

AVALIAÇÃO DA CONDUTIVIDADE ELÉTRICA E PH DA SOLUÇÃO DO SOLO EM UMA ÁREA FERTIRRIGADA COM ÁGUA RESIDUÁRIA DE BOVINOCULTURA DE LEITE

JONATHAS BATISTA GONÇALVES SILVA¹; MAURO APARECIDO MARTINEZ²; CARINA SOARES PIRES³; IRINEU PEDRO DE SOUSA ANDRADE⁴; GEUZIMAR TERRAÇÃO DA SILVA⁵

¹ Eng. Agrícola e Ambiental, Prof. Msc., Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Instituto de Tecnologia, Departamento de Engenharia, Rod. BR 465, Km 7, CEP: 23890-970, Seropédica, RJ. Fone (21) 2622-1864, e-mail: jbsilva@ufrj.br

² Eng. Agrônomo, Prof. D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, Departamento de Engenharia, e-mail: mmauro@ufv.br

³ Graduando em Eng. Agrícola e Ambiental., Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Instituto de Tecnologia, Departamento de Engenharia, e-mail: carina.soarespires@gmail.com

⁴ Eng. Agrônomo, Mestrando em Ciência do Solo, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Instituto de Agronomia, Departamento de Solos, e-mail: andradeps@ufrj.br

⁵ Graduando em Eng. Agrícola e Ambiental., Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Instituto de Tecnologia, Departamento de Engenharia, e-mail: terracao_@hotmail.com

1 RESUMO

O aproveitamento de águas residuárias na fertirrigação de culturas agrícolas tem-se mostrado como uma boa opção na redução da poluição ambiental, além de promover melhoria nas características do solo, todavia, o uso incorreto pode trazer efeitos deletérios tanto ao solo quanto à cultura. Objetivou-se neste trabalho avaliar a condutividade elétrica (CE) e o pH na solução do solo em diferentes profundidades e em distintas épocas do regime pluviométrico (período seco e período chuvoso), em um Argissolo Vermelho-Amarelo, quando aplicado água residuária de bovinocultura de leite (ARB). O experimento foi conduzido no Sistema Integrado de Produção Agroecológica, localizado no município de Seropédica, no Estado do Rio de Janeiro. Na área utilizada neste trabalho é cultivada a cultura da figueira (*Ficus carica* L.), variedade Roxo de Valinhos. Diferentes lâminas de ARB foram aplicadas no solo como fonte de adubação nitrogenada (T1 - 0% de ARB e adubação complementar com torta de mamona; T2 - 50% da dose de N recomendada fornecida pela ARB e os outros 50 % com a torta de mamona; T3 - 75% da dose de N recomendada fornecida pela ARB e os outros 25 % fornecido pela torta de mamona; T4 - 100% da dose de N recomendada fornecida pela ARB). Nas parcelas experimentais foram instalados extratores de solução do solo a 0,20 e a 0,60 m de profundidade. Diante dos resultados verificou-se que o tratamento T1 possui maior CE na solução do solo em relação ao tratamento T4; não houve diferença estatística entre os valores da CE na solução do solo obtidos nas distintas profundidades analisadas; a CE na solução do solo é maior no período de seca; o tratamento T4 é aquele em que se obteve o maior valor de pH; o valor de pH na solução do solo é maior na profundidade de 0,60 m e no período chuvoso observa-se maior valor de pH na solução do solo.

Palavras-Chaves: Reuso, salinização, extrator de solução do solo.

SILVA, J. B. G.; MARTINEZ, M. A.; PIRES, C. S.; ANDRADE, I. P. de S.; SILVA, G. T. da. EVALUATION OF ELECTRICAL CONDUCTIVITY AND PH IN THE SOIL SOLUTION IN AN AREA FERTIGATED WITH WASTEWATER FROM DAIRY CATTLE

2 ABSTRACT

The use of wastewaters in fertigation of crops may enable increased productivity and quality of harvested products, and promote improvement in soil characteristics, however, incorrect use can have deleterious effects on both the soil and culture. The objective of this study was to evaluate the electrical conductivity (EC) and pH in soil solution at different depths and at the rainy and drought seasons in a Red-Yellow soil, when was applied wastewater from dairy cattle (WDC). The experiment was conducted in the Agroecological Production Integrated System, located in the Seropédica County, State of Rio de Janeiro. In the experimental area there is a fig crop (*Ficus carica L.*), variety Roxo de Valinhos. Different WDC doses were applied to the soil as a source of nitrogen fertilization (T1-0% of WDC and additional fertilizers with castor press cake, T2-50% of the recommended dose of N supplied by the WDC and the other 50% with the castor press cake, T3-75% of the recommended dose of N supplied by the WDC and the other 25% provided by the castor press cake, T4-100% of recommended dose of N provided by the WDC). In the experimental plots were installed soil solution extractors at 0.20 and 0.60 m depth. The results show that the treatment T1 has a higher soil solution EC than the T4; there was no statistical difference between the values of soil solution EC obtained at the different depths ; the soil solution EC is higher during the dry season; the treatment T4 had the highest pH value; the pH value in the soil solution is greater at the depth of 0.60 m; in the rainy season is observed a higher pH value in the soil solution.

