

JONATHAS BATISTA GONÇALVES SILVA

**CULTIVO ORGÂNICO DA FIGUEIRA (*Ficus carica* L.)  
FERTIRRIGADA COM ÁGUA RESIDUÁRIA DE BOVINOCULTURA DE  
LEITE: EFEITOS NO SOLO E NA CULTURA**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, para obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

VIÇOSA  
MINAS GERAIS – BRASIL  
2012

**Ficha catalográfica preparada pela Seção de Catalogação e  
Classificação da Biblioteca Central da UFV**

T

S586u  
2012

Silva, Jonathas Batista Gonçalves, 1984-

Uso de água residuária de bovinocultura de leite no cultivo da figueira (*Ficus carica* L.) : efeitos no solo e na cultura / Jonathas Batista Gonçalves Silva. – Viçosa, MG, 2012. xvii, 86f. : il. ; (algumas color.) ; 29cm.

Inclui anexos.

Orientador: Mauro Aparecido Martinez

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Viçosa.

Referências bibliográficas: f. 75-84

1. Resíduos animais - Reaproveitamento. 2. Fertirrigação. 3. Irrigação com águas residuais. 4. Água - Reuso. 5. Agricultura orgânica. 6. Adubos e fertilizantes orgânicos. 7. Figo. I. Universidade Federal de Viçosa. Departamento de Engenharia Agrícola. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola. II. Título.

CDD 22. ed. 628.3

JONATHAS BATISTA GONÇALVES SILVA

**CULTIVO ORGÂNICO DA FIGUEIRA (*Ficus carica* L.)  
FERTIRRIGADA COM ÁGUA RESIDUÁRIA DE BOVINOCULTURA DE  
LEITE: EFEITOS NO SOLO E NA CULTURA**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, para obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

APROVADA: 29 de outubro de 2012.

---

Prof. Ronaldo Fia

---

Prof. Luiz Fernando Coutinho de Oliveira

---

Prof. Alisson Carraro Borges

---

Prof. Leonardo Duarte Batista da Silva  
(Coorientador)

---

Prof. Mauro Aparecido Martinez  
(Orientador)

*“O conhecimento é bom, mas a sabedoria é ainda melhor. O conhecimento pode ajudar você a passar em testes e realizar tarefas, mas a sabedoria guiará sua vida nos momentos de decisão mais importantes”*

*Stephen Arterburn*

*“Temer a Deus é o princípio da sabedoria”*

*Provérbios de Salomão*

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente a Deus, meu grande amigo, por seu eterno cuidado, concedendo-me a graça de realizar mais este sonho.

À minha esposa Renata, pelo amor, carinho, motivação e respeito.

Aos meus pais Jeremias e Emília, pelo o amor e o carinho. Melhores pais do mundo.

À Debora e Matheus, meus irmãos e amigos. Amo muito vocês.

Ao prof. Mauro Aparecido Martinez pelos valiosos conselhos e ensinamentos na orientação deste trabalho.

À Angélica, Gustavo, Karol e Marcelo, minha família em Viçosa.

Aos grandes amigos da Comunidade Batista da Paz, pelo convívio e amizade.

Aos professores Antonio Teixeira de Matos, Paulo Roberto Cecon, Leonardo Duarte Batista da Silva e Luiz Carlos Chamhum Salomão pelo apoio e sugestões no decorrer do trabalho.

Aos professores do Departamento de Engenharia Agrícola da UFV, responsáveis por minha formação acadêmica e crescimento profissional.

Aos membros da banca examinadora desta tese, pela participação e valiosa contribuição.

Aos colegas de trabalho Alexandre Lioi Nascentes, Daniel Fonseca de Carvalho, Jorge Pimenta Mello, Leonardo Duarte Batista da Silva, Gabriel Ferraz e Marcus Vinícius, pelo convívio e amizade na UFRRJ.

Aos pesquisadores da EMBRAPA/Agrobiologia que auxiliaram no desenvolvimento deste trabalho.

Ao Geuzimar, Carina, Carol, Irineu, Thaís, João Paulo e Wilk,

importantes colaboradores no desenvolvimento deste trabalho.

À Universidade Federal de Viçosa, pela oportunidade em realizar a graduação, mestrado e doutorado.

À Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, que me acolheu e me concedeu a oportunidade de concluir o doutorado.

## **BIOGRAFIA**

JONATHAS BATISTA GONÇALVES SILVA, filho de Jeremias Soares da Silva e Emília Batista Gonçalves Silva, nasceu em 20 de maio de 1984, na cidade de Inhapim, Minas Gerais.

Em 2002, iniciou o curso de Engenharia Agrícola e Ambiental na Universidade Federal de Viçosa, concluindo-o em março de 2007. Em março de 2007, ingressou no programa de Pós-graduação em nível de mestrado, em Engenharia Agrícola, na área de Recursos Hídricos e Ambientais, submetendo-se à defesa de tese em fevereiro de 2009.

No mês de março de 2009 ingressou no programa de Pós-graduação em nível de doutorado, em Engenharia Agrícola, na área de Recursos Hídricos e Ambientais, submetendo-se à defesa de tese em outubro de 2012.

Em agosto de 2010 foi efetivado na Universidade federal Rural do Rio de Janeiro, atuando como professor na área de Recursos Hídricos, onde permanece até a presente data.

## ÍNDICE

|                                                    |      |
|----------------------------------------------------|------|
| LISTA DE SÍMBOLOS .....                            | viii |
| LISTA DE FIGURAS .....                             | ix   |
| LISTA DE TABELAS .....                             | xi   |
| RESUMO .....                                       | xiv  |
| ABSTRACT .....                                     | xvi  |
| 1. INTRODUÇÃO .....                                | 1    |
| 2. OBJETIVOS .....                                 | 4    |
| 2.1. OBJETIVO GERAL .....                          | 4    |
| 2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....                   | 4    |
| 3. MATERIAL E MÉTODOS .....                        | 5    |
| 3.1. CARACTERIZAÇÃO DO LOCAL .....                 | 5    |
| 3.2. CARACTERIZAÇÃO DO CLIMA .....                 | 5    |
| 3.3. CARACTERIZAÇÃO DO SOLO .....                  | 7    |
| 3.4. CARACTERIZAÇÃO DA ÁGUA RESIDUÁRIA .....       | 9    |
| 3.5. CARACTERIZAÇÃO DA TORTA DE MAMONA .....       | 11   |
| 3.6. CARACTERIZAÇÃO DA ÁGUA DE IRRIGAÇÃO .....     | 12   |
| 3.7. ADUBAÇÃO .....                                | 12   |
| 3.8. DELINEAMENTO EXPERIMENTAL .....               | 16   |
| 3.9. CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO .....                 | 17   |
| 3.9.1. IRRIGAÇÃO .....                             | 17   |
| 3.9.2. PODA .....                                  | 21   |
| 3.9.3. CONTROLE FITOSSANITÁRIO .....               | 22   |
| 3.10. CARACTERÍSTICAS AVALIADAS .....              | 23   |
| 3.10.1. CARACTERÍSTICAS DO SOLO .....              | 23   |
| 3.10.2. CARACTERÍSTICAS DA SOLUÇÃO DO SOLO .....   | 24   |
| 3.10.3. CARACTERÍSTICAS DA CULTURA .....           | 25   |
| 3.10.3.1. NUTRIENTES NAS FOLHAS E FIGOS .....      | 25   |
| 3.10.3.2. ANÁLISE DE CRESCIMENTO .....             | 26   |
| 3.10.3.3. PRODUÇÃO .....                           | 27   |
| 3.10.3.4. QUALIDADE FITOSSANITÁRIA DOS FIGOS ..... | 28   |
| 3.11. ANÁLISES ESTATÍSTICAS .....                  | 28   |

|                                                                                |           |
|--------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>4. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>                                         | <b>29</b> |
| <b>4.1 CARACTERÍSTICAS DO SOLO .....</b>                                       | <b>29</b> |
| <b>4.1.1. CONDUTIVIDADE ELÉTRICA DO EXTRATO DA PASTA SATURADA DO SOLO.....</b> | <b>29</b> |
| <b>4.1.2. ACIDEZ ATIVA (pH).....</b>                                           | <b>30</b> |
| <b>4.1.3. MATÉRIA ORGÂNICA.....</b>                                            | <b>32</b> |
| <b>4.1.4. NITROGÊNIO .....</b>                                                 | <b>33</b> |
| <b>4.1.5. FÓSFORO .....</b>                                                    | <b>35</b> |
| <b>4.1.6. POTÁSSIO .....</b>                                                   | <b>37</b> |
| <b>4.1.7. CÁLCIO .....</b>                                                     | <b>39</b> |
| <b>4.1.8. MAGNÉSIO .....</b>                                                   | <b>40</b> |
| <b>4.1.9. SÓDIO.....</b>                                                       | <b>41</b> |
| <b>4.1.10. ZINCO .....</b>                                                     | <b>44</b> |
| <b>4.1.11. COBRE .....</b>                                                     | <b>45</b> |
| <b>4.1.12. FERRO.....</b>                                                      | <b>47</b> |
| <b>4.1.13. MANGANÊS .....</b>                                                  | <b>48</b> |
| <b>4.2 CARACTERÍSTICAS DA SOLUÇÃO DO SOLO .....</b>                            | <b>49</b> |
| <b>4.2.1 CONDUTIVIDADE ELÉTRICA DA SOLUÇÃO DO SOLO .....</b>                   | <b>49</b> |
| <b>4.2.2 CONCENTRAÇÃO DE NITRATO NA SOLUÇÃO DO SOLO .....</b>                  | <b>51</b> |
| <b>4.2.3 CONCENTRAÇÃO DE AMÔNIO NA SOLUÇÃO DO SOLO.....</b>                    | <b>55</b> |
| <b>4.3 CARACTERÍSTICAS DA CULTURA .....</b>                                    | <b>57</b> |
| <b>4.3.1 NUTRIENTES NAS FOLHAS E FIGOS.....</b>                                | <b>57</b> |
| <b>4.3.2 ANÁLISE DE CRESCIMENTO .....</b>                                      | <b>63</b> |
| <b>4.3.3 PRODUÇÃO .....</b>                                                    | <b>68</b> |
| <b>4.3.4 QUALIDADE FITOSSANITÁRIA DOS FIGOS .....</b>                          | <b>72</b> |
| <b>5. CONCLUSÕES .....</b>                                                     | <b>74</b> |
| <b>6. REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA.....</b>                                        | <b>75</b> |
| <b>ANEXOS.....</b>                                                             | <b>85</b> |

