fase líquida pelos métodos de adensamento e flotação. A fase sólida é conhecida como lodo de esgoto (VON SPERLING, 2014).

Para todos resíduos orgânicos, deve-se considerar a disponibilidade de área, tipo de solo, distância de mananciais e dose de aplicação como possibilidade de dispor esse resíduo diretamente no solo. Como medida preliminar a essa disposição, todo resíduo deve passar por um tratamento prévio de compostagem para atingir a maturação antes de ser incorporado ao solo para não haver danos as forrageiras por fitotoxicidade (INÁCIO e MILLER, 2009).

Em áreas degradadas, os solos possuem deficiência em seus atributos físico-químicos devido aos processos erosivos causados pelo mau manejo do solo em atividades agropecuárias e por processos do intemperismo natural, o que dificulta o plantio de

fornageiras como método de recuperação dessas áreas em processo de degradação. A inserção da matéria orgânica auxilia nos processos de recuperação de áreas, atuando como condicionador de solos (NOVAIS et al., 2007; VAN LIER, 2010).

Os principais benefícios da matéria orgânica para a fertilidade do solo são o fornecimento de nutrientes para as culturas, aumento da capacidade de troca de cátions do solo, aumento da superfície específica do solo, aumento da disponibilidade de nutrientes para as culturas, complexação de substâncias tóxicas (NOVAIS et al., 2007).

Na parte física do solo os principais benefícios são a melhoria da estrutura, densidade, porosidade, capacidade de retenção e infiltração de água no solo. Quanto a biótica do solo, o uso de matéria orgânica atua como uma fonte de alimento para microrganismos decompositores, responsáveis pela decomposição e mineralização da matéria orgânica no solo, além de proporcionar o aumento de insetos, fungos bactérias e outros organismos (ALCÂNTARA e MADEIRA, 2012; VAN LIER, 2010).

A erosão é o principal fator causador das deficiências físicas e químicas dos solos (LOPES, 2007). O processo erosivo consiste no desprendimento, arraste e deposição das partículas do solo. Os agregados do solo podem permanecer próxima ao material residual de origem ou serem transportadas. Para evitar a erosão se faz necessário uma gestão adequada dos usos e cobertura dos solos, e para tal processo, é importante a investigação e controle dos causadores da erosão (CARVALHO et al., 2002).

Além de degradar o solo, a erosão pode prejudicar a vida útil de cursos de água através do assoreamento, arraste de compostos tóxicos para água, bem como contribuir para a eutrofização dos corpos d'água. Todos estes fatores prejudicam a qualidade da vida humana (RABELO et al., 2009).

Nesse sentido, este trabalho objetivou-se avaliar a influência de diferentes resíduos orgânicos e proporções na fertilidade de um solo para fins de recuperação de áreas degradadas.

METODOLOGIA

O experimento foi realizado em ambiente controlado no Instituto Federal Goiano - Câmpus Rio Verde, localizado no Sudoeste de Goiás entre os meses de agosto e setembro de 2016. O solo da região é caracterizado como solo Latossolo Vermelho distroférico (EMBRAPA, 2013).

O delineamento experimental adotado foi o de blocos ao acaso, analisado em esquema fatorial sendo $[(4 \times 2) + 1]$ com quatro repetições, compondo um experimento com 36 unidades experimentais. O primeiro fator será quatro tipos de matérias orgânicas (dejeito de suíno, lodo de esgoto, esterco bovino e cama de frango) e o segundo fator duas proporções de matéria orgânica (20 e 40%) em relação ao volume dos vasos. Todos estes tratamentos serão comparados a análise de solo inicial, ou seja, solo sem qualquer tipo de inserção de fontes orgânicas.

Os vasos utilizados tinham capacidade de 50 litros. Para as proporções de 20%, os vasos foram preenchidos com 80% de solo e 20% do composto orgânico. Para as proporções de 40%, os vasos foram preenchidos com 60% de solo e 40% do composto orgânico. A proporção de 20% está relacionada com os valores de 16 a 30 g.dm^{-3} de matéria orgânica considerado para solos com textura média e 40% está relacionada com os valores de 31 a 60 g.dm^{-3} para solos com de textura argilosa (RAIJ, 1997). Ambas texturas favorecem a recuperação de solos devido os vários benefícios que a matéria orgânica traz ao solo (INÁCIO E MILLER, 2009).

Os resíduos orgânicos coletados ficaram em um período de maturação antes de ser inseridos ao solo de acordo com Inácio e Miller (2009). O esterco bovino foi coletado no setor de bovinocultura e o dejeito de suíno no setor de suinocultura do próprio Instituto Federal Goiano, campus Rio Verde. A cama de frango foi coletada em uma granja de aves de uma indústria alimentícia de grande porte da cidade de Rio Verde, no estado de Goiás. Desta mesma indústria, foi coletado o lodo de esgoto provindo da estação de tratamento.

O dejeito de suíno e o lodo de esgoto pastosos foram devidamente secados para que todas as fontes orgânicas ficassem com teores de umidades semelhantes, com objetivo de proporcionar maior confiabilidade no volume orgânico inserido no solo.

O solo utilizado no experimento foi de uma área degradada, pobre em elementos minerais e orgânicos nas proximidades da cascalheira da cidade de Rio Verde, no estado de Goiás. A coleta foi realizada com o auxílio de enxadas e pás e, em seguida acondicionado em sacos de linha e transportados até o local onde foi realizado o experimento.

Foi realizado a análise do solo de acordo com Donagema et al. (2011), objetivando conhecer os teores iniciais de macro e micronutrientes deste solo (Tabela 1).

Tabela 1. Análise do mineralógica do solo sem qualquer tipo de inserção de fontes orgânicas

pH	M.O. --g dm ⁻³ --	P -----mg dm ⁻³ -----	S-SO ₄ ⁻² -----mg dm ⁻³ -----	K ⁺	Ca ²⁺ -----mg dm ⁻³ -----	Mg ²⁺
6,10	18,90	3,83	5,60	40,00	264,52	55,92
Na -----mg dm ⁻³ -----	Cu	Fe -----mg dm ⁻³ -----	Mn	Zn	CTC ----cmol _c dm ⁻³ ----	H+Al
5,00	1,11	13,70	25,85	2,50	3,26	1,36

As análises químicas dos solos orgânicos foram realizadas aos sessenta dias após a inserção dos resíduos orgânicos no solo. A umidade do solo foi mantida a 65% como sugerido por Inácio e Miller (2009), pois, a umidade ideal é importante para o suprimento de água objetivando a promoção do crescimento dos organismos biológicos importantes no processo e para que ocorra as adequadas reações bioquímicas.

Para as análises químicas, a extração de cálcio, magnésio e alumínio do solo foram realizadas através da extração com cloreto de potássio 1 mol L⁻¹. Para fósforo, potássio, sódio, boro, cobre, ferro, zinco e manganês a extração foram com solução de Mehlich 1. A leitura do potássio foi através do método fotométrica. Os demais elementos foram determinados por espectrofotometria de absorção atômica. Todas análises químicas seguem a metodologia descrita por Silva (2009).