Keywords: Reuse, salinization, extractors soil solution.

3 INTRODUÇÃO

A quantidade de dejetos produzidos diariamente por bovinos de leite é um dos maiores problemas em confinamentos. A disposição dos resíduos das instalações animais tem se constituído num desafio para criadores e especialistas, pois envolve aspectos técnicos, sanitários e econômicos.

Uma das alternativas que se tem apontado para a resolução do problema é o uso dessas águas em áreas agricultáveis. O aproveitamento de águas residuárias na fertirrigação de culturas agrícolas pode possibilitar o aumento da produtividade e qualidade dos produtos colhidos, redução da poluição ambiental e dos custos de produção, além de promover melhoria nas características químicas, físicas e biológicas do solo (Queiroz et al., 2004; Barros et al., 2005; Santos et al., 2006). Todavia, o uso incorreto pode trazer efeitos deletérios tanto ao solo quanto à cultura (Lo Monaco et al., 2009).

Estudos efetuados demonstram que a produtividade agrícola aumenta significativamente em áreas fertirrigadas com águas residuárias, desde que estas culturas sejam adequadamente manejadas (Erthal et al., 2010; Souza et al., 2010; Freitas et al., 2004; Queiroz et al., 2004). Erthal et al. (2010) verificou que a utilização da água residuária de bovinocultura de leite na fertirrigação de forrageiras propiciou maior absorção de nutrientes

pelas plantas. Queiroz et al (2004) obtiveram rendimento de aproximadamente 18 t.ha⁻¹ de matéria seca do capim tifton 85, trabalhando com água residuária de suinocultura. Souza et al. (2010) observaram que a fertirrigação com água residuária da suinocultura proporcionou aumento na área foliar e suprimento das necessidades nutricionais da cultura do tomateiro, resultando em frutos com sólidos solúveis acima de 5^o BRIX e saudáveis do ponto de vista sanitário. Os mesmos autores obtiveram um rendimento de 66,89 t.ha⁻¹ da cultura do tomateiro, quando aplicaram 150% das necessidades de nitrogênio da cultura usando água residuária da suinocultura. Freitas et al. (2004) obtiveram aumento na produtividade do milho quando aplicada água residuária de suinocultura, no entanto, verificaram que o solo se tornou salino após aplicação do efluente.

A concentração elevada de sais solúveis pode afetar seriamente o desenvolvimento e a produção de muitas culturas. À medida que a concentração de sais aumenta na solução do solo o potencial osmótico reduz, requerendo assim uma energia maior da planta para absorver a água do solo. Portanto, a planta pode ter o seu desenvolvimento comprometido por um estresse hídrico, mesmo com o teor de água no solo próximo à capacidade de campo. Os efeitos imediatos da salinidade sobre os vegetais são a seca fisiológica, proveniente do decréscimo do componente osmótico do potencial da água no solo; o desequilíbrio nutricional, devido ao aumento da concentração de determinados íons, inibindo a absorção de outros nutrientes; além do efeito tóxico de certos íons em concentração elevada, como, particularmente, o cloro, sódio e boro (Ferreira, 2007).

O potencial de hidrogênio (pH), figura-se como outro indicador de qualidade do solo do ponto de vista do desenvolvimento dos vegetais superiores. O pH influencia a solubilidade, a concentração em solução e a forma iônica dos nutrientes no solo e, conseqüentemente, a absorção e utilização deles pela planta (Mcbride e Blasiak, 1979). Sendo, portanto, uma das propriedades químicas do solo mais importantes na determinação da produção agrícola (Fageria, 2000). Vários são os estudos encontrados na literatura que descrevem a respeito da influencia do pH do solo na produção agrícola. Callegari et al. (2011), ao monitorar o pH do solo durante dois ciclos de produção de melão, observou que com o aumento do valor deste parâmetro o teor de sólidos solúveis da polpa e o peso médio dos frutos reduziram. Fageria (2000) verificou boa tolerância da cultura do arroz à acidez do solo, avaliando o efeito do pH do solo na produção e na acumulação de nutrientes pelas plantas.

O monitoramento periódico do pH, da salinidade e de alguns nutrientes na solução do solo, com o auxílio de extratores de solução tem-se tornado uma boa alternativa a fim de evitar prejuízos no desenvolvimento das culturas (Dias et al.; 2005). Diante disso, objetivou-se neste trabalho avaliar a condutividade elétrica e o pH na solução do solo em diferentes profundidades e em distintos períodos do regime pluviométrico em um Argissolo Vermelho-Amarelo, quando aplicado água residuária de bovinocultura de leite.

4 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Sistema Integrado de Produção Agroecológica (SIPA – “Fazendinha Agroecológica km 47”), localizado no município de Seropédica, no Estado do Rio de Janeiro. A área utilizada neste trabalho é de 1.014 m², onde é cultivada a cultura da figueira (*Ficus carica* L.), variedade Roxo de Valinhos.