## LISTA DE SÍMBOLOS

| <b>Símbolo</b>        | <b>Descrição</b>                                                                  |                                          |
|-----------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|
| Ea                    | - Eficiência do sistema de irrigação                                              |                                          |
| IRN                   | - Irrigação real necessária                                                       | (mm)                                     |
| ITN                   | - Irrigação total necessária                                                      | (mm)                                     |
| ITN <sub>Loc</sub>    | - Irrigação total necessária localizada                                           | (mm)                                     |
| KA                    | - Constante dielétrica do solo                                                    |                                          |
| K <sub>L</sub>        | - Fator de localização                                                            |                                          |
| MO                    | - Conteúdo de matéria orgânica do solo                                            | (kg kg <sup>-1</sup> )                   |
| N                     | - Número de meses de cultivo da cultura                                           |                                          |
| N <sub>abs</sub>      | - Absorção de nitrogênio pela cultura para a obtenção da produtividade desejada   | (kg ha <sup>-1</sup> )                   |
| N <sub>amonical</sub> | - Nitrogênio amoniacal disponibilizado pelo resíduo aplicado                      | (mg L <sup>-1</sup> )                    |
| N <sub>nitrato</sub>  | - Nitrogênio nítrico disponibilizado pelo resíduo aplicado                        | (mg L <sup>-1</sup> )                    |
| N <sub>org</sub>      | - Nitrogênio orgânico disponibilizado pelo resíduo aplicado                       | (mg L <sup>-1</sup> )                    |
| N <sub>torta</sub>    | - Concentração de nitrogênio presente na torta de mamona                          | (kg kg <sup>-1</sup> )                   |
| P                     | - Profundidade de solo considerada                                                | (m)                                      |
| PA                    | - Porcentagem de área sombreada ou molhada                                        | (%)                                      |
| PST                   | - Porcentagem de sódio trocável                                                   | (%)                                      |
| T                     | - Dose de aplicação da torta de mamona                                            | (kg cova <sup>-1</sup> )                 |
| TA <sub>AR</sub>      | - Lâmina de aplicação                                                             | (m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> )       |
| T <sub>m1</sub>       | - Taxa anual de mineralização da matéria orgânica anteriormente existente no solo | (kg kg <sup>-1</sup> )                   |
| T <sub>m2</sub>       | - Taxa anual de mineralização do nitrogênio orgânico                              | (kg kg <sup>-1</sup> ano <sup>-1</sup> ) |
| T <sub>m3</sub>       | - Taxa de mineralização da torta                                                  | (kg kg <sup>-1</sup> ano <sup>-1</sup> ) |
| TR                    | - Taxa de recuperação do nitrogênio mineral pela cultura                          | (kg kg <sup>-1</sup> ano <sup>-1</sup> ) |
| z                     | - Profundidade efetiva do sistema radicular                                       | (mm)                                     |
| ρ <sub>s</sub>        | - Massa específica do solo                                                        | (t m <sup>-3</sup> )                     |
| θ <sub>atual</sub>    | - Teor volumétrico atual de água no solo                                          | (cm <sup>3</sup> cm <sup>-3</sup> )      |
| θ <sub>C.C.</sub>     | - Teor volumétrico de água na capacidade de campo                                 | (cm <sup>3</sup> cm <sup>-3</sup> )      |

## LISTA DE FIGURAS

| <b>Figuras</b> | <b>Descrição</b>                                                                                                                             |    |
|----------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1       | - Estação meteorológica utilizada na aquisição de dados climáticos.....                                                                      | 6  |
| Figura 2       | - Temperatura máxima, média e mínima.....                                                                                                    | 6  |
| Figura 3       | - Precipitação.....                                                                                                                          | 7  |
| Figura 4       | - Evapotranspiração de referência.....                                                                                                       | 7  |
| Figura 5       | - Reservatórios utilizados no preparo e armazenamento da ARB.....                                                                            | 11 |
| Figura 6       | - Aplicação da ARB sob a projeção da copa da figueira, com o uso de um regador.....                                                          | 14 |
| Figura 7       | - Torta de mamona (a) e aplicação da torta de mamona na projeção da copa da cultura (b).....                                                 | 15 |
| Figura 8       | - Delineamento inteiramente casualizado adotado na área do experimento.....                                                                  | 17 |
| Figura 9       | - Mangueira de polietileno com três gotejadores por planta....                                                                               | 18 |
| Figura 10      | - Disposição do sistema de irrigação na área (a) e cabeçal de controle (b).....                                                              | 18 |
| Figura 11      | - Instalação (a) e teste das sondas de TDR no campo (b).....                                                                                 | 19 |
| Figura 12      | - Figueira após poda de frutificação (a) e vista panorâmica da área depois de realizada a poda de frutificação (b).....                      | 21 |
| Figura 13      | - Pasta utilizada no controle da broca da figueira ( <i>Azochis gripusalis</i> ) (a) e planta após a aplicação da pasta (b).....             | 22 |
| Figura 14      | - Folhas da figueira contaminada pela ferrugem ( <i>Cerotelium fici</i> ) (a) e antracnose ( <i>Colletotrichum gloesporioides</i> ) (b)..... | 23 |
| Figura 15      | - Figs danificados pela larva (a) e larva presente no fruto (b).....                                                                         | 23 |
| Figura 16      | - Extratores instalados a profundidade de 0,20 e 0,60 m.....                                                                                 | 24 |
| Figura 17      | - Bomba manual utilizada na aplicação do vácuo (a), coleta das amostras de solução do solo (b).....                                          | 25 |
| Figura 18      | - Medição do comprimento dos ramos e contagem do número de folhas.....                                                                       | 26 |
| Figura 19      | - Identificação do ramo selecionado para a análise de crescimento (a) e planta com os ramos selecionados (b)....                             | 27 |
| Figura 20      | - Padrão de colheita do figo (a) e cavidade do figo colhido com 35 mm de diâmetro (b).....                                                   | 27 |
| Figura 21      | - Variação da concentração de nitrato na solução do solo determinada ao longo do período experimental, nas                                   |    |

|           |                                                                                                                                                               |    |
|-----------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
|           | profundidades de 0,20 m (a) e 0,60 m (b).....                                                                                                                 | 55 |
| Figura 22 | - Comprimento dos ramos da figueira ao longo do ciclo (a) e número de folhas por ramo da figueira ao longo do ciclo (b) em função da adubação e do tempo..... | 67 |
| Figura 23 | - Números de frutos (a), produção por planta (b) e produtividade (c) ao longo do ciclo.....                                                                   | 71 |

## LISTA DE TABELAS

| <b>Tabela</b> | <b>Descrição</b>                                                                                                                                              |    |
|---------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabela 1      | - Caracterização física do Argissolo Vermelho-Amarelo coletada nas camadas de 0-20 e 0,40-60 m.....                                                           | 8  |
| Tabela 2      | - Caracterização química do Argissolo Vermelho-Amarelo coletada nas camadas de 0-20 e 0,40-60 m.....                                                          | 9  |
| Tabela 3      | - Caracterização da água residuária da bovinocultura.....                                                                                                     | 10 |
| Tabela 4      | - Caracterização química da torta de mamona.....                                                                                                              | 11 |
| Tabela 5      | - Caracterização química da água de irrigação.....                                                                                                            | 12 |
| Tabela 6      | - Lâminas médias da ARB e as doses de torta de mamona aplicadas por planta, em cada adubação.....                                                             | 15 |
| Tabela 7      | - Quantidade de nutrientes aportados às parcelas experimentais após a aplicação das diferentes adubações....                                                  | 16 |
| Tabela 8      | - Normas da resolução da Agencia Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) - RDC nº12 de 2001, que regulamenta os padrões microbiológicos para alimentos..... | 28 |
| Tabela 9      | - Médias da condutividade elétrica da pasta saturada do solo, em $\text{dS.m}^{-1}$ , nas camadas de 0-0,20 e 0,40-0,60 m, após adubação.....                 | 29 |
| Tabela 10     | - Médias do pH do solo determinado nas camadas de 0-0,20 e 0,40-0,60 m, após adubação.....                                                                    | 30 |
| Tabela 11     | - Médias do teor de matéria orgânica no solo, em $\text{dag.kg}^{-1}$ , determinado nas camadas de 0-0,20 e 0,40-0,60 m, após adubação.....                   | 32 |
| Tabela 12     | - Médias do teor de nitrogênio no solo, em $\text{dag.kg}^{-1}$ , determinado nas camadas de 0-0,20 e 0,40-0,60 m, após adubação.....                         | 34 |
| Tabela 13     | - Médias do teor de fósforo disponível no solo, em $\text{mg.dm}^{-3}$ , determinado nas camadas de 0-0,20 e 0,40-0,60 m, após adubação.....                  | 35 |
| Tabela 14     | - Médias do teor de potássio disponível no solo, em $\text{mg.dm}^{-3}$ , determinado nas camadas de 0-0,20 e 0,40-0,60 m, após adubação.....                 | 37 |
| Tabela 15     | - Médias do teor de cálcio trocável no solo, em $\text{cmol}_c.\text{dm}^{-3}$ , determinado nas camadas de 0-0,20 e 0,40-0,60 m, após adubação.....          | 38 |
| Tabela 16     | - Médias do teor de magnésio trocável no solo, em $\text{cmol}_c.\text{dm}^{-3}$ , determinadas nas camadas de 0-0,20 e 0,40-0,60 m, após adubação.....       | 40 |

|           |                                                                                                                                                                                     |    |
|-----------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabela 17 | - Médias do teor de sódio disponível no solo, em $\text{mg.dm}^{-3}$ , determinadas nas camadas de 0-0,20 e 0,40-0,60 m, após adubação .....                                        | 42 |
| Tabela 18 | - Porcentagem de sódio trocável no complexo de troca, em %, determinado nas camadas de 0-0,20 e 0,40-0,60 m, após adubação.....                                                     | 43 |
| Tabela 19 | - Médias do teor de zinco disponível no solo, em $\text{mg.dm}^{-3}$ , nas camadas de 0-0,20 e 0,40-0,60 m, após adubação.....                                                      | 44 |
| Tabela 20 | - Médias do teor de cobre disponível no solo, em $\text{mg.dm}^{-3}$ , determinadas nas camadas de 0-0,20 e 0,40-0,60 m, após adubação.....                                         | 45 |
| Tabela 21 | - Médias do teor de Ferro disponível no solo, em $\text{mg.dm}^{-3}$ , nas camadas de 0-0,20 e 0,40-0,60 m, após adubação.....                                                      | 47 |
| Tabela 22 | - Médias do teor de manganês disponível no solo, em $\text{mg.dm}^{-3}$ , determinadas nas camadas de 0-0,20 e 0,40-0,60 m, após adubação.....                                      | 48 |
| Tabela 23 | - Valores médios da condutividade elétrica da solução do solo, em $\text{mS.cm}^{-1}$ , determinados nas profundidades de 0,20 e 0,60 m, após adubação.....                         | 50 |
| Tabela 24 | - Valores médios da concentração de nitrato na solução do solo, em $\text{mg.L}^{-1}$ , determinados nas profundidades de 0,20 e 0,60 m, após adubação.....                         | 52 |
| Tabela 25 | - Valores médios da concentração de amônio na solução do solo, em $\text{mg.L}^{-1}$ , determinados nas profundidades de 0,20 e 0,60 m, após adubação.....                          | 56 |
| Tabela 26 | - Análise de variância dos teores dos teores de N, K, Ca, Mg e P quantificados nas folhas das figueiras submetidas às distintas adubações .....                                     | 58 |
| Tabela 27 | - Teores de Ca, Mg, K, P e N quantificados em amostras de folhas de figueira (massa seca) submetidas as distintas adubações .....                                                   | 58 |
| Tabela 28 | - Análise de variância dos teores de Fe, Mn e Zn quantificados nas folhas das figueiras submetidas às distintas adubações.....                                                      | 59 |
| Tabela 29 | - Teores de Fe, Mn e Zn quantificados em amostras de folhas de figueira (massa seca) submetidas às distintas adubações e o resultado do Teste de Tukey a 10 % de significância..... | 60 |
| Tabela 30 | - Análise de variância e os teores médios de N, P, K, Ca e Mg presentes nos figos verdes submetidas a distintas adubações.....                                                      | 62 |
| Tabela 31 | - Teores médios de N, P, K, Ca e Mg presentes nos figos verdes (massa seca) e o resultado do Teste de Tukey a 10% de significância.....                                             | 62 |

|           |                                                                                                                                       |    |
|-----------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabela 32 | - Teores exportados de N, P, K, Ca e Mg por frutos verdes da cultura da figueira (adaptado de FERNANDES e BUZETTI, 1999).....         | 63 |
| Tabela 33 | - Análise de variância do comprimento dos ramos e do número de folhas por ramo das figueiras submetidas a - distintas adubações.....  | 63 |
| Tabela 34 | - Valores médios do comprimento dos ramos e do número de folhas por ramo das figueiras submetidas a distintas adubações.....          | 64 |
| Tabela 35 | - Modelos ajustados ao comprimento dos ramos e ao número de folhas por ramo em função tempo (dias após a poda).....                   | 66 |
| Tabela 36 | - Análise de variância do número de frutos, produção por planta e a produtividade das figueiras submetidas a distintas adubações..... | 68 |
| Tabela 37 | - Valores médios do número de frutos, produção por planta e produtividade das figueiras submetidas a distintas adubações.....         | 68 |
| Tabela 38 | - Resultado das análises de microbiológicas (coliformes termotolerantes e <i>salmonella</i> ) realizada nos frutos.....               | 72 |
| Tabela I  | - Tabela de análise de variância das variáveis analisadas no solo.....                                                                | 85 |
| Tabela II | - Tabela de análise de variância das variáveis analisadas na solução do solo.....                                                     | 86 |

## RESUMO

SILVA, Jonathas Batista Gonçalves, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, Outubro de 2012. **Uso de água residuária de bovinocultura de leite no cultivo da figueira (*Ficus carica* L.): efeitos no solo e na cultura.** Orientador: Mauro Aparecido Martinez. Coorientadores: Antonio Teixeira de Matos, Leonardo Duarte Batista da Silva, Luiz Carlos Chamhum Salomão e Paulo Roberto Cecon.