Os dados para cada variável foram submetidos à análise de variância pelo programa estatístico SISVAR (FERREIRA, 2011). Posteriormente, quando significados pelo teste F, serão submetidos ao teste de Tukey a 5% de probabilidade.

RESULTADO E DISCUSSÕES

Macronutrientes

O maior teor de fósforo (P) foi encontrado no tratamento solo com adição 40% de cama de frango (CF40) (Gráfico 1), com 263,09 mg dm⁻³. Este valor é 98,5% maior que o tratamento solo sem adição de fontes orgânicas (SA), sendo 3,83 mg dm⁻³ (Tabela 1). O segundo maior teor de P foi verificado para o tratamento solo com adição 20% de cama de frango (CF20), com 154,49 mg dm⁻³. Os demais tratamentos obtiveram teores abaixo aos de cama de frango (CF).

O fósforo é indispensável para crescimento e produção vegetal, pois interfere em diversos processos do desenvolvimento das plantas, entre eles fotossíntese e respiração,

ele é pouco solúvel e não fica muito disponível para as plantas. Segundo (NOVAIS et al., 2007), para se saber a característica que define o solo como fonte ou dreno de P, deve se analisar a fração da argila e sua qualidade em particular, pois em um solo muito intemperizado, dada sua mineralogia, o aumento de seu teor de argila fará com que haja aumento preferencial de seu caráter-dreno, enquanto num pouco intemperizado haverá, como consequência, aumento preferencial de seu caráter-fonte em relação ao P. O maior o tempo de contato do solo com fontes de P acarretará o aumento da solubilidade acumulada das fontes menos solúveis e diminuirá a disponibilidade de P para as plantas (NOVAIS et al., 2007).

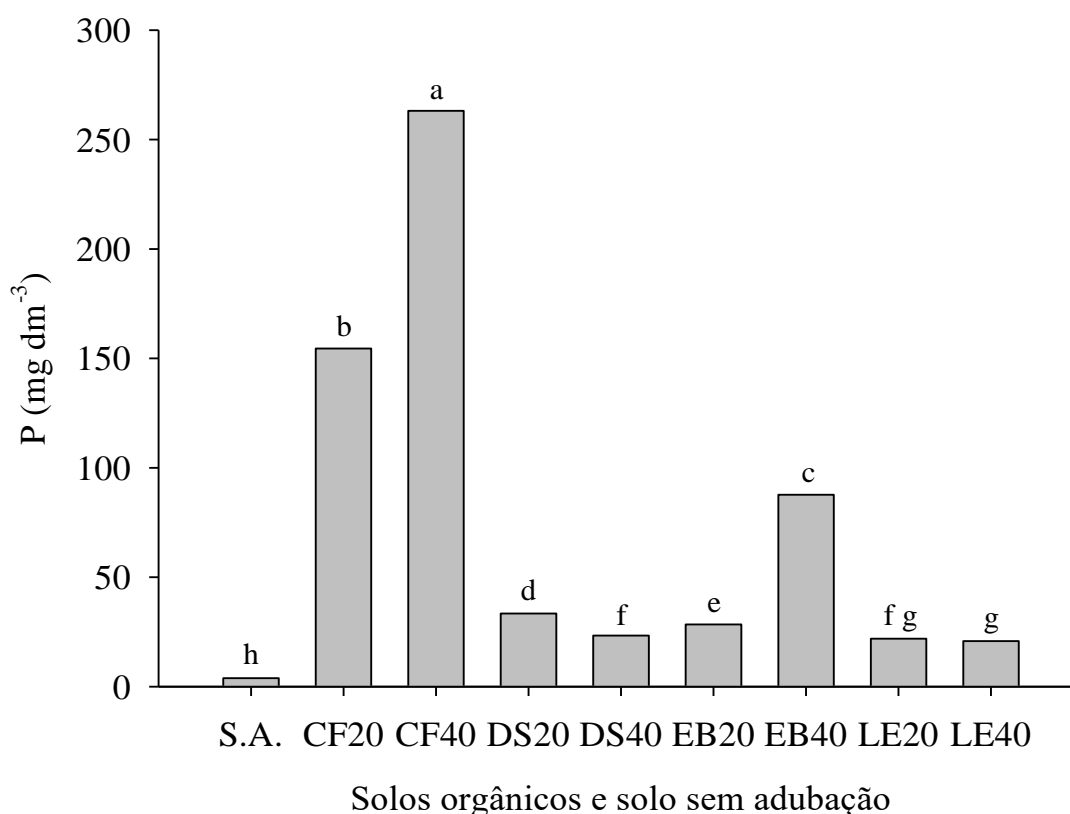


Figura 1. Teores de fósforo (P) em diferentes tipos de solos orgânicos e solo sem adubação.

SA = solo sem adição de fontes orgânicas; CF20 = solo com adição 20% de cama de frango; CF40 = solo com adição 40% de cama de frango; DS20 = solo com adição 20% de dejetos de suíno; DS40 = solo com adição 40% de dejetos de suíno; EB20 = solo com adição 20% de esterco bovino; EB40 = solo com adição 40% de esterco bovino; LE20 = solo com adição 20% de lodo de esgoto; LE40 = solo com adição 20% de lodo de esgoto. Letras iguais não se diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

Já o teor de potássio (K) foi encontrado no tratamento solo com adição 40% de esterco bovino (EB40) (Figura 2), com 652 mg dm⁻³. O segundo maior teor de K foi verificado para tratamento solo com adição de 20% de esterco bovino (EB20), com 356

mg dm⁻³. Os demais tratamentos obtiveram teores abaixo aos de esterco bovino (EB), tendo como menor teor de K o tratamento CF20, com 1,3 mg dm⁻³, sendo assim quase não houve a presença do K em cama de frango, sendo menor até que o tratamento de solo (SA). O K tem como uma das suas funções a formação dos frutos e uma grande importância no ciclo da fotossíntese, sua perda no solo é por meio de erosão, lixiviação e remoção por colheita. Segundo Ernani (2007) a deficiência do potássio no solo atrapalha a floração que pode atrasa a diminuição do tamanho do fruto entre outros problemas gerados. O K tem diversas funções nas plantas, tendo como principal a ativação de vários sistemas enzimáticos, muitos deles sendo participantes dos processos de fotossínteses e respiração (ERNANI, 2007).