A cultura foi implantada no ano de 2008, num espaçamento de 3 x 2 m. O solo da área experimental é classificado como um Argissolo Vermelho-Amarelo. O experimento foi conduzido entre os meses de Julho de 2011 a Março de 2012.

De acordo com Carvalho et al. (2006), o clima da região é classificado como Aw segundo Köppen, com temperaturas elevadas e chuvas no verão e um inverno seco com temperaturas amenas. As chuvas se concentram no período de novembro a março, com precipitação anual média de 1213 mm e temperatura média anual de 24,5°C.

Foi utilizada água residuária de bovinocultura de leite (ARB), obtida do estábulo do SIPA. A caracterização da ARB foi realizada no Laboratório de Qualidade de Água, do Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa (UFV), seguindo-se as recomendações contidas no Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (APHA, 1995). A caracterização da ARB consistiu das seguintes análises: sólidos totais, DBO, DQO, C-total, N-total, N-NH⁴⁺, N-, P-total, Ca, Mg, K, Na, Zn, Cu, pH e condutividade elétrica (CE). Na Tabela 1 apresentam-se as características da ARB.

Tabela 1. Caracterização da água residuária de bovinocultura de leite

Parâmetro	Valor
pH	6,54
CE (dS m ⁻¹)	3,03
ST (mg L ⁻¹)	16.351
DQO (mg L ⁻¹)	16.802
DBO (mg L ⁻¹)	2.380
Ntotal (mg L ⁻¹)	2.245
N-NH (mg L ⁻¹)	1.909
P (mg L ⁻¹)	89,35
K (mg L ⁻¹)	102,33
Na (mg L ⁻¹)	37,50
Ca (mg L ⁻¹)	210,10
Mg (mg L ⁻¹)	137,55
Zn (mg L ⁻¹)	1,00
Cu (mg L ⁻¹)	6,25

Amostras de solo foram coletadas na área do experimento nas profundidades de 0,20 e 60 m, a fim de se realizar a caracterização química e física deste. As profundidades escolhidas representam, respectivamente, um ponto dentro e outro abaixo da zona radicular (Leonel e Damatto Junior, 2007). Após coletadas, as amostras foram secas ao ar e passadas em peneira de 2 mm, sendo em seguida levadas ao Laboratório de Fertilidade e Rotina e ao Laboratório de Física do Solo, ambos do Departamento de Solos da UFV. As caracterizações foram realizadas segundo os métodos descritos por EMBRAPA (1997). A caracterização física do solo incluiu textura, massa específica do solo, condutividade elétrica do extrato da pasta do solo saturado e condutividade da solução do solo. A caracterização química do solo incluiu pH em H₂O, acidez trocável e potencial, matéria orgânica, capacidade de troca catiônica efetiva e potencial, soma de bases, teores trocáveis de Ca, K, Mg e Na, e disponível de P. Na Tabela 2 apresenta-se o resultado da caracterização do solo.

Tabela 2. Caracterização química e física do solo nas profundidades de 0,20 e 0,60 m

Profundidades (m)	0,20	0,60
pH em água	6,54	6,64
Fósforo (mg.dm ⁻³)	149,10	50,80
Potássio (mg.dm ⁻³)	153,00	89,00
Sódio (mg.dm ⁻³)	4,60	6,60
Cálcio (cmol _c .dm ⁻³)	2,85	2,12
Magnésio (cmol _c .dm ⁻³)	1,00	0,96
Alumínio (cmol _c .dm ⁻³)	0,00	0,00
Acidez total (cmol _c .dm ⁻³)	2,40	2,10
Soma de bases trocáveis (cmol _c .dm ⁻³)	4,26	3,34
CTC efetiva (cmol _c .dm ⁻³)	4,26	3,34
CTC total (cmol _c .dm ⁻³)	6,66	4,94
Classe textural	Franco-Argilo- Arenosa	Franco-Argilo- Arenosa
Massa específica do solo (kg.dm ⁻³)	1,29	1,33
Condutividade elétrica do extrato de saturação (dS.m ⁻¹)	0,106	0,087
Condutividade elétrica da solução do solo (dS.m ⁻¹)	1,604	1,659

O nitrogênio foi tomado como nutriente de referência na fertirrigação da figueira com a aplicação de ARB. As lâminas necessárias à aplicação das diferentes doses de nitrogênio foram calculadas por meio da equação 1 (Matos, 2006).

$$TA_{AR} = 1000 \frac{[N_{abs} - (T_{m1} MO \rho_s p 10^7 0,05 \frac{n}{12})]}{[T_{m2} N_{org} + (N_{amoniacal} + N_{nitrito}) TR]} \quad (01)$$

em que,

TA_{AR} - taxa de aplicação (m³ ha⁻¹);

N_{abs} - absorção de nitrogênio pela cultura para a obtenção da produtividade desejada (kg ha⁻¹);

T_{m1} - taxa anual de mineralização da matéria orgânica anteriormente existente no solo (kg kg⁻¹);