O aproveitamento de águas residuárias na fertirrigação de culturas agrícolas pode possibilitar aumento de 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. Diante do disso objetivou-se avaliar os efeitos da fertirrigação com água residuária da bovinocultura de leite (ARB), no solo e nas características fisiológicas e de produção da figueira (*Ficus carica* L.), cultivada em sistema de produção orgânica, no campo. O trabalho foi desenvolvido na área do Sistema Integrado de Produção Agroecológica (SIPA), no município de Seropédica, RJ. A ARB foi preparada a partir da mistura de água potável com esterco bovino fresco, em razão do estábulo do SIPA ser realizada apenas pelo processo de raspagem dos resíduos sólidos. O nitrogênio foi tomado como nutriente de referência na fertirrigação da figueira com aplicação de ARB e as formulações de adubação adotadas foram: Adubação 1 - 100% da dose de nitrogênio recomendada para a figueira fornecida pela adubação com torta de mamona; Adubação 2 - 50% da dose de nitrogênio recomendada para a figueira fornecida por meio da fertirrigação com ARB e os outros 50 % da dose de nitrogênio fornecido juntamente com a adubação orgânica complementar; Adubação 3 - 75% da dose de nitrogênio recomendada para a figueira fornecida por meio da fertirrigação com ARB e os outros 25 % da dose de nitrogênio fornecido juntamente com a adubação orgânica complementar; Adubação 4 - 100% da dose de nitrogênio recomendada para a figueira fornecida por meio da fertirrigação com ARB. Amostras de solo foram coletadas com o uso de um trado tipo rosca nas camadas de 0-0,20 e 0,40-0,60 m. Foram avaliados os seguintes parâmetros

do solo: condutividade elétrica do extrato da pasta saturada do solo, pH, matéria orgânica, Ca, Mg e Na trocáveis, N, P, K, Zn, Fe, Mn e Cu disponíveis. Com a finalidade de monitorar a condutividade elétrica e as concentrações de nitrato e amônia na solução do solo, foram instalados dois extratores de solução do solo em cada parcela, nas profundidades de 0,20 e 0,60 m. A coleta e análise da solução do solo foi realizada mensalmente. A fim de avaliar os efeitos da fertirrigação com ARB sobre a figueira, foi avaliado o crescimento da cultura, nutrientes nas folhas e frutos, produção e qualidade fitossanitária dos frutos. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas utilizando-se o teste de Tukey a 10 % de probabilidade. As médias do pH do solo e do teor de magnésio foram maiores nas parcelas experimentais submetidas a Adubação 4, em a Adubação 1. Não houve alteração dos teores da matéria orgânica do solo, nitrogênio, manganês e cobre entre as adubações. Os teores de fósforo, cálcio e zinco foram maiores na Adubação 1. Em relação às condições iniciais do solo, ocorreu diminuição dos teores dos macronutrientes e micronutrientes, após a aplicação das adubações, reduzindo assim o risco de acumulação destes elementos no sistema solo-água. Verificou-se que as médias da condutividade elétrica da solução do solo foram maiores na época seca, quando comparado com a época chuvosa. As concentrações médias de nitrato na solução do solo foram maiores nos tratamentos que receberam maior quantidade de torta de mamona e foram menores na época chuvosa em relação à época seca, em ambas as profundidades. O comprimento dos ramos, o número de folhas por ramos, o número de frutos, a produção e a produtividade foram menores nas plantas submetidas a Adubação 4. Acredita-se que a alta concentração de amônio na ARB pode ter causado toxicidade à figueira, comprometendo o crescimento e produção da cultura, quando submetida a Adubação 4. Não observou-se contaminação dos frutos por coliformes termotolerantes e salmonela. Diante dos resultados pode-se concluir que a torta de mamona pode ser substituída parcialmente pela ARB, sem o comprometimento do crescimento e da produção da figueira, além de não trazer prejuízos ao solo.

## ABSTRACT

SILVA, Jonathas Batista Gonçalves, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, October, 2012. **The use of wastewater from dairy cattle in the cultivation of fig tree (*Ficus carica* L.): effects in the soil and crop.** Advisor: Mauro Aparecido Martinez. Co-advisors: Antonio Teixeira de Matos, Leonardo Duarte Batista da Silva, Luiz Carlos Chamhum Salomão and Paulo Roberto Cecon.

The harnessing of wastewater in growing crops can make possible increased productivity and quality of the harvested products, reducing environmental pollution and production costs, and improvements in the chemical, physical and biological soil. Ahead of this, aimed at evaluating the effects of the use of wastewater from dairy cattle (ARB), about soil characteristics and physiological and production of fig tree (*Ficus carica* L.). The work was developed in the area of the Integrated System of Agroecological Production (SIPA), in the municipality of Seropédica, RJ. The ARB was prepared from the mixing of potable water with fresh cattle manure and the nitrogen was taken as the reference nutrient in the fertilization of the fig tree, and adopted the following formulations of fertilizer: Fertilization 1 - 100% of recommended dose of the nitrogen to the fig tree provided by fertilization with castor bean; Fertilization 2 - 50% of recommended dose of the nitrogen to the fig tree provided by the ARB and the other 50% of the nitrogen supplied by fertilization with castor bean; Fertilization 3 - 75% of the recommended dose of the nitrogen to the fig tree provided by the ARB and the other 25% of the nitrogen supplied by fertilization with castor bean; Fertilization 4-100% dose nitrogen recommended for fig tree provided by ARB. Samples of soil were collected using an auger type thread on the layers of 0 to 0.20 and 0.40-0.60 m, being evaluated: electrical conductivity of the saturation extract soil pH, organic matter, Ca, Mg and Na exchangeable, N, P, K, Zn, Fe, Mn and Cu that are available. With the purpose of monitor the electrical conductivity and the concentrations of nitrate and ammonia in the soil solution, were installed two extractors of soil solution on each parcel, at the depths of 0.20 and 0.60 m. In order to evaluate the effects of using ARB on fig tree was evaluated the

growth of culture, nutrients in the leaves, production and phytosanitary quality of the fruits. The obtained data were submitted to analysis of variance and means were compared using the Tukey test at 10% probability. Based on the results it was verified that, after application of ARB in the soil, there was no difference in the electrical conductivity of the saturation extract soil between the parcels and mean values of pH and magnesium in soil and phosphorus, calcium and zinc were higher in the fertilization that received only castor bean. In relation to the initial conditions of the soil, decrease the levels of macronutrients and micronutrients, after application of fertilizers, thus reducing the risk of accumulation of these elements in the soil-water. The electrical conductivity and concentrations of nitrate and ammonium in the soil solution were higher in plots that received greater quantities of castor bean. With regard to the characteristics evaluated in fig tree it was found that the use of ARB in cultivation of culture did not provide nutritional deficiency to the plants and that the length of the branches and number of branches per leaves, the number of fruits production and productivity were smaller in plants subjected to the fertilization that received only ARB. It was also found that there was no contamination of fruit by thermotolerant coliforms and *Salmonella* after use of ARB in the fertilization of the fig tree. Based on these results it can be concluded that the castor bean can be partially replaced by the ARB.

## 1. INTRODUÇÃO

A previsão de produção mundial de leite, em 2011, foi de 724 milhões de toneladas, segundo a Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO), o que representa um aumento de 2 % em relação ao ano anterior (FAO, 2012). No ano de 2010, o Brasil apareceu como o quinto maior produtor de leite, com mais de 31 milhões de toneladas produzidas (EMBRAPA, 2012a). A região Sudeste do País é a maior produtora, com mais de 10 bilhões de litros ou 36% da produção nacional (EMBRAPA, 2012b).

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

A quantidade total de efluentes orgânicos produzida em confinamentos de vacas leiteiras varia de 9,0 a 12,0% do peso vivo do rebanho por dia, e depende, também, do volume de água utilizado na limpeza e desinfecção das instalações e equipamentos da unidade de produção (CAMPOS et al., 2002). No que se refere às características qualitativas da água residuária da bovinocultura de leite, pode-se afirmar que a água é rica em material orgânico, sólidos totais e nutrientes, tais como o nitrogênio e o potássio (ERTHAL et al., 2010a).

Os efluentes orgânicos oriundos de sistemas de produção leiteira confinada, quando lançados num corpo receptor, provocam alterações físicas, químicas e biológicas nos mananciais, oferecem riscos à saúde pública e ao abastecimento, porque podem estar presentes na água elementos patogênicos e/ou tóxicos (SILVA e ROSTON, 2010). Outra grave consequência é a maior demanda de oxigênio no meio aquático provocada pela estabilização da matéria orgânica, que resulta na formação de pequenas quantidades de sais minerais dissolvidos na água, principalmente nitrogênio e fósforo, cuja presença leva ao desenvolvimento excessivo de algas e consequente eutrofização de rios, riachos, lagos e lagoas (VON SPERLING, 1998).

Diante da degradação ambiental causada pelo lançamento de águas residuárias nos corpos hídricos e da ação fiscalizadora realizada por órgãos públicos responsáveis pela qualidade do meio ambiente, busca-se soluções específicas no sentido de tratar, dispor ou aproveitar os resíduos (BARROS et al., 2005).

A aplicação de água residuária no solo tem se tornado uma alternativa efetiva na disposição final de efluentes agroindustriais, ricos em material orgânico e nutrientes. O aproveitamento de águas residuárias na fertirrigação de culturas agrícolas pode possibilitar aumento de 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 (MELI, et al., 2002; QUEIROZ et al., 2004; BARROS et al., 2005; SANTOS et al., 2006).

Segundo Carvalho e Caetano (2006), o aumento do teor de matéria orgânica no solo proporciona o aumento do pH e da saturação por bases, assim como a complexação e a precipitação de alumínio da solução do solo. Queiroz et al. (2001) verificaram um aumento de 171; 62 e 5% na concentração de P disponível, K e Ca trocáveis, respectivamente, na camada de 0-20 cm do solo, após aplicação de água residuária da suinocultura em rampas de escoamento, a um taxa de média de 800 kg ha<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup> de DBO. Souza et al. (2009) fertirrigaram a cultura do tomateiro com água residuária da suinocultura e observaram um incremento de até 59% na concentração de P disponível no solo, nos tratamentos que receberam água residuária em relação à testemunha. Os mesmos autores verificaram um aumento de 36% na concentração de nitrogênio no solo, em relação às condições iniciais. Erthal et al. (2010a) aplicaram água residuária da bovinocultura em um Argissolo e verificaram que as concentrações de P, K, Ca e Mg aumentaram com acréscimos nas taxas de aplicação do efluente (25, 50, 75 e 100 kg ha<sup>-1</sup> de K), nas camadas superficiais do solo. Queiroz et al. (2004) observaram que a aplicação de água residuária da suinocultura em rampas de escoamento proporcionou acúmulo de Na, Zn e Cu disponíveis no solo, após a incorporação de 1.805; 1.738 e 140 kg ha<sup>-1</sup> destes nutrientes no meio, respectivamente.