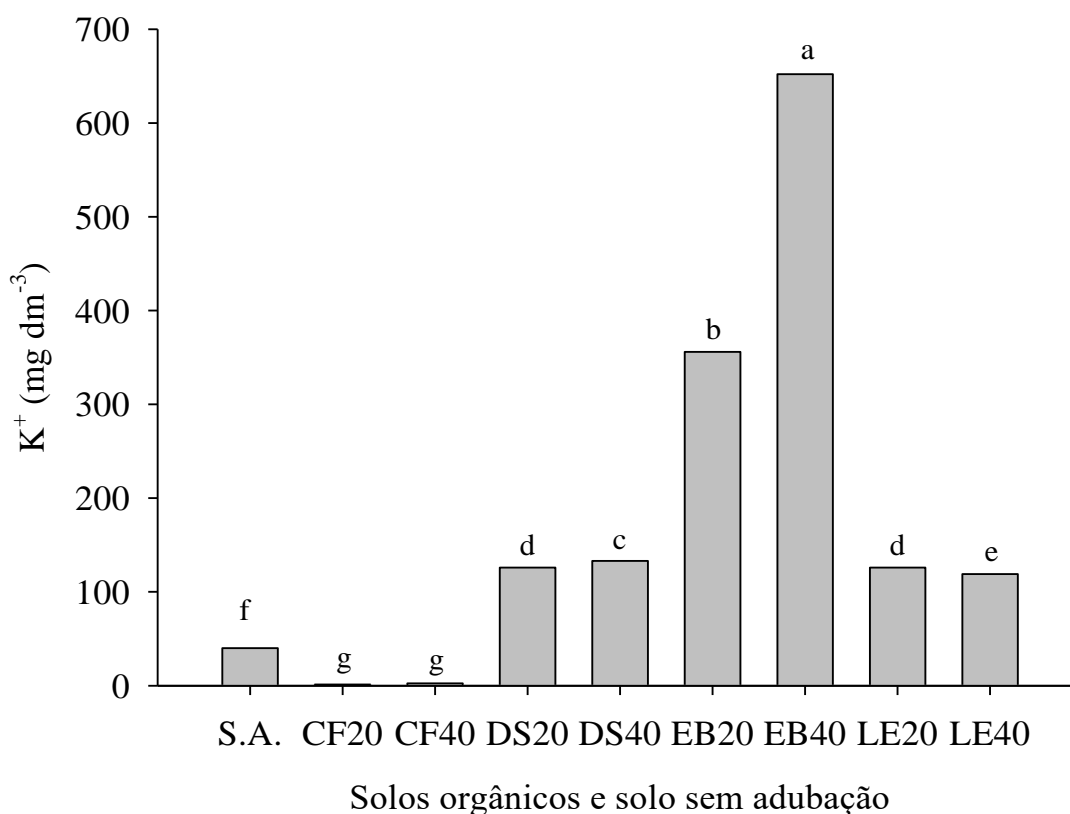


Figura 2. Teores de potássio (K) em diferentes tipos de solos orgânicos e solo sem adubação.

SA = solo sem adição de fontes orgânicas; CF20 = solo com adição 20% de cama de frango; CF40 = solo com adição 40% de cama de frango; DS20 = solo com adição 20% de dejetos de suíno; DS40 = solo com adição 40% de dejetos de suíno; EB20 = solo com adição 20% de esterco bovino; EB40 = solo com adição 40% de esterco bovino; LE20 = solo com adição 20% de lodo de esgoto; LE40 = solo com adição 20% de lodo de esgoto. Letras iguais não se diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

O K é encontrado na estrutura dos minerais primários e secundários (K estrutural), e só uma pequena fração encontra-se em formas mais prontamente disponíveis às plantas,

seja ligado as cargas elétricas negativas (k trocável) seja na solução do solo (k solução), assim essas ligações com os componentes sólidos do solo dão origem as várias formas de K disponíveis no solo (SPARKS, 2000).

Para esse teor de cálcio (Ca) foi encontrado no tratamento solo com adição de 20% de dejetos suíno (DS20) (Figura 3), com $4,44 \text{ cmol dm}^{-3}$, havendo uma pequena diferença, o segundo maior teor Ca foi verificado no solo com adição de 40% de dejetos suíno (DS40), com $4,43 \text{ cmol dm}^{-3}$. Estes valores são cerca de 70% maior que o tratamento SA, sendo $1,32 \text{ cmol dm}^{-3}$ (Tabela 1).

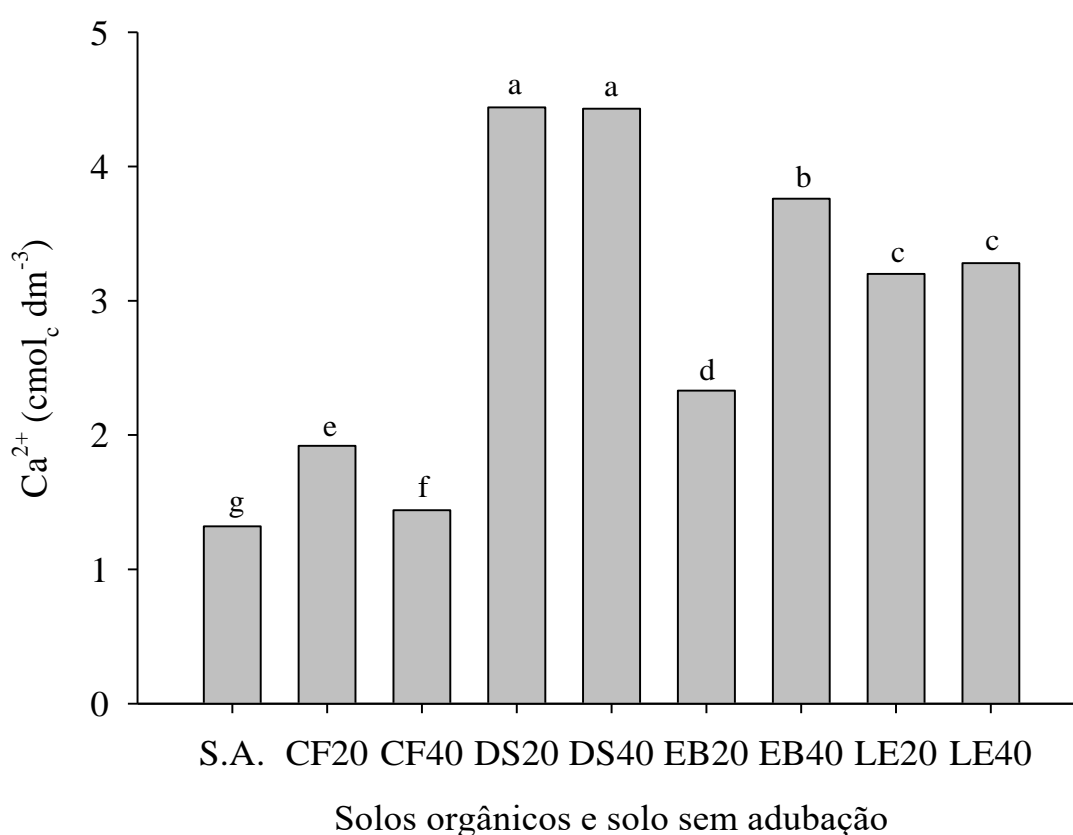


Figura 3. Teores de cálcio (Ca) em diferentes tipos de solos orgânicos e solo sem adubação

SA = solo sem adição de fontes orgânicas; CF20 = solo com adição 20% de cama de frango; CF40 = solo com adição 40% de cama de frango; DS20 = solo com adição 20% de dejetos de suíno; DS40 = solo com adição 40% de dejetos de suíno; EB20 = solo com adição 20% de esterco bovino; EB40 = solo com adição 40% de esterco bovino; LE20 = solo com adição 20% de lodo de esgoto; LE40 = solo com adição 20% de lodo de esgoto. Letras iguais não se diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

O cálcio tem uma extrema importância no solo devido sua função estrutural nas plantas e sua ausência pode afetar o crescimento das raízes das plantas que ali estão presentes, podendo também dificultar a germinação do grão de pólen e uma das suas

funções é impedir danos a membrana celular, exercendo um papel estrutural. Também é responsável por manter a integridade da membrana citoplasmática (NACHTIGALL et al., 2005).