MO - conteúdo de matéria orgânica do solo (kg kg⁻¹);

ρ_s - massa específica do solo (t m⁻³);

P - profundidade de solo considerada (m);

N - número de meses de cultivo da cultura;

T_{m2} - taxa anual de mineralização do nitrogênio orgânico (kg kg⁻¹ ano⁻¹);

N_{org} - nitrogênio orgânico disponibilizado pelo resíduo aplicado (mg L⁻¹);

$N_{amoniacal}$ - nitrogênio amoniacal disponibilizado pelo resíduo aplicado (mg L⁻¹);

$N_{nitrito}$ - nitrogênio nítrico disponibilizado pelo resíduo aplicado (mg L⁻¹);

TR - taxa de recuperação do nitrogênio mineral pela cultura (kg kg⁻¹ ano⁻¹).

Os tratamentos aplicados foram os seguintes:

T1 - Testemunha – irrigação com água limpa e adubação orgânica (torta de mamona);

T2 - 50% da dose de nitrogênio recomendada para a figueira será fornecida por meio da fertirrigação com ARB, os outros 50 % da dose de nitrogênio será fornecido juntamente com a adubação orgânica complementar;

T3 - 75% da dose de nitrogênio recomendada para a figueira será fornecida por meio da fertirrigação com ARB, os outros 25 % da dose de nitrogênio será fornecido juntamente com a adubação orgânica complementar;

T4 - 100% da dose de nitrogênio recomendada para a figueira será fornecida por meio da fertirrigação com ARB.

A adubação complementar de nitrogênio foi realizada com o uso da torta de mamona. As adubações complementares de nitrogênio foram realizadas nos meses de agosto, setembro, novembro e fevereiro. Amostras da torta de mamona foram enviadas ao Laboratório de Matéria Orgânica e Resíduos do Departamento de Solos da UFV, para a realização da caracterização química, segundo metodologias propostas por EPA 3051 e APHA (1995). Na Tabela 3 apresenta-se a caracterização química da torta de mamona.

Tabela 3. Caracterização química da torta de mamona

Parâmetro	Valor
Carbono Total (%)	37,55
Cálcio (%)	0,48
Magnésio (%)	0,18
Potássio (%)	0,52
Fósforo (%)	0,35
Nitrogênio Total Kjeldahl (%)	5,00
Densidade (mg cm ⁻³)	0,49
pH	5,75
Cobre (mg kg ⁻¹)	4,00
Zinco (mg cm ⁻³)	53,30
Manganês (mg cm ⁻³)	43,80
Ferro (mg cm ⁻³)	1.249,30
Cádmio (mg cm ⁻³)	0,60
Níquel	Não detectável
Chumbo	Não detectável
Cromo (mg cm ⁻³)	23,10

A dose de nitrogênio aplicada foi de 260 g cova⁻¹, segundo recomendação de Almeida e Silveira (1997). A adubação orgânica complementar foi calculada subtraindo-se os valores de nitrogênio recomendado por Almeida e Silveira (1997), da quantidade aportada deste nutriente presente nas diferentes lâminas de ARB aplicadas. Não foi necessário realizar a complementação de potássio e fósforo, uma vez que o solo da área experimental possui elevado teor destes elementos, segundo CFSEMG (1999).

Na Tabela 4 apresenta-se a lâmina média da ARB aplicada por tratamento.

Tabela 4. Lâmina média aplicada da ARB por tratamento

Tratamento	Lâmina de ARB (mm)
Tratamento 1	0
Tratamento 2	46,50
Tratamento 3	69,75
Tratamento 4	93,00

A aplicação da ARB ao solo foi realizada com o uso de regadores, sob a projeção da copa da figueira nos meses de agosto, setembro, novembro e fevereiro.

Com a finalidade de monitorar a condutividade elétrica e o pH, foram instalados dois extratores de solução do solo em cada parcela, nas profundidades de 0,20 e 0,60 m (Figura 1). Antes de serem instalados, os extratores permaneceram em um recipiente com água destilada, a fim de evitar qualquer contaminação da solução.



Figura 1. Extratores instalados a profundidade de 0,20 e 0,60 m.

A coleta da solução do solo foi realizada conforme metodologia apresentada por Salomão (2009), que trabalhou com solos de textura arenosa. Na coleta da solução do solo os extratores foram submetidos a um vácuo de aproximadamente 80 kPa utilizando-se uma bomba manual (Figura 2a), após quatro horas o término da irrigação ou da ocorrência de uma chuva. A coleta da amostra era realizada 12 horas após a aplicação do vácuo, com o auxílio de uma seringa conectada a uma mangueira (Figura 2b). A coleta de solução do solo foi realizada mensalmente.



(a)



(b)

Figura 2. Bomba manual utilizada na aplicação do vácuo (a) e coleta das amostras de solução do solo (b).

A determinação da condutividade elétrica e do pH na solução do solo foi realizada no Laboratório de Agricultura Orgânica da EMBRAPA Agrobiologia, com o uso de um condutivímetro e um peagâmetro de bancada, respectivamente.