Ao selecionar uma cultura que será fertirrigada com a água residuária

é desejável que esta apresente características como crescimento rápido, produção de grande massa radicular, além de alta capacidade de absorção de nitrogênio, tais como pastagens, capineiras e culturas perenes, como as frutíferas. Também é importante que a espécie cultivada possua grande capacidade de extração de nutrientes do solo.

A figueira (*Ficus carica* L.), da família das moráceas, é originária da Ásia Menor e da Síria, de onde se dispersou pelos países da Bacia Mediterrânea (NOGUEIRA, 1995). Esta cultura possui grande capacidade de adaptação aos mais variados tipos de solos e é uma das espécies frutíferas que mais responde à adubação nitrogenada. Segundo Almeida e Silveira (1997), a cultura da figueira retira até 433 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> de nitrogênio do solo. A figueira também responde de forma muito favorável, às aplicações de matéria orgânica do solo. Caetano e Carvalho (2006) verificaram aumento de, aproximadamente, 14; 7 e 12% da produtividade, do peso médio de frutos e do número de frutos de figos verdes por planta, respectivamente, nas parcelas adubadas com esterco bovino curtido em relação àquelas sem esterco.

No Brasil, a figueira é cultivada, principalmente, nas regiões sul e sudeste, tendo como principal cultivar o Roxo de Valinhos (PENTEADO, 1999). A produção brasileira de figo em 2009 foi de 24.146 toneladas, produção alcançada em uma área de 3.072 hectares (IBRAF, 2012). Segundo Dalastra et al. (2009), o Brasil é o principal exportador de figos frescos para o mercado egípcio, turco e libanês, maiores consumidores mundiais.

Ainda de acordo com Dalastra et al. (2009), a fim de aumentar a área de cultivo da cultura da figueira, uma alternativa para os ficultores, seria a produção orgânica de figos-verdes, voltados para o processamento industrial, buscando-se melhores preços em vista da agregação de valor.

O conhecimento sobre os teores de nutrientes e outros componentes das águas residuárias, além das características da cultura e do solo é, fundamentalmente, importante para que se possa propor a forma mais apropriada de disposição do efluente no solo, incluindo as taxas de aplicação.

Em virtude da escassez de dados sobre uso da água residuária de

bovinocultura de leite no sistema de cultivo orgânico da figueira, torna-se necessária a realização de estudos que enfoquem o comportamento agrônomo da figueira associado à disposição final desse efluente. Diante do exposto levanta-se a hipótese de que a substituição da torta de mamona por água residuária de bovinocultura de leite na adubação da figueira não trará efeitos deletérios ao solo e a cultura.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1.OBJETIVO GERAL**

Objetivou-se neste trabalho avaliar os efeitos do uso de água residuária da bovinocultura de leite no cultivo da figueira (*Ficus carica* L.), sobre as características do solo e fisiológicas e de produção da cultura.

### **2.2.OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Avaliar os efeitos do uso da água residuária de bovinocultura de leite no cultivo da figueira sobre:
  - A condutividade elétrica do extrato da pasta saturada do solo.
  - O pH, o teor de matéria orgânica no solo, os teores trocáveis de cálcio e magnésio e disponíveis de fósforo, potássio, sódio, zinco, cobre, ferro e manganês.
  - A condutividade elétrica e a concentração de nitrato e amônio na solução do solo.
  - O teor de nutrientes nas folhas da figueira e nos figos produzidos.
  - O crescimento da figueira (comprimento dos ramos e número de folhas por ramo).
  - O número de frutos produzidos, a produção média por planta e a produtividade estimada da figueira.
  - A qualidade fitossanitária dos figos produzidos.

### **3. MATERIAL E MÉTODOS**

#### **3.1. CARACTERIZAÇÃO DO LOCAL**

O trabalho foi desenvolvido na área do Sistema Integrado de Produção Agroecológica (SIPA), entre julho de 2011 e maio de 2012. O SIPA originou-se de um convênio entre a EMBRAPA Agrobiologia, a Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ) e a Empresa de Pesquisa Agropecuária do Estado do Rio de Janeiro (PESAGRO – RIO). O SIPA está inserido na região da baixada fluminense, no município de Seropédica - RJ, entre os meridianos 43°40'00" e 43°41'10" W e os paralelos de 22° 44'30" e 22° 45'30" S, com uma área total de 59 ha, é destinado à experimentação agrícola sob o manejo agroecológico. A área total do cultivo da figueira, variedade Roxo de Valinhos, é de 1.014 m<sup>2</sup>, com a cultura implantada no ano de 2008, no espaçamento de 3 x 2 m.

O solo da área experimental foi classificado por Almeida; Guerra e Ribeiro (2003) como Argissolo Vermelho-Amarelo.

#### **3.2. CARACTERIZAÇÃO DO CLIMA**

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, com precipitação anual média de 1.213 mm e temperatura média anual de 24,5 °C.

Os elementos climáticos foram monitorados a partir de uma estação meteorológica instalada próxima a área experimental (Figura 1). A estação possui sensores de temperatura e umidade relativa do ar (Vaisala, mod. HMP45C-L) e um pluviógrafo (Globalwater, GL400-1-1). Dentro de uma caixa de aço galvanizado, há um sistema de aquisição e armazenamento de dados (microdatalogger Campbell Scientific, mod CR23X), programado para coletar dados a cada três segundos e armazenar as médias e/ou totais a cada 30 min.



Figura 1 - Estação meteorológica utilizada na aquisição de dados climáticos.

Nas Figuras 2 e 3 estão apresentados, respectivamente, os valores medidos dos elementos climáticos: temperatura máxima, média e mínima, e precipitação, obtidos durante o período em que foi conduzido o experimento. Na Figura 4, apresentam-se os dados de evapotranspiração de referência calculados utilizando a Equação de Penman-Monteith (ALLEN et al., 1998).

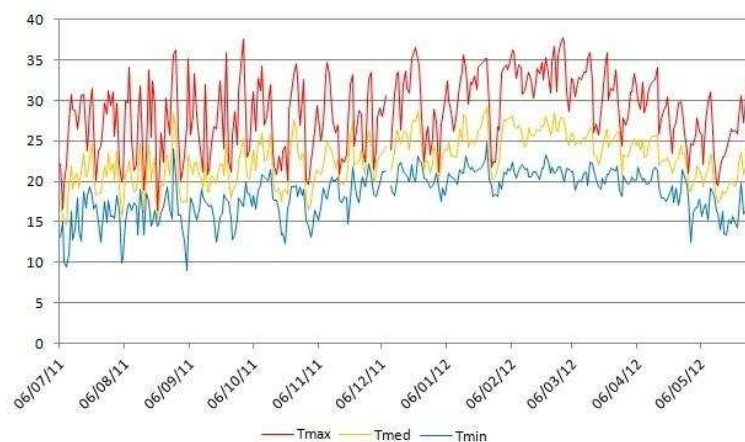


Figura 2 - Temperatura máxima, média e mínima do ar obtidas entre os meses de julho de 2011 e maio de 2012, a partir da estação meteorológica instalada no SIPA.

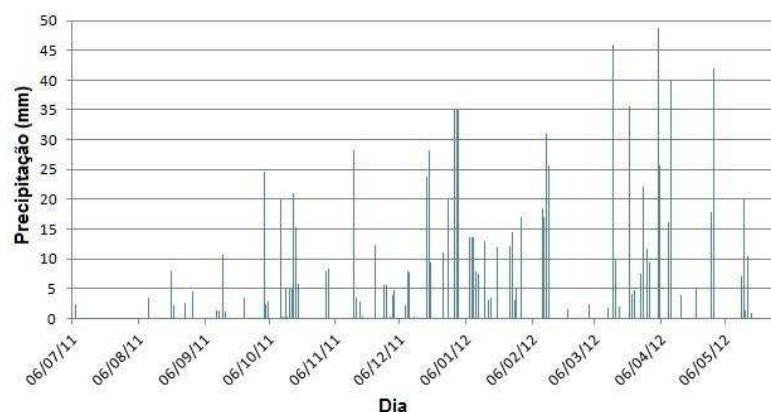


Figura 3 – Precipitação registrada entre os meses de julho de 2011 e maio de 2012, a partir da estação meteorológica instalada no SIPA.

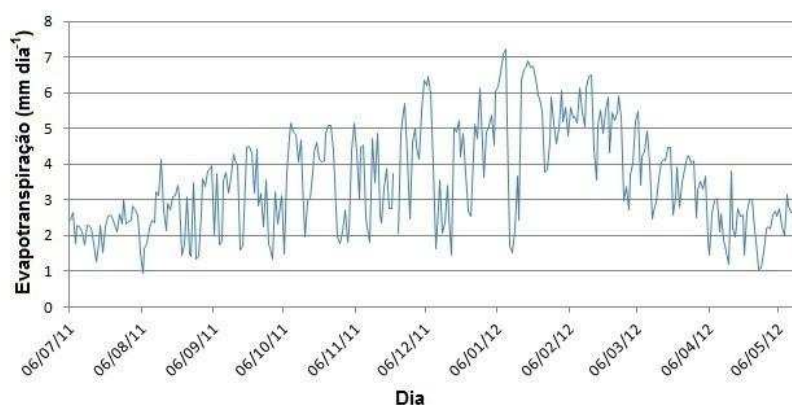


Figura 4 - Evapotranspiração de referência calculada utilizando a equação de Penman-Monteith entre os meses de julho de 2011 e maio de 2012.

### 3.3. CARACTERIZAÇÃO DO SOLO

As amostras de solo foram coletadas antes da aplicação da água residuária de bovinocultura de leite na área do experimento nas camadas de 0-0,20 e 0,40-0,60 m, a fim de se realizar a caracterização química e física (EMBRAPA, 1997). 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 Universidade Federal de Viçosa (UFV).

A caracterização física do solo incluiu: análise granulométrica, argila dispersa em água, massa específica do solo e de partícula, porosidade total e condutividade elétrica do extrato da pasta saturada do solo.

A caracterização química do solo incluiu: pH em água e em coloreto de potássio (KCl), acidez trocável e potencial, matéria orgânica, capacidade de troca catiônica efetiva e potencial, soma de bases, saturação por alumínio, por bases e sódio, teores trocáveis de cálcio e magnésio, e disponíveis de fósforo, potássio, sódio, zinco, cobre, ferro, manganês e nitrogênio.

Nas Tabelas 1 e 2 apresentam-se a caracterização física e química do solo antes da aplicação da água residuária de bovinocultura de leite, respectivamente.