O maior teor de magnésio (Mg) foi encontrado no tratamento CF40 (Figura 4), com $3,06 \text{ cmol dm}^{-3}$. Este valor é cerca de 85% maior que o tratamento SA. Segundo maior teor de Mg foi encontrado no tratamento EB40, com $2,35 \text{ cmol dm}^{-3}$. O menor teor de Mg encontrado para SA, sendo $0,46 \text{ cmol dm}^{-3}$ (Tabela 1).

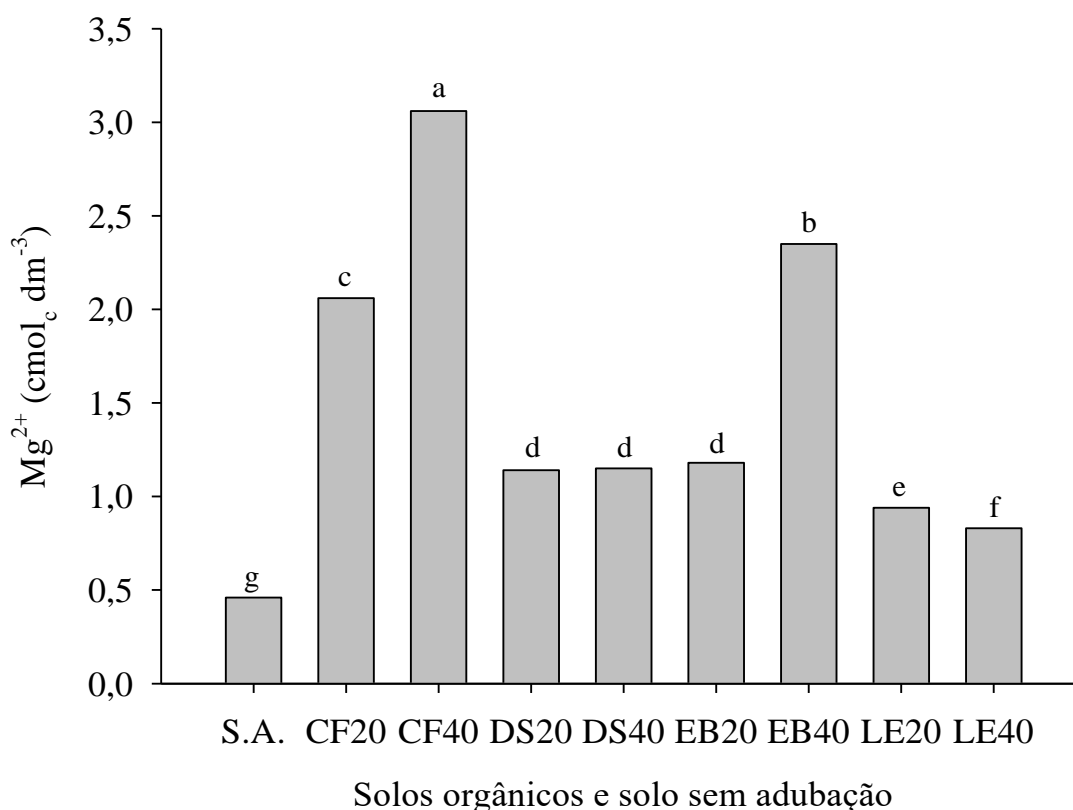


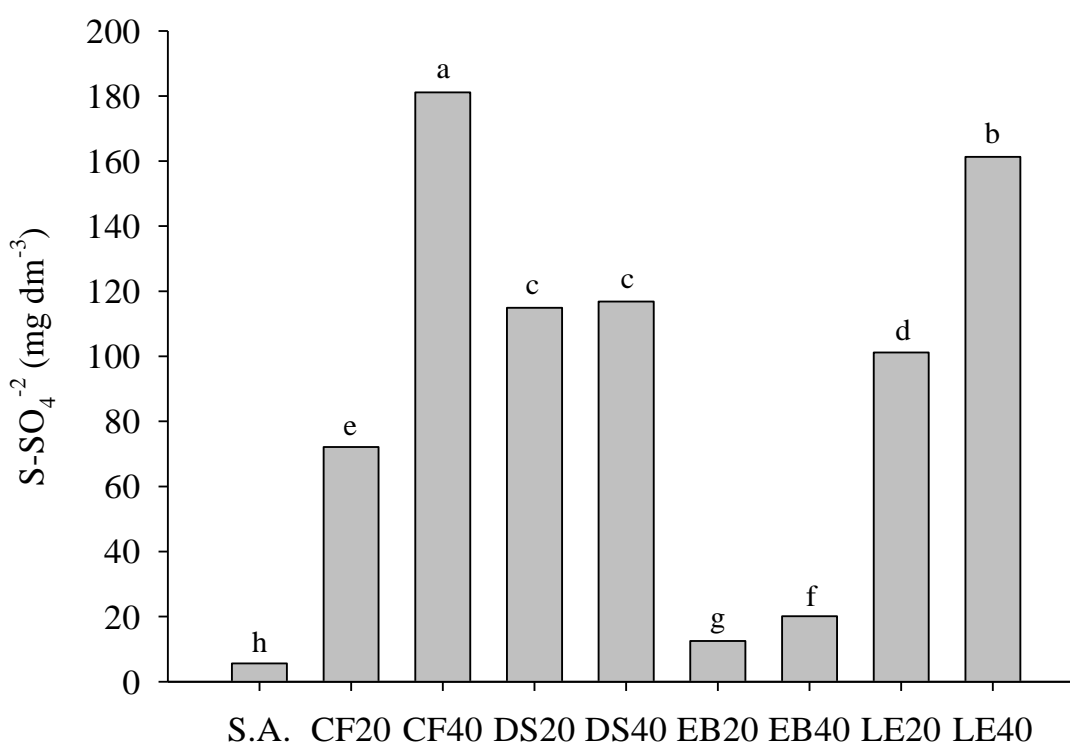
Figura 4. Teores de magnésio (Mg) em diferentes tipos de solos orgânicos e solo sem adubação

SA = solo sem adição de fontes orgânicas; CF20 = solo com adição 20% de cama de frango; CF40 = solo com adição 40% de cama de frango; DS20 = solo com adição 20% de dejetos de suíno; DS40 = solo com adição 40% de dejetos de suíno; EB20 = solo com adição 20% de esterco bovino; EB40 = solo com adição 40% de esterco bovino; LE20 = solo com adição 20% de lodo de esgoto; LE40 = solo com adição 20% de lodo de esgoto. Letras iguais não se diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

Um dos elementos mais abundante na crosta terrestre, o Mg é encontrado em solos argiloso onde seus teores são altos, encontrado em forma de minerais ferromagnesianos. Podem estar presentes no solo na forma não-trocável (mais comum), trocável ou solúvel. A presença do Mg no solo atua como agente participante de grande importância na clorofila, assim sua ausência pode ocasionar a redução do crescimento das plantas, como

as gramíneas. Essencial no metabolismo de plantas e animais, sua deficiência em plantas é caracterizada pelo aparecimento de clorose entre as nervuras, que progride com intensidade (FURLANI, 2004).