O experimento foi montado em esquema de parcelas subsubdivididas, tendo nas parcelas os tratamentos, nas subparcelas as profundidades e nas subsubparcelas as épocas do regime pluviométrico (seca e chuvosa), com o delineamento inteiramente casualizado e quatro repetições. Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias foram comparadas utilizando-se o teste de Tukey a 5% de probabilidade. As análises estatísticas foram realizadas empregando-se o software SISVAR (Ferreira, 2003).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 5 apresentam-se os valores médios da condutividade elétrica nos quatro tratamentos estudados, bem como o resultado do Teste de Tukey a 5% de significância.

Tabela 5. Valores médios da condutividade elétrica da solução do solo e Teste de Tukey a 5% de significância

Tratamentos	Médias (dS.m ⁻¹)	Resultados do teste
T4	0,658	A
T3	0,755	A
T2	0,958	AB
T1	1,102	B

*valores seguidos da mesma letra não diferem entre si estatisticamente a 5% de significância pelo Teste de Tukey.

Observou-se que os tratamentos T1 e T2 apresentaram maiores valores da condutividade elétrica quando comparado ao T4. Tal fato pode estar associado à lixiviação dos sais presentes na ARB às camadas mais profundas do perfil do solo, no momento da fertirrigação. Como a torta de mamona tem uma liberação mais lenta de nutrientes, em relação à ARB, o tratamento T1 apresentou maior condutividade elétrica, evidenciando maior concentração de sais no solo, nas profundidades monitoradas. De igual modo, Souza e Moreira (2010) verificaram que a adubação química da cultura do tomateiro, em geral, foi mais efetiva em aumentar a condutividade elétrica do extrato de saturação do que a água residuária de suinocultura. No entanto, Freitas et al. (2005) ao avaliarem o efeito da aplicação de água residuária da suinocultura nas características químicas do solo, verificaram um aumento de 2.755% da condutividade elétrica do extrato de saturação em relação ao tratamento manejado com água potável. Os autores ainda verificam que a aplicação de água residuária da suinocultura, utilizando como critério de aplicação a demanda evapotranspirométrica da cultura do milho, tornou o solo salino. Lo Monaco et al. (2009) verificaram aumento na condutividade elétrica do extrato de saturação à medida que aumentaram a dose de aplicação de água residuária do beneficiamento do fruto do cafeeiro. Os autores afirmam que tal comportamento está associado ao aumento do íon potássio na solução do solo, quando elevadas doses da água residuária do beneficiamento do fruto do cafeeiro eram aplicadas.

Na Tabela 6 apresentam-se os valores médios da condutividade elétrica na solução do solo nas duas profundidades avaliadas, bem como o resultado do Teste de Tukey a 5% de significância.

Tabela 6. Valores médios da condutividade elétrica da solução do solo obtidos em diferentes profundidades e o Teste de Tukey a 5% de significância

Profundidade	Médias (dS.m⁻¹)	Resultados do teste
0,20 m	0,955	A
0,60 m	0,772	A

*valores seguidos da mesma letra não diferem entre si estatisticamente a 5% de significância pelo Teste de Tukey.

Observou-se que não houve diferença estatística dos valores da condutividade elétrica da solução do solo entre as distintas profundidades. Acredita-se que tal comportamento está associado às frequentes irrigações, que favoreceram a solubilização dos sais da camada superior e posterior lixiviação às camadas inferiores do solo, propiciando uma distribuição mais uniforme dos sais ao longo do perfil. Diferentemente do obtido neste trabalho, Costa et al. (2009) monitoraram a condutividade elétrica do solo sob fertirrigação com diferentes concentrações de uréia e verificaram que a solução do solo apresentou maior concentração de sais dissolvidos nas camadas mais superficiais do solo. Medeiros et al. (2011) realizaram a fertirrigação da cultura do algodoeiro com água residuária da suinocultura e verificaram o decréscimo da condutividade elétrica do extrato de saturação no perfil do solo em todos os tratamentos aplicados. Bébé et al. (2009) verificaram maior valor da condutividade elétrica do extrato de saturação do solo na camada de 0-0,10 m do solo, em relação às camadas inferiores, quando aplicaram vinhaça no solo. Os autores afirmam que tal comportamento está associado a maior adsorção do cálcio na camada mais superficial.

Sabendo-se que a cultura da figueira possui sistema radicular superficial, valores elevados da condutividade elétrica nas camadas inferiores à rizosfera podem indicar um risco à qualidade das águas subterrâneas, uma vez que os sais podem lixiviar ao longo do perfil do solo, alcançando o lençol freático.

Na Tabela 7 apresentam-se os valores médios da condutividade elétrica da solução do solo obtidos em distintas épocas de regime pluviométrico. Essas épocas foram definidas como período chuvoso e período seco. Na Figura 3 apresenta-se o gráfico de precipitação entre os meses de Julho de 2011 a Março de 2012 e verifica-se que o período seco está compreendido entre os meses de Julho a Setembro de 2011 e o período chuvoso está compreendido entre os meses de Outubro de 2011 a Março de 2012. Portanto, os valores da condutividade elétrica da solução do solo obtidos para cada época foi determinado calculando-se a média entre os meses compreendidos em cada período.