Tabela 1 - Caracterização física do Argissolo Vermelho-Amarelo coletada nas camadas de 0-20 e 0,40-60 m na área experimental do SIPA, antes da aplicação da água residuária de bovinocultura de leite

| Características físicas                                | Camadas (m)           |                       |
|--------------------------------------------------------|-----------------------|-----------------------|
|                                                        | 0-0,20                | 0,40-0,60             |
| Teor de areia grossa (dag kg <sup>-1</sup> )           | 51                    | 53                    |
| Teor de areia fina (dag kg <sup>-1</sup> )             | 19                    | 18                    |
| Teor de silte (dag kg <sup>-1</sup> )                  | 9                     | 8                     |
| Teor de argila (dag kg <sup>-1</sup> )                 | 21                    | 21                    |
| Classe textural                                        | Franco-Argilo-Arenosa | Franco-Argilo-Arenosa |
| Argila dispersa em água (%)                            | 3                     | 6                     |
| Massa específica das partículas (kg dm <sup>-3</sup> ) | 2,67                  | 2,73                  |
| Massa específica do solo (kg dm <sup>-3</sup> )        | 1,29                  | 1,33                  |
| Porosidade total (%)                                   | 52                    | 51                    |
| Condutividade elétrica (dS m <sup>-1</sup> )           | 0,106                 | 0,087                 |

Tabela 2 - Caracterização química do Argissolo Vermelho-Amarelo coletada nas camadas de 0-20 e 0,40-60 m na área experimental do SIPA, antes da aplicação da água residuária de bovinocultura de leite

| Características químicas                          | Camadas (m) |           |
|---------------------------------------------------|-------------|-----------|
|                                                   | 0-0,20      | 0,40-0,60 |
| pH em água                                        | 6,54        | 6,64      |
| pH em KCl                                         | 5,57        | 5,79      |
| P (mg dm <sup>-3</sup> )                          | 149,10      | 50,80     |
| K (mg dm <sup>-3</sup> )                          | 153,00      | 89,00     |
| Na (mg dm <sup>-3</sup> )                         | 4,60        | 6,60      |
| Ca (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )          | 2,85        | 2,12      |
| Mg (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )          | 1,00        | 0,96      |
| Al (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )          | 0,00        | 0,00      |
| H + Al (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )      | 2,40        | 2,10      |
| SB (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )          | 4,26        | 3,34      |
| CTC efetiva (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> ) | 4,26        | 3,34      |
| CTC total (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )   | 6,66        | 4,94      |
| V (%)                                             | 64,00       | 67,60     |
| m (%)                                             | 0,00        | 0,00      |
| ISNA (%)                                          | 0,47        | 0,86      |
| P-rem (mg dm <sup>-3</sup> )                      | 49,20       | 48,9      |
| MO (dag kg <sup>-1</sup> )                        | 2,07        | 1,16      |
| Zn (mg dm <sup>-3</sup> )                         | 12,46       | 5,32      |
| Fe (mg dm <sup>-3</sup> )                         | 55,40       | 67,90     |
| Mn (mg dm <sup>-3</sup> )                         | 53,30       | 53,00     |
| Cu (mg dm <sup>-3</sup> )                         | 5,95        | 3,48      |
| N (dag kg <sup>-1</sup> )                         | 0,12        | 0,10      |

H + Al – acidez total; SB – soma de bases trocáveis; V – índice de saturação de bases; m – índice de saturação de alumínio; ISNA – índice de saturação de sódio; P-rem – fósforo remanescente; MO – matéria orgânica.

### 3.4. CARACTERIZAÇÃO DA ÁGUA RESIDUÁRIA

A água residuária de bovinocultura (ARB) foi preparada a partir da mistura de água potável com esterco bovino fresco. A razão de se preparar a ARB é explicada pelo fato da limpeza do estábulo do SIPA ser realizada apenas pelo processo de raspagem dos resíduos sólidos. Para tanto, realizou-se uma análise criteriosa das características dos dejetos provenientes do curral, de forma que a água residuária preparada apresentasse características semelhantes às aquelas apresentadas por Erthal et al. (2010a). Considerou-se a concentração de nitrogênio como característica de referência no preparo do efluente. Em testes realizados, observou-se que a mistura de 15% de esterco fresco em 85% de água

potável, foi aquela que proporcionou um efluente com características mais próximas às aquelas citadas por Erthal et al. (2010a).

A caracterização da água residuária foi realizada no Laboratório de Qualidade de Água do Departamento de Engenharia Agrícola da UFV, conforme métodos recomendados pela APHA et al. (2005). Foram analisadas as seguintes características: pH, condutividade elétrica (CE), sólidos totais, demanda bioquímica de oxigênio (DBO), demanda química de oxigênio (DQO), nitrogênio total, nitrogênio amoniacal e concentrações totais de fósforo, cálcio, magnésio, potássio, sódio, ferro, zinco e cobre e relação de adsorção de sódio (RAS). Na Tabela 3 apresentam-se a caracterização da ARB utilizada no experimento.

Tabela 3 - Caracterização da água residuária da bovinocultura de leite preparada a partir da mistura de 15% de esterco fresco da curral do SIPA e 85% de água potável

| Características                                         | Valores médios | Desvio padrão | Valores obtidos por ERTHAL et al. (2010a) |
|---------------------------------------------------------|----------------|---------------|-------------------------------------------|
| pH                                                      | 6,48           | 0,34          | 7,84                                      |
| CE (mS cm <sup>-1</sup> )                               | 2,91           | 0,61          | 4,26                                      |
| ST (mg L <sup>-1</sup> )                                | 24.179         | 3.012         | 7.429                                     |
| DQO (mg L <sup>-1</sup> )                               | 26.875         | 12.590        | 16.539                                    |
| DBO (mg L <sup>-1</sup> )                               | 3.522          | 1.914         | -                                         |
| N-total (mg L <sup>-1</sup> )                           | 696,20         | 400,49        | 697,21                                    |
| N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg L <sup>-1</sup> )    | 588,79         | 467,86        | -                                         |
| N-NO <sub>x</sub> (mg L <sup>-1</sup> )                 | 1,07           | -             | -                                         |
| N-Orgânico (mg L <sup>-1</sup> )                        | 15,27          | -             | -                                         |
| P (mg L <sup>-1</sup> )                                 | 81,15          | 40,65         | 131,80                                    |
| K (mg L <sup>-1</sup> )                                 | 123,13         | 48,10         | 361,98                                    |
| Na (mg L <sup>-1</sup> )                                | 75,00          | 64,95         | 90,84                                     |
| Ca (mg L <sup>-1</sup> )                                | 210,10         | 192,33        | 123,25                                    |
| Mg (mg L <sup>-1</sup> )                                | 137,55         | 110,23        | 32,44                                     |
| RAS (mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup> ) <sup>1/2</sup> | 1,39           | -             | 1,03                                      |
| Fe (mg L <sup>-1</sup> )                                | 9,65           | -             | -                                         |
| Cu (mg L <sup>-1</sup> )                                | 6,25           | -             | 1,32                                      |
| Mn (mg L <sup>-1</sup> )                                | 17,08          | -             | -                                         |
| Zn (mg L <sup>-1</sup> )                                | 1,00           | -             | 2,94                                      |

No preparo e no armazenamento da ARB foram utilizados reservatórios de polietileno de 1.000 L (Figura 5).



Figura 5 - Reservatórios utilizados no preparo e armazenamento da água residuária da bovinocultura de leite preparada a partir da mistura de 15% de esterco fresco da curral do SIPA e 85% de água potável

### 3.5. CARACTERIZAÇÃO DA TORTA DE MAMONA

As amostras da torta de mamona foram enviadas ao Laboratório de Matéria Orgânica e Resíduos do Departamento de Solos da UFV, para a realização de sua caracterização química, segundo metodologias propostas por EPA (1997) e APHA et al. (2007). Na Tabela 4 apresenta-se a caracterização da torta de mamona.

Tabela 4 - Caracterização química e física da torta de mamona utilizada na adubação complementar da figueira

| Características                                         | Valor          |
|---------------------------------------------------------|----------------|
| COT ( $\text{dag kg}^{-1}$ )                            | 37,55          |
| Ca ( $\text{dag kg}^{-1}$ )                             | 0,48           |
| Mg ( $\text{dag kg}^{-1}$ )                             | 0,18           |
| K ( $\text{dag kg}^{-1}$ )                              | 0,52           |
| P ( $\text{dag kg}^{-1}$ )                              | 0,35           |
| NTK ( $\text{dag kg}^{-1}$ )                            | 5,00           |
| N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> ( $\text{dag kg}^{-1}$ ) | 3,55           |
| N-NO <sub>x</sub> ( $\text{dag kg}^{-1}$ )              | 0,003          |
| N-Orgânico ( $\text{dag kg}^{-1}$ )                     | 0              |
| Densidade ( $\text{mg cm}^{-3}$ )                       | 0,49           |
| pH                                                      | 5,75           |
| Cu ( $\text{mg kg}^{-1}$ )                              | 4,00           |
| Zn ( $\text{mg kg}^{-1}$ )                              | 53,30          |
| Mn ( $\text{mg kg}^{-1}$ )                              | 43,80          |
| Fe ( $\text{mg kg}^{-1}$ )                              | 1.249,30       |
| Cd ( $\text{mg kg}^{-1}$ )                              | 0,60           |
| Ni ( $\text{mg kg}^{-1}$ )                              | Não detectável |
| Pb ( $\text{mg kg}^{-1}$ )                              | Não detectável |
| Cr ( $\text{mg kg}^{-1}$ )                              | 23,10          |

COT – carbono orgânico total; NTK – nitrogênio total Kjeldahl

### 3.6. CARACTERIZAÇÃO DA ÁGUA DE IRRIGAÇÃO

A amostragem da água usada na irrigação foi realizada no lago de captação. A caracterização química da água de irrigação foi realizada no Laboratório de Qualidade de Água do Departamento de Engenharia Agrícola da UFV, sendo analisadas o pH, condutividade elétrica, DBO, RAS e os teores de Na, Ca + Mg, K e Fe. Na Tabela 5 apresenta-se a caracterização química da água de irrigação.

Tabela 5 - Caracterização química e física da água de irrigação utilizada no manejo da irrigação da figueira

| Características                                         | Valor |
|---------------------------------------------------------|-------|
| pH                                                      | 6,25  |
| Condutividade elétrica (mS cm <sup>-1</sup> )           | 0,24  |
| DBO (mg L <sup>-1</sup> )                               | 4,20  |
| Fe (mg L <sup>-1</sup> )                                | 3,60  |
| K (mg L <sup>-1</sup> )                                 | 2,30  |
| Na (mg L <sup>-1</sup> )                                | 56,00 |
| Ca+Mg (mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup> )              | 3,55  |
| RAS (mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup> ) <sup>1/2</sup> | 1,29  |
| CaCO <sub>3</sub> (mg L <sup>-1</sup> )                 | 177,5 |

### 3.7. ADUBAÇÃO

O nitrogênio foi tomado como nutriente de referência na fertirrigação da figueira com aplicação de ARB. A dose de nitrogênio aplicada foi de 260 g cova<sup>-1</sup> (433 kg ha<sup>-1</sup>, considerando 1666 plantas ha<sup>-1</sup>) ao longo da safra 2011/2012, segundo recomendação de Almeida e Silveira (1997).

As lâminas necessárias à aplicação das diferentes doses de nitrogênio foram calculadas por meio da Equação 1 (MATOS, 2006).

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

em que,

$TA_{AR}$  - lâmina de aplicação (m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>);

$N_{abs}$  - absorção de nitrogênio pela cultura para a obtenção da produtividade desejada (kg ha<sup>-1</sup>);

$T_{m1}$  - taxa anual de mineralização da matéria orgânica anteriormente existente no solo ( $\text{kg kg}^{-1}$ ), considerada  $0,01 \text{ kg kg}^{-1} \text{ ano}^{-1}$  (MATOS, 2006);

MO - conteúdo de matéria orgânica do solo ( $\text{kg kg}^{-1}$ );

$\rho_s$  - massa específica do solo ( $\text{t m}^{-3}$ );

p - profundidade de solo considerada (m), considerada 0,40 m;

n - número de meses de cultivo da cultura, considerado 12 meses;

$T_{m2}$  - taxa anual de mineralização do nitrogênio orgânico ( $\text{kg kg}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ ), considerada  $0,5 \text{ kg kg}^{-1} \text{ ano}^{-1}$  (MATOS, 2006);

$N_{\text{org}}$  - nitrogênio orgânico disponibilizado pelo resíduo aplicado ( $\text{mg L}^{-1}$ );

$N_{\text{amomical}}$  - nitrogênio amoniacal disponibilizado pelo resíduo aplicado ( $\text{mg L}^{-1}$ );

$N_{\text{nitrato}}$  - nitrogênio nítrico disponibilizado pelo resíduo aplicado ( $\text{mg L}^{-1}$ ), e;

TR - taxa de recuperação do nitrogênio mineral pela cultura ( $\text{kg kg}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ ), considerada  $0,70 \text{ kg kg}^{-1} \text{ ano}^{-1}$  (MATOS, 2006).