O maior teor de enxofre (S) foi encontrado no tratamento solo com adição de 40% de cama de frango (CF40) (Figura 5), com $181,1 \text{ mg dm}^{-3}$. Este valor é cerca de 96,9% maior que o tratamento SA, Sendo $5,6 \text{ mg dm}^{-3}$ (tabela1). O segundo maior teor de S foi obtido no tratamento com adição de 40% de lodo de esgoto (LE40), sendo $161,3 \text{ mg dm}^{-3}$.



Solos orgânicos e solo sem adubação

Figura 5. Teores de sulfato ($S - SO_4^{-2}$) em diferentes tipos de solos orgânicos e solo sem adubação.

SA = solo sem adição de fontes orgânicas; CF20 = solo com adição 20% de cama de frango; CF40 = solo com adição 40% de cama de frango; DS20 = solo com adição 20% de dejetos de suíno; DS40 = solo com adição 40% de dejetos de suíno; EB20 = solo com adição 20% de esterco bovino; EB40 = solo com adição 40% de esterco bovino; LE20 = solo com adição 20% de lodo de esgoto; LE40 = solo com adição 40% de lodo de esgoto. Letras iguais não se diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

O $S - SO_4^{-2}$ é encontrado na forma orgânica, que representa mais de 90% do total da maioria dos solos. A perda de $S - SO_4^{-2}$ no solo ocorre através de erosões, lixiviações, queimadas entre outras ações, podendo ser restituído no solo através de chuvas, fertilizantes e mineralização da matéria orgânica.

A deficiência do S – SO_4^{-2} pode causar a clorose geral da planta. A quantidade de enxofre encontrado nos solos e nas biomassas seja insignificante diante os grandes reservatórios terrestres, a vida no planeta e a produção de alimentos dependem da ciclagem deste nutriente no planeta (ALVAREZ, 2007).

Micronutrientes

O maior teor de cobre (Cu) foi encontrado no tratamento CF20 (Figura 6), com $8,17 \text{ mg dm}^{-3}$. Este valor é 86,41% maior que o tratamento SA, sendo $1,11 \text{ mg dm}^{-3}$ (Tabela 1). Os demais teores não se aproximaram do CF20.

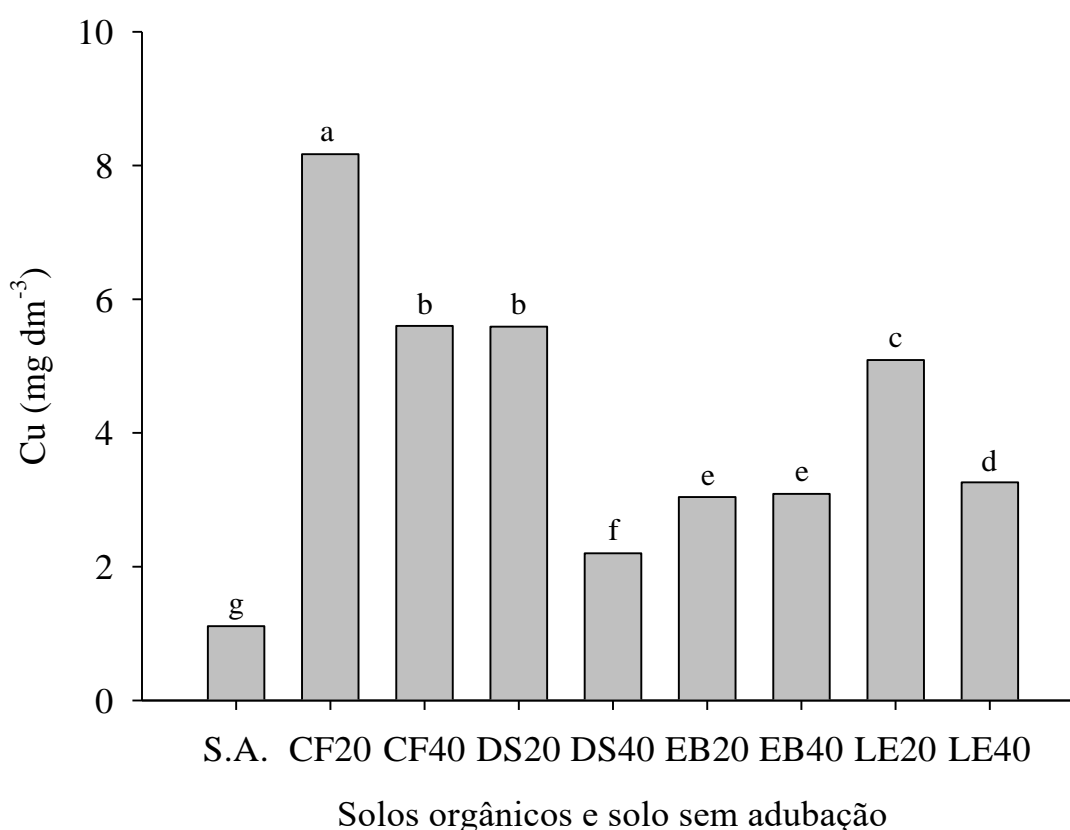


Figura 6. Teores de cobre (Cu) em diferentes tipos de solos orgânicos e solo sem adubação

SA = solo sem adição de fontes orgânicas; CF20 = solo com adição 20% de cama de frango; CF40 = solo com adição 40% de cama de frango; DS20 = solo com adição 20% de dejetos de suíno; DS40 = solo com adição 40% de dejetos de suíno; EB20 = solo com adição 20% de esterco bovino; EB40 = solo com adição 40% de esterco bovino; LE20 = solo com adição 20% de lodo de esgoto; LE40 = solo com adição 20% de lodo de esgoto. Letras iguais não se diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

O Cu é encontrado no solo nas estruturas cristalinas dos minerais primários e secundários na forma de sulfetos, a matéria orgânica também é uma fonte importante de Cu para a planta, pode ser adicionado no solo através de fungicidas. O Cu é de vital

importância no metabolismo das plantas. A ausência no solo pode ocasionar a clorose e impedir a reprodução das plantas, além de provocar a deficiência do ferro (Fe) e a redução da absorção do (P) (ABREU et al., 2007).

O maior teor de ferro (Fe) foi encontrado no tratamento LE40, com 90,36 mg dm⁻³. O segundo maior teor foi encontrado no tratamento com solo adição 20% de lodo de esgoto (LE20), com 69,91 mg dm⁻³. O valor do LE40 é cerca de 90,41% maior que o tratamento CF40, sendo 8,66 mg dm⁻³.