Tabela 7. Valores médios da condutividade elétrica da solução do solo obtidos em diferentes épocas e teste de Tukey a 5% de significância

Período	Médias (dS.m⁻¹)	Resultados do teste
Chuvoso	0,668	A
Seco	1,059	B

*valores seguidos da mesma letra não diferem entre si estatisticamente a 5% de significância pelo Teste de Tukey.

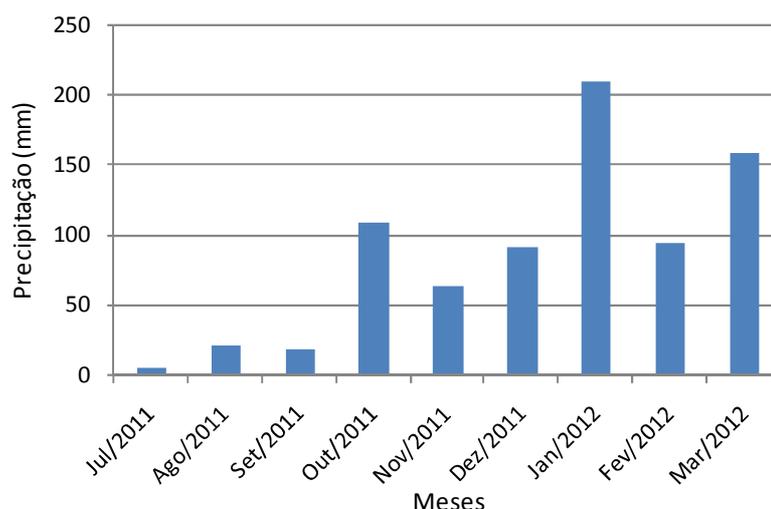


Figura 3. Gráfico de precipitação entre os meses de julho de 2011 a Março de 2012.

Diante dos resultados observou-se que a condutividade elétrica da solução do solo foi menor no período chuvoso em relação ao período seco. Tal comportamento pode estar associado à solubilização dos sais presentes nas camadas superiores do solo e posterior lixiviação destes para as suas camadas inferiores. Diferente do encontrado neste trabalho, Andrade et al. (2012) ao avaliarem a variabilidade da condutividade elétrica em água subterrânea na região semiárida de Pernambuco, verificaram que não houve diferenças significativas entre os meses de diferentes regimes pluviométricos.

Na Tabela 8 apresentam-se os valores médios do pH da solução do solo obtidos após a aplicação dos distintos tratamentos e o resultado do Teste de Tukey a 5% de significância.

Tabela 8. Valores médios do pH da solução do solo e Teste de Tukey a 5% de significância

Tratamentos	Médias	Resultados do teste
T2	6,32	A
T1	6,41	A
T3	6,63	B
T4	6,82	C

*valores seguidos da mesma letra não diferem entre si estatisticamente a 5% de significância pelo Teste de Tukey.

Diante dos resultados, observou-se que o tratamento T4 foi aquele que obteve o maior valor de pH. Segundo Silva e Mendonça (2007) o aumento do pH pode ser decorrência de alguns processos ocorridos no solo, tais como: redução da atividade de H⁺ resultante; mineralização de formas orgânicas de nitrogênio; desnitrificação e descarboxilação dos ácidos orgânicos. De igual modo, Medeiros et al. (2011) verificaram que a aplicação de água residuária de suinocultura no solo elevou os valores de pH em todas as profundidades analisadas. Medeiros et al. (2005), avaliando variações do pH do solo quando foi aplicada água residuária de origem doméstica, constataram incremento significativo, em relação às áreas que receberam calagem e adubação química. Lo Monaco et al. (2009) verificaram o aumento do pH no solo após a aplicação da água residuária do beneficiamento do fruto do café. Os autores afirmam que o aumento da concentração de potássio trocável no solo proporcionou o aumento do pH. No entanto, Queiroz et al. (2004), ao aplicar águas residuárias da suinocultura por escoamento superficial em rampas cultivadas com gramíneas

forrageiras, observaram decréscimo do pH no solo. Segundo Lo Monaco et al. (2009) O efeito da adição de matéria orgânica sobre o pH do solo tem sido controvertido e bastante discutido na literatura.

Na Tabela 9 apresentam-se os valores médios do pH da solução do solo obtidos em diferentes profundidades e o resultado do Teste de Tukey a 5% de significância.

Tabela 9. Valores médios do pH da solução do solo obtidos em diferentes profundidades e o Teste de Tukey a 5% de significância

Profundidade	Médias	Resultados do teste
0,20 m	6,39	A
0,60 m	6,72	B

*valores seguidos da mesma letra não diferem entre si estatisticamente a 5% de significância pelo Teste de Tukey.