As formulações de adubação aplicadas foram:

Adubação 1 - 100% da dose de nitrogênio recomendada para a figueira fornecida pela adubação com torta de mamona.

Adubação 2 - 50% da dose de nitrogênio recomendada para a figueira fornecida pela aplicação da ARB e os outros 50% da dose de nitrogênio fornecido com a adubação com torta de mamona.

Adubação 3 - 75% da dose de nitrogênio recomendada para a figueira fornecida pela aplicação da ARB e os outros 25% da dose de nitrogênio fornecido com a adubação com torta de mamona.

Adubação 4 - 100% da dose de nitrogênio recomendada para a figueira fornecida pela aplicação da ARB.

A aplicação da ARB foi parcelada em quatro épocas distintas, nos meses de agosto, setembro e novembro de 2011 e fevereiro de 2012, conforme recomendado por Almeida e Silveira (1997). A aplicação da ARB ao solo foi realizada com o uso de regadores, sob a projeção da copa da figueira, conforme apresentado na Figura 6.



Figura 6 - Aplicação da ARB sob a projeção da copa da figueira, com o uso de um regador.

A adubação complementar de nitrogênio foi realizada com o uso da torta de mamona, nos meses de agosto, setembro e novembro de 2011 e fevereiro de 2012.

No cálculo da dose de aplicação da torta de mamona foi utilizada a Equação 2 (SCHERER, 2002).

$$T = \frac{N_{abs}}{N_{torta} \cdot T_{m3}} \quad (02)$$

em que,

T – dose de aplicação da torta de mamona ( $\text{kg cova}^{-1}$ );

$N_{abs}$  – absorção de nitrogênio pela cultura para a obtenção da produtividade desejada ( $\text{kg cova}^{-1}$ );

$N_{torta}$  – concentração de nitrogênio total presente na torta de mamona ( $\text{kg kg}^{-1}$ ), e;

$T_{m3}$  – taxa de mineralização da torta ( $\text{kg kg}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ ), considerada como sendo igual a  $0,75 \text{ kg kg}^{-1} \text{ ano}^{-1}$  (BEVILAQUA et al., 2008).

A aplicação da torta de mamona foi realizada sob a projeção da copa da cultura e posteriormente procedeu-se a incorporação desta no solo, sendo realizada superficialmente com o auxílio de uma enxada. Na Figura 7 apresenta-se a torta de mamona utilizada (a) e a aplicação da torta de mamona sob a projeção da copa da cultura (b).

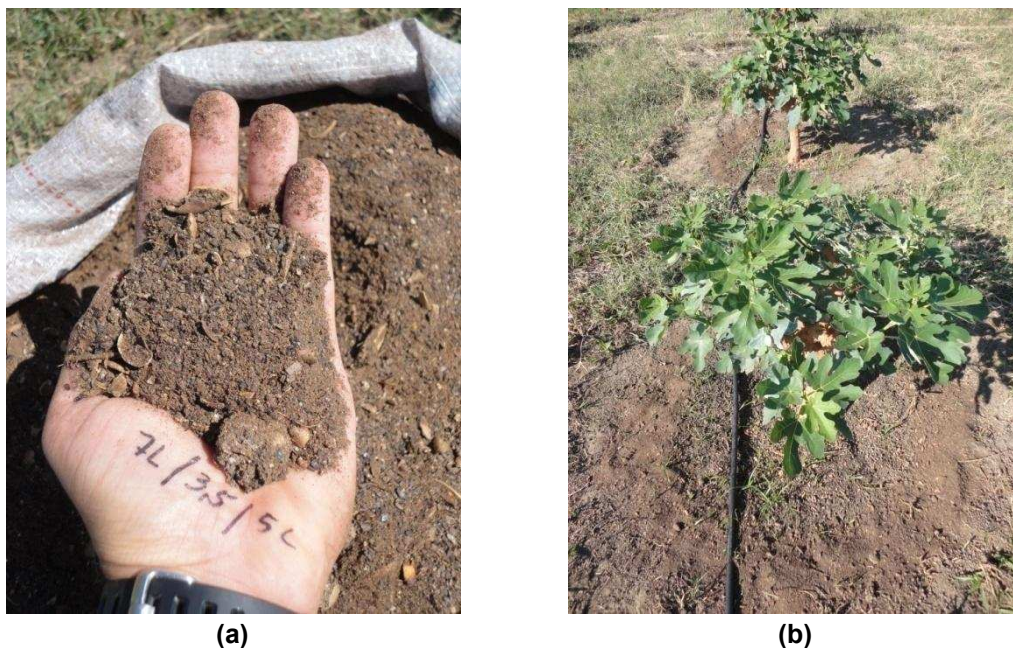


Figura 7 - Torta de mamona (a) e aplicação da torta de mamona na projeção da copa da cultura (b).

Na Tabela 6 apresentam-se as lâminas médias da ARB e as doses de torta de mamona aplicadas por planta, considerando o somatório das quatro aplicações.

Tabela 6 - Lâminas médias da ARB e as doses de torta de mamona aplicadas por planta, considerando o somatório das quatro aplicações das distintas formulações de adubação

| Adubação   | Lâmina de ARB<br>(mm) | Torta de mamona<br>(kg por planta) |
|------------|-----------------------|------------------------------------|
| Adubação 1 | 0,00                  | 7,00                               |
| Adubação 2 | 46,50                 | 3,50                               |
| Adubação 3 | 69,75                 | 1,75                               |
| Adubação 4 | 93,00                 | 0,00                               |

Na Tabela 7 apresenta-se a quantidade total de nutrientes aportados às parcelas experimentais após a incorporação das diferentes adubações, considerando o somatório das quatro aplicações.

Tabela 7 - Quantidade total de nutrientes aportados às parcelas experimentais após a incorporação das adubações, considerando o somatório das quatro aplicações

| Nutrientes | Aporte (kg ha <sup>-1</sup> ) |            |            |            |
|------------|-------------------------------|------------|------------|------------|
|            | Adubação 1                    | Adubação 2 | Adubação 3 | Adubação 4 |
| N          | 433,00                        | 433,00     | 433,00     | 433,00     |
| P          | 40,82                         | 26,42      | 19,23      | 12,03      |
| K          | 60,64                         | 39,45      | 28,86      | 18,26      |
| Ca         | 55,98                         | 43,57      | 37,35      | 31,15      |
| Mg         | 20,99                         | 20,69      | 20,54      | 20,39      |
| Fe         | 14,58                         | 8,00       | 4,71       | 1,43       |
| Cu         | 0,05                          | 0,48       | 0,70       | 0,93       |
| Mn         | 0,51                          | 1,52       | 2,03       | 2,53       |
| Zn         | 0,62                          | 0,38       | 0,27       | 0,15       |

Não foi realizada a complementação de potássio e fósforo, pois o solo da área experimental possui teores satisfatórios destes elementos, conforme apresentado na Tabela 2 e segundo interpretação da Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais (CFSEMG) (1999).

### 3.8. DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

Na análise das características do solo o experimento foi montado em esquema de parcelas subdivididas, tendo nas parcelas as formulações de adubação e nas subparcelas as duas profundidades de coletas de amostras, no delineamento inteiramente casualizado com cinco repetições.

Na análise das características da solução do solo o experimento foi montado em esquema de parcelas subsubdivididas, tendo nas parcelas as formulações de adubação, nas subparcelas as profundidades de coletas de amostras e nas subsubparcelas os períodos do regime pluviométrico do local (época seca e chuvosa), no delineamento inteiramente casualizado com quatro repetições. De acordo com a Figura 6, a época seca foi determinada como aquela compreendida entre os meses de Julho e Setembro de 2011 e a época chuvosa aquela entre os meses de Outubro de 2011 e Março de 2012.

Na análise das características da cultura o delineamento foi inteiramente casualizado, com quatro tratamentos e cinco repetições.

Ressalta-se que cada parcela experimental foi composta por duas plantas, totalizando 40 plantas úteis e 20 parcelas experimentais. Na Figura 8 apresenta-se o delineamento adotado na área experimental.

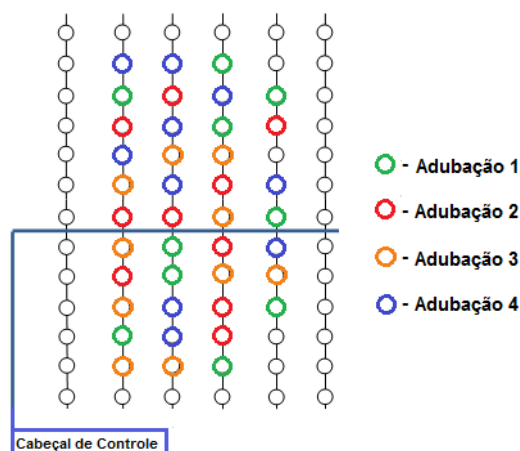


Figura 8 - Delineamento inteiramente casualizado adotado na área experimental.

### 3.9.CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO

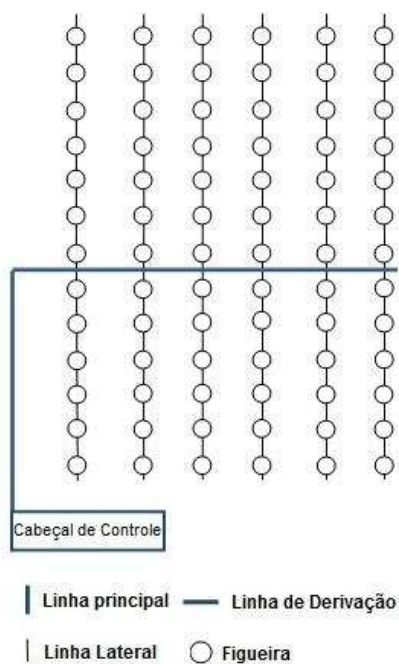
#### 3.9.1. IRRIGAÇÃO

A área experimental foi irrigada por gotejamento, utilizando emissores com vazão nominal de  $8 \text{ L h}^{-1}$  e com 2 gotejadores por planta, inicialmente. No mês de outubro foi verificado que as plantas haviam parado de crescer. Acredita-se que em razão do desenvolvimento da planta, do número de gotejadores e das condições climáticas, a cultura sofreu um estresse, cessando o seu crescimento. Portanto, foi realizado um ajuste do sistema de irrigação, adicionando mais um gotejador por planta, passando assim a 3 gotejadores por planta (Figura 9), a fim de aumentar o diâmetro do bulbo de umedecimento, uma vez que o crescimento do sistema radicular da figueira se desenvolve mais horizontalmente do que verticalmente (LEONEL e DAMATTO JÚNIOR, 2007).



Figura 9 – Mangueira de polietileno com três gotejadores por figueira, na área experimental do SIPA.

O sistema de irrigação possui a linha de derivação colocada no centro da área com desnível, de tal modo que as linhas laterais estejam em nível. O sistema possui um cabeçal de controle, contendo um filtro de discos (150 mesh), além de um manômetro e uma válvula de gaveta. Na Figura 10 ilustra-se a disposição de sistema de irrigação utilizado (a) e o cabeçal de controle (b).