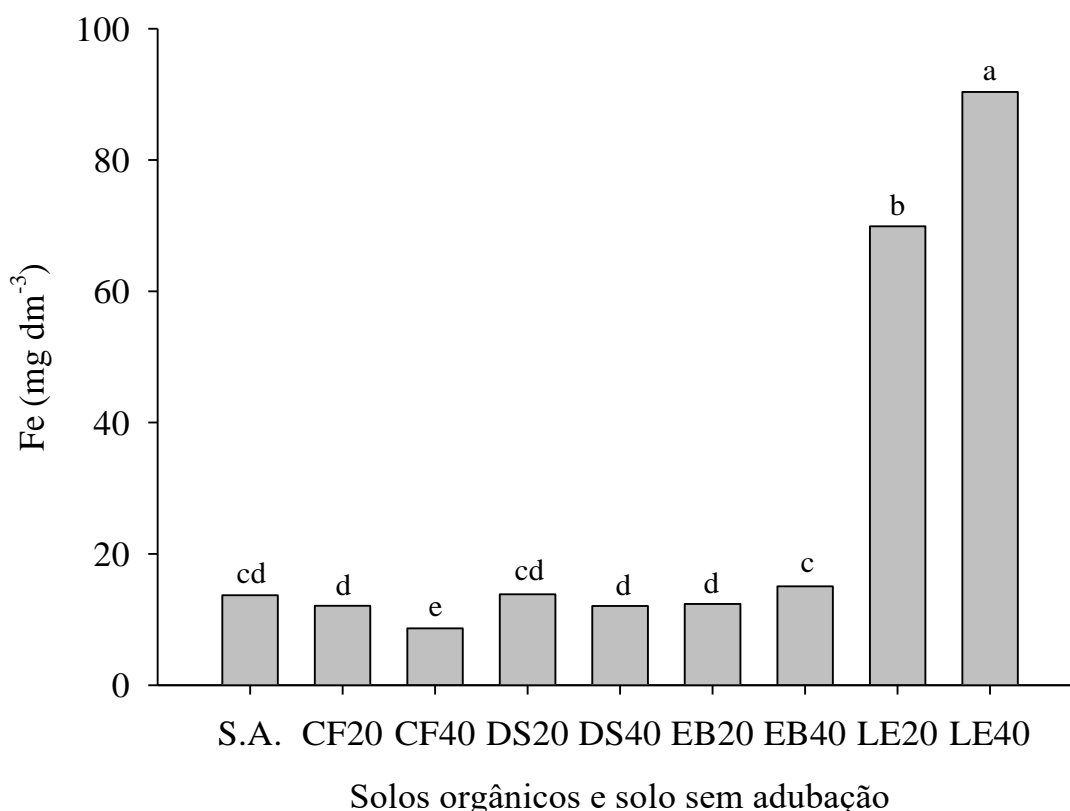


Figura 7. Teores de ferro (Fe) em diferentes tipos de solos orgânicos e solo sem adubação SA = solo sem adição de fontes orgânicas; CF20 = solo com adição 20% de cama de frango; CF40 = solo com adição 40% de cama de frango; DS20 = solo com adição 20% de dejetos de suíno; DS40 = solo com adição 40% de dejetos de suíno; EB20 = solo com adição 20% de esterco bovino; EB40 = solo com adição 40% de esterco bovino; LE20 = solo com adição 20% de lodo de esgoto; LE40 = solo com adição 20% de lodo de esgoto. Letras iguais não se diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

O Fe constitui cerca de 5% da crosta terrestre, tendo como fator principal para sua disponibilidade no solo o pH, apresenta uma grande função na parte de fixação do nitrogênio, em plantas anuais e sua ausência inibe o crescimento das plantas. É um elemento essencial para a síntese de proteína e ajuda a formar alguns sistemas respiratórios enzimáticos da planta. Devido a decorrência de altos teores de Fe

encontrados em solos brasileiros, os problemas relacionados com a toxidez são mais comuns do que aqueles causados pelo fator deficiência do nutriente, pois a área mais afetada é a agrônômica (ABREU et al., 2007).

O maior teor de zinco (Zn) foi encontrado no tratamento LD40 (Figura 8), com $21,01 \text{ mg dm}^{-3}$. Este valor obtido é 88,1% maior que o tratamento SA, sendo $2,5 \text{ mg dm}^{-3}$ (Tabela 1). O segundo maior teor de Zn foi encontrado no tratamento DS20, com $19,54 \text{ mg dm}^{-3}$.

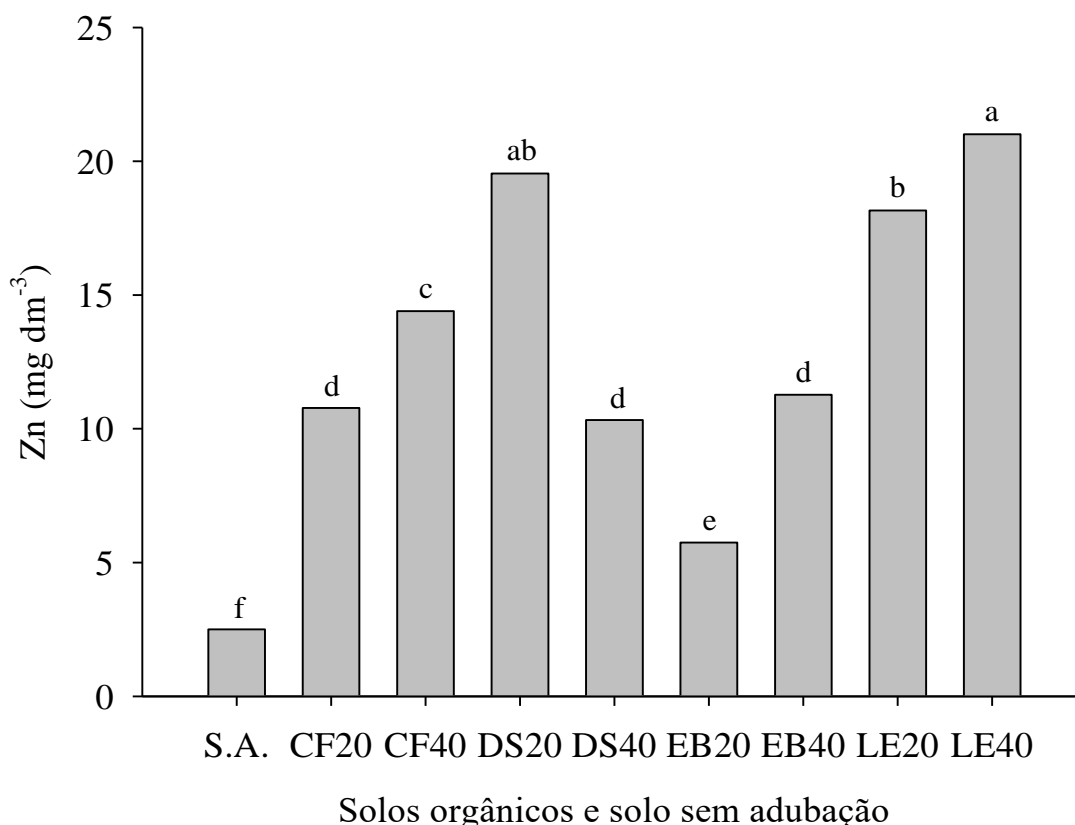


Figura 8. Teores de zinco (Zn) em diferentes tipos de solos orgânicos e solo sem adubação

SA = solo sem adição de fontes orgânicas; CF20 = solo com adição 20% de cama de frango; CF40 = solo com adição 40% de cama de frango; DS20 = solo com adição 20% de dejetos de suíno; DS40 = solo com adição 40% de dejetos de suíno; EB20 = solo com adição 20% de esterco bovino; EB40 = solo com adição 40% de esterco bovino; LE20 = solo com adição 20% de lodo de esgoto; LE40 = solo com adição 20% de lodo de esgoto. Letras iguais não se diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

O Zn fica disponível para as plantas em solos ácidos. O método de análise do solo, para se mostrar eficiente, deverá detectar a alteração da disponibilidade do Zn através da alteração do pH. O Zn é de grande importância para desenvolvimento das partes florais, produção de grãos, sementes e maturação precoce das plantas (ABREU et al., 2007).