Observou-se que o pH na solução do solo foi menor na camada de 0-0,20 m. Tal comportamento pode estar associado ao fato da incorporação da torta de mamona e da ARB ser realizada nas camadas mais superficiais do solo. Consequentemente, a degradação destes materiais pelos microrganismos nas camadas mais superficiais do solo, pode proporcionar diminuição no valor do pH do solo, devido à produção de CO₂ e de ácidos orgânicos (Silva e Mendonça, 2007). Semelhantemente, Medeiros et al. (2011) e Medeiros et al. (2005) verificaram aumento no pH no perfil do solo à medida que aumentava a profundidade, após aplicação de água residuária de suinocultura e doméstica, respectivamente.

Na Tabela 10 apresentam-se os valores médios do pH da solução do solo obtidos em diferentes épocas de regime pluviométrico e o resultado do Teste de Tukey a 5% de significância.

Tabela 10. Valores médios do pH da solução do solo obtidos em diferentes profundidades e o Teste de Tukey a 5% de significância

Período	Médias	Resultados do teste
Seco	6,51	A
Chuvoso	6,59	B

*valores seguidos da mesma letra não diferem entre si estatisticamente a 5% de significância pelo Teste de Tukey.

Foi observado que o pH na solução do solo foi menor no período seco em relação ao período chuvoso. Tal comportamento pode ser explicado pelo fato deste solo ser eletronegativo, o que proporciona uma maior concentração de hidroxilas (OH⁻) na solução do solo no período chuvoso, em relação à concentração dos íons hidrogênios (H⁺), que são adsorvidos no complexo de troca.

6 CONCLUSÕES

Após a análise dos resultados pode-se concluir que:

- O tratamento T1 proporcionou maior condutividade elétrica na solução do solo em relação T4;
- Não houve diferença estatística entre os valores da condutividade elétrica da solução do solo obtidos nas distintas profundidades;

- A condutividade elétrica da solução do solo foi maior no período de seca;
- O tratamento T4 proporcionou maior valor de pH;
- O valor do pH na solução do solo foi maior na profundidade de 0,60 m, e;
- No período chuvoso observou-se maior valor de pH na solução do solo.

7 REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

ALMEIDA, M. M.; SILVEIRA, E. T. Tratos culturais na cultura da figueira no sudoeste de Minas Gerais. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.18, n.188, p. 27-33, 1997.

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION – **Standart methods for the examination of water and wastewater**. New York. APHA, WWA, WPCR, 19^a ed., 1995.

ANDRADE, T. S.; MONTENEGRO, S. M. G. L.; MONTENEGRO, A. A. A.; RODRIGUES, D. F. B. Variabilidade espaço-temporal da condutividade elétrica da água subterrânea na região semiárida de Pernambuco. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.16, n.5, p.496–504, 2012.

BARROS, F. M.; MARTINEZ, M. A.; NEVES, J.C. L.; MATOS, A. T.; SILVA, D. D. Características químicas do solo influenciadas pela adição de água residuária da suinocultura. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.9, (Suplemento), p.47-51, 2005.

BEBÉ, F. V.; ROLIM, M. M.; PEDROSA, E. M. R.; SILVA, G. B.; OLIVEIRA, V. S. Avaliação de solos sob diferentes períodos de aplicação com vinhaça. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.13, n.6, p.781–787, 2009.

CALLEGARI, R. A. ; MORAIS, F. A. ; MIRANDA.N.O ; GOES,G.B. ; SILVA, R. M. . Correlação entre qualidade e produtividade de frutos de meloeiro e o pH do solo. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. v.6, p. p. 08 - 12-p.12, 2011.

CARVALHO, D.F.; SILVA, L.D.D.; FOLEGATTI, M.V.; COSTA, J.R.; CRUZ, F.A. Avaliação da evapotranspiração de referência na região de Seropédica-RJ utilizando lisímetro de pesagem. *Revista Brasileira Agrometeorologia*, Santa Maria, v.14, n.1, p.97-105. 2006.

CFSEMG - **Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais. Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais – 5^a aproximação**. RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P.T.G.; ALVAREZ V., V. H., editores. Viçosa, MG, 1999. 359 p.

COSTA, F. S. ; COELHO, E. F ; CARVALHO, G. C. ; BARROS, D. L. ; SANT'ANA, J. A. V ; NASCIMENTO JUNIOR, A. L. . Condutividade elétrica do solo sob fertirrigação com diferentes concentrações de uréia e nitrato de potássio na bananeira Terra. **In: XXXII Congresso Brasileiro de Ciência do Solo**, 2009, Fortaleza (CE). O Solo e a Produção de Bioenergia: Perspectivas e Desafios. Fortaleza (CE): wave Media, 2009.

DIAS, N. da S.; DUARTE, S. N., GHEYI, H. R., MEDEIROS, J. F. de; SOARES, T. M.. Manejo da fertirrigação e controle da salinidade do solo sob ambiente protegido, utilizando-se

extratores de solução do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.9, n.4, p.496-504, 2005

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Manual de métodos de análise de solo. Rio de Janeiro: EMBRAPA -CNPS, 1997. 211p.