(a)



(b)

Figura 10 - Disposição do sistema de irrigação na área (a) e cabeçal de controle (b) instalado na área experimental do SIPA.

O manejo da irrigação foi realizado com base no balanço de água no solo, sendo monitorada a umidade do solo durante todo o ciclo da cultura. Para isso, foram utilizados sensores conectados a um TDR (Reflectometria

no Domínio do Tempo), instalados nas profundidades de 0,20 e 0,60 m, sendo considerada a primeira na definição da lâmina de irrigação total necessária. Na Figura 11 apresenta-se a instalação das sondas de TDR no campo.



Figura 11 - Instalação (a) e teste das sondas de TDR no campo (b).

A calibração das sondas foi realizada com base em leituras diárias da constante dielétrica do solo ( $K_a$ ) com o equipamento TDR100 (Campbell Scientific), acompanhadas de coletas de solo para a determinação do teor de água no solo pelo método gravimétrico. As amostras de solo foram coletadas em uma bacia de calibração, previamente umedecida, e levadas à estufa com temperatura a 105 °C, por 24 horas. Após o cálculo do teor de água, os valores foram multiplicados pela massa específica do solo, a fim de obter o teor de água volumétrico no solo ( $\theta$ ). De posse de  $\theta$  e  $K_a$ , foi obtido a equação de ajuste, mediante análise de regressão linear simples, com um coeficiente de determinação igual a 0,732.

$$\theta_{\text{atual}} = 0,011.K_a + 0,140 \quad (03)$$

em que,

$\theta_{\text{atual}}$  - teor volumétrico atual de água no solo ( $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$ ), e;

$K_a$  - constante dielétrica do solo.

A lâmina de irrigação foi calculada por meio do balanço direto de água do solo, determinando a quantidade de água a ser aplicada para que a

umidade do solo, determinada pelo TDR, atingisse o teor correspondente à capacidade de campo (Equação 4).

$$IRN = (\theta_{C.C.} - \theta_{atual}) \cdot z \quad (04)$$

em que,

IRN - irrigação real necessária (mm);

$\theta_{C.C.}$  - teor volumétrico de água na capacidade de campo, ( $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$ ), valor adotado igual a  $0,226 \text{ cm}^3 \text{cm}^{-3}$ , após determinação da curva de retenção, e;

z - profundidade efetiva do sistema radicular, (mm).

De posse dos dados de IRN foi calculada a irrigação total necessária (ITN), que considera as perdas de água durante a aplicação. Para o cálculo da ITN (Equação 5) foi considerada a eficiência do sistema de irrigação ( $E_a$ ) igual a 95,32%, determinada previamente por meio do teste de uniformidade, segundo metodologia proposta por Keller e Bliesner (1990).

$$ITN = \frac{IRN}{E_a} \quad (05)$$

Devido o fato da irrigação localizada não aplicar água em toda a área, se fez necessário uma correção para a estimativa correta da quantidade da água aplicada pelo emissor, considerando a área molhada ou sombreada pela cultura. Para isso, a ITN se tornou ITN localizada (ITN<sub>Loc</sub>), pela multiplicação de um fator de localização ( $K_L$ ):

$$ITN_{Loc} = ITN \cdot K_L \quad (06)$$

No cálculo do  $K_L$  foi utilizada a metodologia proposta por KELLER e BLIESNER (1990):

$$K_L = 0,1 \cdot \sqrt{PA} \quad (07)$$

Sendo que PA é a porcentagem de área sombreada (PAS) ou molhada (PAM) prevalecendo o maior valor (BERNARDO; SOARES e RIBEIRO, 2006).

No início do experimento fez-se uso da PAM para o cálculo do  $K_L$ , pois todas as plantas sofreram a poda de frutificação. Com o desenvolvimento vegetativo dos ramos, a área sombreada passou a ser superior à área molhada pelos emissores, sendo utilizado a PAS. Periodicamente o valor da PAS era ajustado.

Adotou-se um turno de rega de dois dias e foi aplicada uma lâmina de irrigação de 674 mm durante o ciclo de avaliação experimental no período de julho de 2011 a maio de 2012.

### 3.9.2. PODA

A poda de frutificação da figueira foi realizada no dia 06/07/2011 conforme recomendado por Corrêa e Santos (1999). Nesta etapa foi removida a copa da planta formada no ciclo anterior, reduzindo o comprimento dos ramos a aproximadamente 10 cm, de forma a permanecer duas gemas nas extremidades dos ramos. As figueiras foram conduzidas com 24 ramos por planta. Na Figura 12 apresenta-se a figueira após a poda e vista panorâmica da área experimental depois de realizada esta atividade.



(a)



(b)

Figura 12 - Figueira após poda de frutificação (a) e vista panorâmica da área depois de realizada a poda de frutificação (b).

### 3.9.3. CONTROLE FITOSSANITÁRIO

O controle da infestação da broca da figueira (*Azochis gripusalis*) foi realizado retirando-se manualmente as brocas, sempre que possível, com o auxílio de um canivete, e posterior aplicação de uma pasta composta de argila, calda sulfocálcica, óleo de nim e óleo vegetal colocada em todo o fuste e ramos da figueira. A pasta foi preparada misturando-se 400 mL de calda sulfocálcica, 400 mL de óleo de nim, 400 mL de óleo vegetal, argila e água. Na Figura 13 apresenta-se a pasta utilizada no controle da broca da figueira.



(a)



(b)

Figura 13 - Pasta utilizada no controle da broca da figueira (*Azochis gripusalis*) (a) e planta após a aplicação da pasta (b).

O controle da ferrugem (*Cerotelium fici*) e da antracnose (*Colletotrichum gloesporioides*) se deu pela aplicação da calda bordalesa em pulverizações semanais. As aplicações foram realizadas com pulverizador costal de acionamento manual, equipado com bico tipo cone. Na Figura 14 apresentam-se folhas contaminadas pela ferrugem (a) e a antracnose (b).



(a)



(b)

Figura 14 - Folhas da figueira contaminada pela ferrugem (*Cerotelium fici*) (a) e antracnose (*Colletotrichum gloesporioides*) (b).

A larva de mosca (da ordem das Dipteras) foi controlada retirando-se os figos danificados. Na Figura 15 apresentam-se frutos danificados pela larva (a) e a larva de mosca (b).



(a)



(b)

Figura 15 - Figs danificados pela larva (a) e larva presente no fruto (b) na área experimental do SIPA.

### 3.10. CARACTERÍSTICAS AVALIADAS

#### 3.10.1. CARACTERÍSTICAS DO SOLO

Amostras de solo foram coletadas com o uso de um trado tipo rosca nas camadas de 0-0,20 e 0,40-0,60 m. As amostragens foram realizadas em duas épocas, ou seja, antes de se instalar o experimento e no final da colheita dos frutos, com a finalidade de avaliar os efeitos do uso da ARB no cultivo da figueira sobre as características do solo.

As amostras foram identificadas e enviadas aos Laboratórios de Rotina e de Física do Solo, do Departamento de Solos da UFV e as caracterizações foram realizadas segundo os métodos descritos em EMBRAPA (1997).

Foram avaliadas as seguintes características do solo: condutividade elétrica do extrato da pasta saturada do solo, pH, matéria orgânica, CTC efetiva, Ca e Mg trocáveis, N, P, K, Zn, Fe, Mn, Cu e Na disponíveis.

### **3.10.2. CARACTERÍSTICAS DA SOLUÇÃO DO SOLO**

Com a finalidade de monitorar a condutividade elétrica e as concentrações de nitrato e amônio na solução do solo, foram instalados dois extratores de solução do solo em cada parcela, nas profundidades de 0,20 e 0,60 m (Figura 16). De acordo com Leonel e Damatto Junior (2007), a concentração das raízes é maior na faixa de 0 a 0,40 m de profundidade.



Figura 16 - Extratores instalados a profundidade de 0,20 e 0,60 m em cada parcela experimental.

Os extratores de solução do solo são segmentos de tubo de PVC que possuem na sua extremidade inferior cápsulas porosas de cerâmica de 20 mm de diâmetro e 50 mm de comprimento. Antes de serem instalados, os extratores permaneceram em um recipiente com água destilada, a fim de evitar qualquer contaminação da solução.

A coleta da solução do solo foi realizada mensalmente, conforme método apresentado por Salomão (2009), que trabalhou com solos de textura arenosa. Na coleta da solução do solo, os extratores foram submetidos a uma sucção de aproximadamente - 80 kPa utilizando-se uma

bomba manual (Figura 17a), após quatro horas do término da irrigação ou da ocorrência de uma chuva. A coleta da amostra era realizada 12 horas após a aplicação da sucção, com o auxílio de uma seringa conectada a uma mangueira (Figura 17b).



Figura 17 - Bomba manual utilizada na aplicação do vácuo (a), coleta das amostras de solução do solo (b).

A determinação da condutividade elétrica da solução do solo foi realizada no Laboratório de Ciclagem de Nutrientes da EMBRAPA Agrobiologia, com o uso de um condutivímetro de bancada. As concentrações de nitrato e amônio foram determinadas no Laboratório de Ciclagem de Nutrientes da EMBRAPA Agrobiologia, segundo métodos propostos por Olsen (2008) e Alves et al. (1994), respectivamente.

### **3.10.3. CARACTERÍSTICAS DA CULTURA**

#### **3.10.3.1. NUTRIENTES NAS FOLHAS E FIGOS**

A amostragem de folhas da cultura consistiu na coleta de folhas recém-maduras e totalmente expandidas, da porção mediana dos ramos, três meses após a brotação e nos diferentes lados da planta (Norte, Sul, Leste e Oeste) (FERNANDES e BUZETTI, 1999). Foram coletadas quatro folhas de cada planta, totalizando oito folhas por parcela experimental. Em seguida, as amostras foram encaminhadas ao Laboratório de Nutrição Mineral de Plantas, do Departamento de Solos da UFV, para a quantificação dos teores de Ca, Mg, K, P, N, Zn, Fe e Mn, segundo metodologia proposta pela EMBRAPA (1999).

As coletas de amostras de figos foram realizadas nos meses de outubro e dezembro de 2011 e março de 2012. Os figos foram coletados ainda verdes, sendo coletados quatro figos por planta, totalizando oito figos por parcela experimental. Em seguida, as amostras de figos foram encaminhadas ao Laboratório de Nutrição Mineral de Plantas, do Departamento de Solos da UFV, para quantificação dos teores de Ca, Mg, K, P e N, segundo metodologia proposta pela EMBRAPA (1999).

### **3.10.3.2. ANÁLISE DE CRESCIMENTO**

A análise de crescimento da figueira foi realizada quinzenalmente, sendo medido o comprimento dos ramos e o número de folhas. O comprimento dos ramos foi medido com uma trena (Figura 18). Na contabilização do número de folhas foi considerado o número de nós.



Figura 18 - Medição do comprimento dos ramos e contagem do número de folhas por ramo realizada entre os meses de julho de 2011 e maio de 2012, na área experimental do SIPA.

Inicialmente, a avaliação de crescimento era realizada em todos os ramos da planta, no entanto, a partir do mês de Janeiro de 2012, foram selecionados oito ramos por planta para realização desta análise. A planta foi dividida em quatro quadrantes e dois ramos representativos por quadrante foram selecionados (Figura 19). Tal procedimento foi adotado em razão do elevado porte atingido pela cultura a partir deste mês.