O maior teor de manganês (Mn) foi observado no tratamento CF40 (Figura 9), com 127,61 mg dm⁻³. Obteve-se outros tratamentos com valores aproximados, sendo CF20 com 111,89 mg dm⁻³, EB40 com 110,07 mg dm⁻³ e LE40 com 118,05 mg dm⁻³. O menor teor obtido foi o tratamento SA, sendo 25,85 mg dm⁻³. O manganês é o 11^a elemento mais abundante na natureza, sua presença no solo depende dos óxidos, carbonatos, silicatos e sulfetos. É um elemento que auxilia no desenvolvimento das raízes e, em excesso no solo, ocasiona aparecimento de manchas marrom em folhas de plantas jovens e sua ausência prejudica no desenvolvimento das raízes (ABREU et al., 2007).

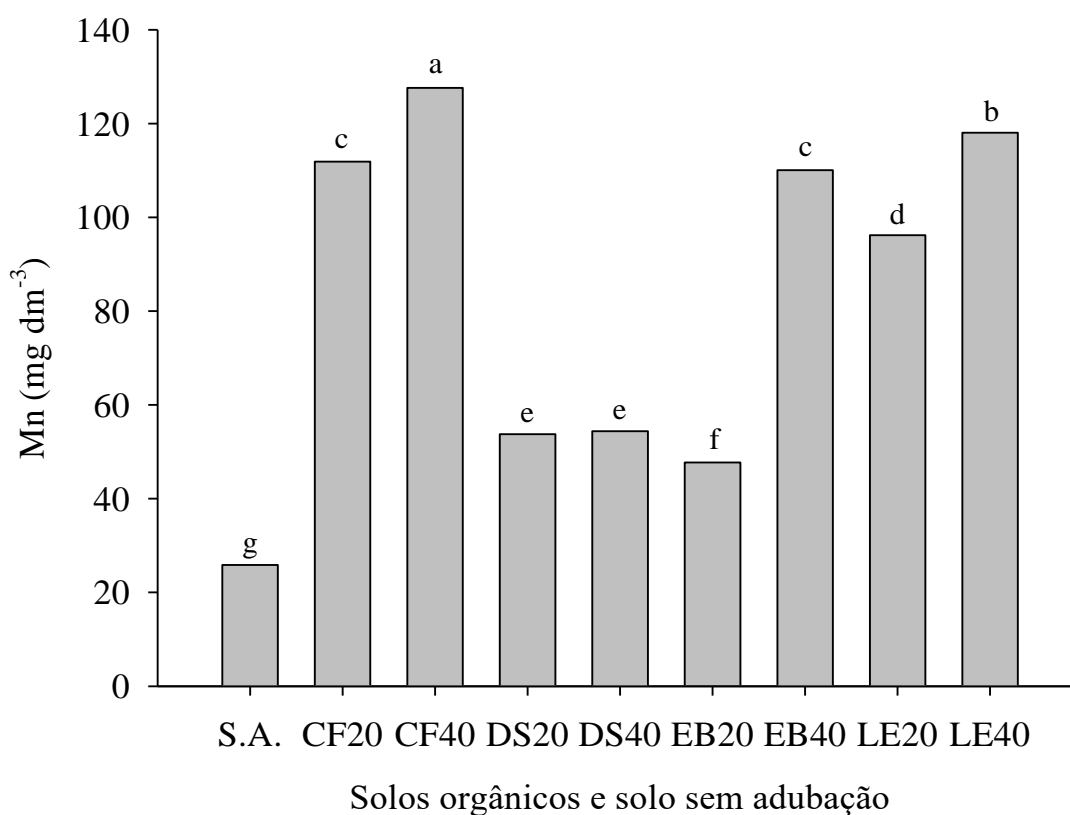


Figura 9. Teores de manganês (Mn) em diferentes tipos de solos orgânicos e solo sem adubação

SA = solo sem adição de fontes orgânicas; CF20 = solo com adição 20% de cama de frango; CF40 = solo com adição 40% de cama de frango; DS20 = solo com adição 20% de dejetos de suíno; DS40 = solo com adição 40% de dejetos de suíno; EB20 = solo com adição 20% de esterco bovino; EB40 = solo com adição 40% de esterco bovino; LE20 = solo com adição 20% de lodo de esgoto; LE40 = solo com adição 20% de lodo de esgoto. Letras iguais não se diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

O maior teor de sódio (Na) foi encontrado no tratamento CF20 (Figura 10), com 360 mg dm⁻³. O tratamento SA foi o que obteve menor teor de Na e obteve 355 mg dm⁻³ a menos que o CF20. O valor obtido pelo CF20 foi maior que o tratamento CF40, sendo 240 mg dm⁻³. Os demais tratamentos obtiveram valores menores significativos em relação

a CF. Em solos agrícolas não é comum a obtenção de altos teores de Na, seu excesso por ocasionar salinização do solo, assim levando ao processo de sodificação. O alto teor de Na no solo, causa estresse hídrico nas plantas, porém em quantidades ideais é considerado como um elemento mineral que estimulam o crescimento das plantas, porém, não é essencial para todas as espécies de plantas. O alto teor de Na nos tratamentos com CF pode ter ocorrido devido a alimentação das aves nas granjas. Alguns alimentos das aves possuem Na em sua composição. Assim, fezes e urina das aves salinizadas se incorporam a CF (FURLANI, 2004).