EPA – 3051. Disponível em: <<http://www.epa.gov/epawaste/hazard/testmethods/index.htm>>. Acesso em 07 mai. 2012.

ERTHAL, V. J. T.; FERREIRA, P. A.; MATOS, A. T.; PEREIRA, O. G. Alterações físicas e químicas de um argissolo pela aplicação de água residuária de bovinocultura. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande**, v. 14, n. 5, p.467-477, 2010.

FAGERIA, N. K. Resposta de arroz de terras altas à correção de acidez em solo de cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.35, n.11, p.2303-2307, 2000.

FERREIRA, D. F. Programa de análises estatísticas (statistical analysis software) e planejamento de experimentos – SISVAR 5.0 (Build 67). Lavras: DEX/UFLA, 2003.

FERREIRA, P. A., RUIZ, H. A. Transporte de solutos no solo. Viçosa – MG: UFV, 2007. 30p. (Apostila).

FREITAS, W. S.; OLIVEIRA, R. A.; PINTO, F. A.; CECON, P. R.; GALVÃO, J. C. C. Efeito da aplicação de águas residuárias da suinocultura na produção do milho para silagem. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 8, n 1, p.120-125, 2005.

LEONEL, S.; DAMATTO JUNIOR, E. R. Perfil radicular da figueira sob efeito de níveis de adubação orgânica. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 29, n. 1, p. 191-194, 2007.

LO MONACO, P. A.; MATOS, A. T.; MARTINEZ, H. E. P.; FERREIRA, P. A.; MOTA, M. M. Características químicas do solo após a fertirrigação do cafeeiro com águas residuárias da lavagem e descascamento de seus frutos. **Irriga**, Botucatu, v. 14, n. 3, p. 348-364, 2009.

MATOS, A. T. Disposição de águas residuárias no solo. Viçosa, MG: AEAGRI, 2006. 142 p. (Caderno Didático n. 38).

MCBRIDE, M. B.; BLASIAK, J. J. Zinc and copper solubility as a function of pH in an acid soil. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v.43, p.866-870, 1979.

MEDEIROS, S. S.; GHEYI, H. R.; PÉREZ-MARIN, A. M.; SOARES, F. A. L.; FERNANDES, D. Características químicas do solo sob algodoeiro em área que recebeu água residuária da suinocultura. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 35, p.1047-1055, 2011.

MEDEIROS, S.S.; SOARES, A.A.; FERREIRA, P.A.; NEVES, J.C.L.; MATOS, A.T.; SOUZA, J.A.A. Utilização de água residuária de origem doméstica na agricultura: Estudo das alterações químicas do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 9, p. 603-612, 2005.

MÉLO, R. F.; FERREIRA, P. A.; MATOS, A. T.; RUIZ, H. A.; OLIVEIRA, L. B. Alterações físicas e químicas em três solos tratados com água residuária de mandioca. **Irriga**, Botucatu, v. 10, n. 4, p. 383-392, 2005

QUEIROZ, F. M.; MATOS, A. T.; PEREIRA, O. G.; OLIVEIRA, R. A. Changes on the soil characteristics of overland flow treatment using swine wastewater. In: Soares, A.A. e Saturnino, H. M. **Competitive use and conservation strategies for water and natural resources**. Fortaleza: ABID/ICID, 2001. P. 166-172.

QUEIROZ, F. M.; MATOS, A. T.; PEREIRA, O. G.; OLIVEIRA, R. A.; LEMOS, A. F. Características químicas do solo e absorção de nutrientes por gramíneas em rampas de tratamento de águas residuárias da suinocultura. **Revista Engenharia na Agricultura**, Viçosa, MG, v.12, n.2, p.77-90, 2004.

SANTOS, S. S.; SOARES, A. A.; MATOS, A. T.; MANTOVANI, E. C.; BATISTA, R. O. Efeitos da aplicação localizada de esgoto sanitário tratado nas Características químicas do solo. **Revista Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v.14 n.1, 32-38, 2006.

SILVA, I. R.; MENDONÇA, E. S. Matéria orgânica do solo. In: Novais, R. F. et al., eds. **Fertilidade do solo**. Viçosa, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. 2007, p. 275-374.

SALOMÃO, L. C. **Determinação do tempo de vácuo, momento de coleta e posicionamento de extratores de cápsulas porosas em solo arenoso**. Botucatu, SP, UNESP: p. 79. 2009. Dissertação (Mestrado em Agronomia)

SOUZA, J. A. R.; MOREIRA, D. A. Efeitos do uso da água residuária da suinocultura na condutividade elétrica e hidráulica do solo. **Engenharia Ambiental**, Espírito Santo do Pinhal, v. 7, n. 3, p. 134-143, 2010.

SOUZA, J. A. R.; FERREIRA, P. A.; MATOS, A. T.; MOREIRA, D. A. Nutrição de tomateiro fertirrigado com água residuária da suinocultura. **Revista Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v.18 n.1, 30-39, 2010.