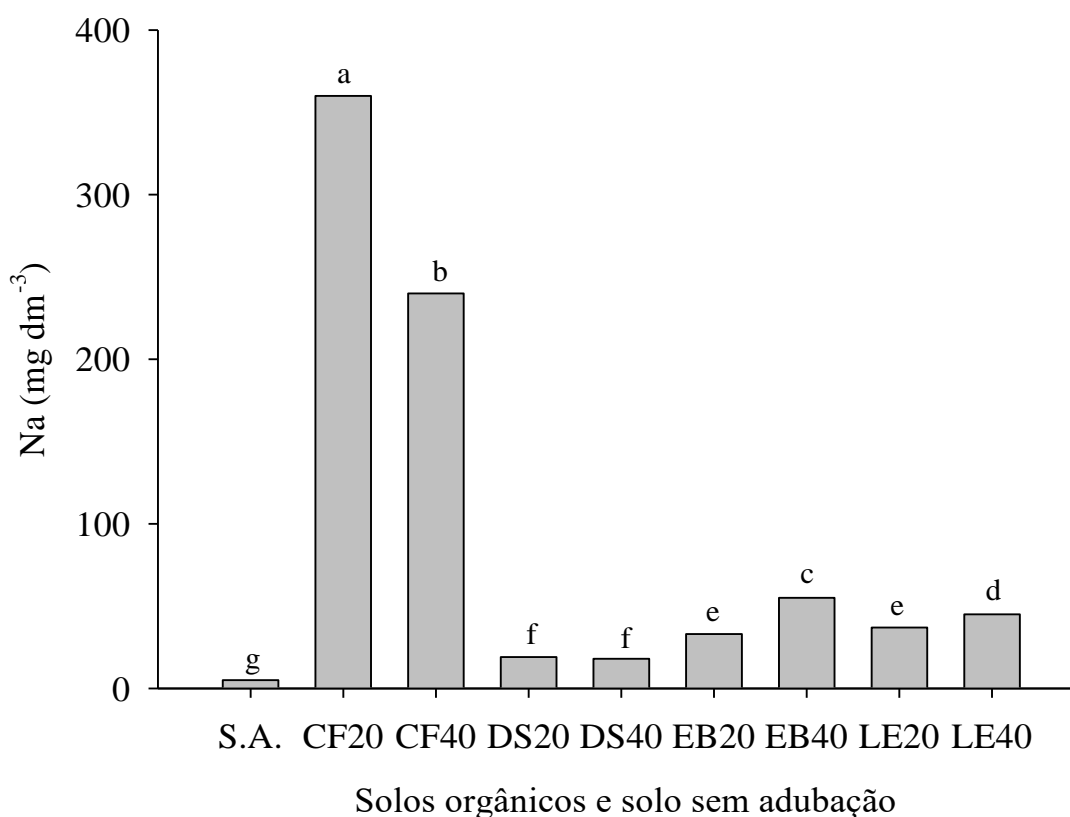


Figura 10. Teores de sódio (Na) em diferentes tipos de solos orgânicos e solo sem adubação

SA = solo sem adição de fontes orgânicas; CF20 = solo com adição 20% de cama de frango; CF40 = solo com adição 40% de cama de frango; DS20 = solo com adição 20% de dejetos de suíno; DS40 = solo com adição 40% de dejetos de suíno; EB20 = solo com adição 20% de esterco bovino; EB40 = solo com adição 40% de esterco bovino; LE20 = solo com adição 20% de lodo de esgoto; LE40 = solo com adição 20% de lodo de esgoto. Letras iguais não se diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

CONCLUSÃO

Os tratamentos com cama de frango obtiveram os maiores resultados para os macronutrientes potássio, magnésio e enxofre e para os micronutrientes cobre, manganês

e zinco. Tratamentos com esterco bovino obtiveram os maiores teores para o elemento potássio. Utilizando-se dejetos de suíno no solo obteve-se o maior teor de cálcio. Tratamentos com lodo de esgoto, os maiores teores foram encontrados para os elementos ferro e zinco.

No geral, a proporção de fontes orgânicas que forneceram os maiores teores dos elementos foi a de 40%.

O tipo de fonte a ser utilizada em recuperação de áreas degradadas deve ser definido de acordo com a alimentação dos animais para dejetos de suíno, esterco bovino e cama de frango e o tipo de atividade das indústrias no caso do lodo de esgoto. Outro fator a ser observado é o tipo de vegetação a ser utilizada em projetos de recuperação, diferentes espécies de plantas necessitam de teores dos elementos em quantidades diferentes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, M.F.; ABREU, C.A.; SARZI, I.; LINARES, A. Extratores aquosos para a caracterização química de substratos para plantas. **Horticultura Brasileira**, v. 25 p. 184-187. 2007.

ALCÂNTARA, F.A. DE; MADEIRA, N.R. **Manejo do solo no sistema de produção orgânico de hortaliças**. Brasília: Embrapa, 2008. 12 p.

ALVAREZ, V.; NOVAIS, R.F., V.H.; BARROS, N.F.; FONTES, R.LF.; CANTARUTTI, R.B; NEVES, J.C.L. **Fertilidade do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p.596-575.

BRASIL. IBGE 2016. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Agropecuário 2006**. 2006. Disponível em: <<http://cod.ibge.gov.br/DXF>>. Acesso em: 16 nov. 2016.

CARVALHO, D. F.; MONTEBELLER, C. A.; CRUZ, E. S.; CEDDIA, M. B.; LANA, A. M. Q. Perda de solo e água em um Argissolo Vermelho Amarelo, submetido a diferentes intensidades de chuva simulada. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.6, n.3, p.385-389, 2002.

DONAGEMA, G. K.; CAMPOS, D. V. B.; CALDERANO, S. B.; TEIXEIRA, W. G.; VIANA, J. H. M. **Manual de métodos de análise de solos**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2011. 230 p

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3 ed. rev. ampl. Brasília: Embrapa, 2013. 353 p.

ERNANI, P.R. Alterações em algumas características químicas na camada arável do solo pela aplicação de gesso agrícola sobre a superfície de campos nativos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 3, p. 241-245, 1986.

FERREIRA, D.F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**. v.35, n.6, p. 1039-1042, 2011.

FURLANI, A.M.C. Nutrição mineral. In: KERBAUY, G.B. **Fisiologia vegetal**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2004. p.40-75.

INÁCIO, C.T.; MILLER, P.R.M. **Compostagem**: ciência e prática para a gestão de resíduos orgânicos. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2009.

LOPES, A. S. & GUILHERME, L. R. G. Fertilidade do solo e produtividade agrícola. 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: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p.1-64.

MUCELIN, C.A.; BELLINI, M. Lixo e impactos ambientais perceptíveis no ecossistema urbano. **Sociedade & Natureza**, v. 20, n. 1, p. 111-124, 2008.

NOVAIS, R.F.; ALVAREZ, V.H.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B.; NEVES, J.C.L. **Fertilidade do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. 1017 p.

RABELO, C.G.; FERREIRA, M.E.; ARAÚJO, J.V.G.; STONE, L.F.; SILVA, S.C.; GOMES, M.P. Influência do uso do solo na qualidade da água no bioma Cerrado: um estudo comparativo entre bacias hidrográficas no Estado de Goiás, Brasil. **Revista Ambiente e Água**, v. 4, n. 2, p. 172-187, 2009.

RAIJ, B.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J., A., FURLANI A., M., C.,
Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo In: RAIJ, B.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO J.A.; FURLANI A.M.C. **Boletim técnico 100 - Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo**. Campinas: Instituto Agrônomo, 1997. p. 3-6.

SILVA, F.C. da; ABREU, M.F. de; PÉREZ, D.V.; EIRA, P.A. da; ABREU, C.A. de; VAN RAIJ, B.; GIANELLO, C.; COELHO, A.M.; QUAGGIO, J.A.; TEDESCO, M.J.; SILVA, C.A.; BARRETO, W.O. Métodos de análises químicas para avaliação da fertilidade do solo. In: SILVA, F.C. de. (Ed. Técnico). **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. 2ª ed. rev. ampl. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2009. p. 107-189.

SPARKS, D.L. Bioavailability of soil potassium. In : SUMNER, M.E. **Handbook of soil science**. Boca Raton, CRC Press, 2000, Section D.p.D48

VAN LIER, Q.J. **Física do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2010. 298 p.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos.**
Belo Horizonte: Editora UFMG, 2004. 452 p.