(a)

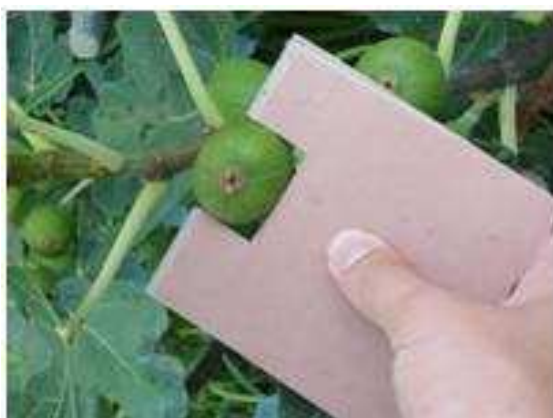


(b)

Figura 19 - Identificação do ramo selecionado para a análise de crescimento (a) e planta com os ramos selecionados (b).

### 3.10.3.3. PRODUÇÃO

Os figos foram colhidos ainda verdes, considerando-se uma produção destinada à indústria. A colheita foi realizada semanalmente, sendo colhidos os figos que apresentavam um diâmetro igual a 35 mm (Figura 20a), com aproximadamente 23 gramas e com a cavidade parcialmente preenchida pelos aquênios (Figura 20b) (GONÇALVES et al., 2006). O peso médio do figo foi determinado pesando-se 20 figos colhidos com o diâmetro de 35 mm.



(a)



(b)

Figura 20 - Padrão de colheita do figo (a) e cavidade do figo colhido com 35 mm de diâmetro (b).

Foram analisadas a produção mensal (número de figos por planta, produção e produtividade estimada), número de figos acumulados, produção acumulada e produtividade estimada acumulada.

#### 3.10.3.4. QUALIDADE FITOSSANITÁRIA DOS FIGOS

A análise da qualidade dos figos foi realizada no mês de Março de 2012. Foram analisadas as concentrações de coliformes termotolerantes e de *Salmonella* sp, realizadas no Laboratório de Alimentos, Águas e Bebidas, do Departamento de Engenharia de Alimentos da UFRRJ, segundo método proposto por APHA et al. (2001). Para tal a amostragem dos figos se deu pela coleta de quatro figos por planta, totalizando oito por parcela experimental.

A interpretação dos resultados foi realizada de acordo com a resolução da Agencia Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) - RDC nº12 de 2001, que regulamenta os padrões microbiológicos para alimentos (BRASIL, 2001). Na Tabela 8 apresentam-se as normas da RDC nº12 de 2001, que regulamenta os padrões microbiológicos de alimentos.

Tabela 8 - Normas da resolução da Agencia Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) - RDC nº12 de 2001, que regulamenta os padrões microbiológicos para alimentos

| Análise                    | Padrões da legislação                    |
|----------------------------|------------------------------------------|
| Coliformes termotolerantes | $\leq 2 \times 10^3$ NMP g <sup>-1</sup> |
| Salmonela                  | Ausência em 25 g da amostra              |

#### 3.11. ANÁLISES ESTATÍSTICAS

Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias foram comparadas utilizando-se o teste de Tukey a 10% de probabilidade. As análises estatísticas foram realizadas empregando-se o software SISVAR (FERREIRA, 2003).

Na análise estatística das características avaliadas do solo e da solução do solo, independentemente, da interação de maior grau ser ou não significativa, optou-se pelo desdobramento da mesma. As tabelas com o resumo da análise de variância das características avaliadas do solo e da solução do solo estão apresentadas em anexo.

A análise estatística dos dados de crescimento da planta foi feita por meio de regressão das características avaliadas em função do tempo (dias após a poda) e utilizou-se o software *SigmaPlot 10.0* no ajuste dos modelos.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 CARACTERÍSTICAS DO SOLO

#### 4.1.1. CONDUTIVIDADE ELÉTRICA DO EXTRATO DA PASTA SATURADA DO SOLO

Na Tabela 9 apresentam-se as médias da condutividade elétrica do extrato da pasta saturada do solo determinadas nas camadas de 0-0,20 e 0,40-0,60 m, após a aplicação das distintas adubações. Apresenta-se ainda na Tabela 9 o resultado do Teste de Tukey a 10% de probabilidade.

Tabela 9 - Médias da condutividade elétrica do extrato da pasta saturada do solo (CE), em  $\text{dS m}^{-1}$ , nas camadas de 0-0,20 e 0,40-0,60 m, após adubação

| Adubação             | Camada   |             |
|----------------------|----------|-------------|
|                      | 0-0,20 m | 0,40-0,60 m |
| Adubação 1           | 0,066 aA | 0,070 aA    |
| Adubação 2           | 0,064 aA | 0,076 aA    |
| Adubação 3           | 0,162 aA | 0,076 aA    |
| Adubação 4           | 0,056 aA | 0,068 aA    |
| CE antes da Adubação | 0,106    | 0,087       |

- as médias seguidas de pelo menos uma mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si em nível de 10% de probabilidade pelo Teste de Tukey

Diante dos resultados acima observou-se que não houve diferença da condutividade elétrica do extrato da pasta saturada do solo após a aplicação das adubações entre as parcelas experimentais e entre as camadas do solo.

Comparando-se os resultados obtidos após aplicação das adubações verificou-se que ocorreu uma diminuição da condutividade em relação às condições iniciais do solo. Tal comportamento pode estar associado a lixiviação dos sais às camadas mais profundas do perfil do solo, uma vez que a região possui um verão chuvoso e a precipitação total durante o experimento foi igual a 1088,44 mm.

Observou-se que os valores da condutividade foram sempre menores que  $1,3 \text{ dS m}^{-1}$ , valor considerado adequado para manter um rendimento potencial de 100%, para a maioria das fruteiras, de acordo com Ayers e Westcott (1999). O mesmo foi obtido por Erthal et al. (2010b), que após

fertirrigarem capim Tifton 85 com ARB, verificaram que a condutividade elétrica do extrato da pasta saturada do solo não superou  $1,5 \text{ dS m}^{-1}$ , valor considerando adequado a um rendimento potencial de 100% para as forrageiras.

Diferentemente do obtido neste trabalho, diversos autores verificaram aumento na condutividade elétrica do solo após aplicação de água residuária. Inoue et al. (2010) e Melo et al. (2005) realizaram a aplicação de manipueira, efluente produzido no beneficiamento de raízes tuberosas, no solo e verificaram um aumento da condutividade elétrica em razão do aumento de sódio e potássio no solo, considerando a aplicação de até  $300 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$  de sódio no solo. Freitas et al. (2005) realizaram a fertirrigação da cultura do milho com água residuária de suinocultura (ARS) utilizando como critério de aplicação a demanda evapotranspirométrica da cultura e obtiveram condutividades elétricas da pasta de saturação do solo de até  $2,29 \text{ dS m}^{-1}$ , tornando o solo salino.

#### 4.1.2. ACIDEZ ATIVA (pH)

A acidez ativa do solo (pH) é um índice importante na determinação da disponibilidade dos nutrientes contidos no solo ou a ele adicionados, além da assimilação dos nutrientes pelas plantas (MALAVOLTA; VITTI e OLIVEIRA, 1997). Na Tabela 10 apresentam-se as médias do pH do solo, determinado nas camadas de 0-0,20 e 0,40-0,60 m após a aplicação das adubações, bem como o resultado do Teste de Tukey a 10% de probabilidade.

Tabela 10 - Médias do pH do solo determinado nas camadas de 0-0,20 e 0,40-0,60 m, após adubação

| Adubação                | Camada   |             |
|-------------------------|----------|-------------|
|                         | 0-0,20 m | 0,40-0,60 m |
| Adubação 1              | 5,90 cB  | 6,25 bA     |
| Adubação 2              | 6,29 bA  | 6,32 abA    |
| Adubação 3              | 6,16 cB  | 6,49 abA    |
| Adubação 4              | 6,63 aA  | 6,53 aA     |
| pH do antes da adubação | 6,54     | 6,64        |

- as médias seguidas de pelo menos uma mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si em nível de 10% de probabilidade pelo Teste de Tukey

De acordo com os resultados apresentados, verificou-se que a Adubação 4 foi aquela que resultou maior valor de pH em relação as demais, nas camadas de 0-0,20 m e de 0,40-0,60 m. Observou-se ainda uma tendência de aumentar o valor do pH do solo à medida que se aumentou a lâmina de ARB aplicada, em ambas as camadas do solo. Tal comportamento está associado a incorporação de íons solúveis que reduzem a força iônica do íon  $H^+$  e, portanto, com a aplicação crescente da ARB decorrente das Adubações 2, 3 e 4, verificou-se a tendência de aumento do pH do solo. De igual modo Erthal et al. (2010a) e Lo Monaco et al. (2009) verificaram aumento do pH nas parcelas que receberam maiores lâminas de ARB e água residuária do beneficiamento do fruto do cafeeiro (ARC), respectivamente.

Comparando-se os resultados obtidos após a aplicação dos tratamentos, verificou-se que ocorreu redução no pH do solo nas parcelas submetidas as Adubações 1, 2 e 3, na camada de 0-0,20 m, quando comparado à condição inicial do solo. De acordo com Lo Monaco et al. (2009), em solos que receberam águas residuárias pode haver diminuição no valor de pH em virtude da degradação dos resíduos biodegradáveis que propicia a produção de  $CO_2$  e ácidos orgânicos. Queiroz et al. (2004), ao aplicar ARS em rampas de escoamento superficial cultivadas com gramíneas forrageiras, observaram que ao final do experimento houve um decréscimo nos valores de pH nas parcelas que receberam o efluente. Silva et al. (2011) fertirrigaram capim Tifton 85 com percolado de resíduos sólidos urbanos e verificaram uma diminuição do pH do solo na camada de 0-0,10 m do perfil do solo. Inoue et al. (2010) aplicaram manipueira no solo e também observaram uma redução do pH do solo. O aumento no pH nas parcelas submetidas a Adubação 4 pode ser atribuído à maior adição de cátions trocáveis e ânions pela ARB e a adição de resíduos orgânicos ao solo seguidos da descarboxilação e desaminação, processos consumidores de prótons (ERTHAL et al., 2010a).

Pode-se observar que nas parcelas submetidas às Adubações 1 e 3 o valor do pH foi maior na camada de 0,40-0,60 m. Diferente do obtido por Lo Monaco et al. (2009) e Silva et al. (2011), que verificaram maiores valores do pH do solo nas camadas superficiais, após aplicação de águas residuárias.

Tal comportamento pode ser explicado pelo fato do pH do solo, antes da aplicação dos tratamentos, ser superior na camada mais profunda em relação àquela mais superficial.

Verificou-se que os valores de pH obtidos a partir das Adubações 1, 2 e 3 são satisfatórios no que diz respeito ao atendimento nutricional das culturas. Fia et al. (2005) relataram que o pH no solo ou substrato de cultivo é considerado desejável quando está variando entre 5,5 e 6,5, por proporcionar uma maior disponibilidade dos macro (P, Ca, S, N e K) e micronutrientes (B, Mo, Cl e outros) essenciais para as plantas, além de reduzir, caso haja excesso, a disponibilidade de Cu, Fe, Mn, Zn e Al, elementos que podem trazer efeitos tóxicos às plantas. Ainda segundo Malavolta (1980), na faixa de pH entre 6,0 e 6,5 a maioria das plantas cultivadas se desenvolvem e produzem melhor. O mesmo autor apresenta informações de produtividade do cafeeiro no norte do Estado do Paraná, onde se verifica maior produção da cultura com o pH variando 6,0 e 6,5.

#### 4.1.3. MATÉRIA ORGÂNICA

Na Tabela 11 apresentam-se as médias do teor da matéria orgânica do solo determinadas nas camadas de 0-0,20 e 0,40-0,60 m após adubações das parcelas experimentais, bem como o resultado do Teste de Tukey a 10% de probabilidade.

Tabelas 11 - Médias do teor de matéria orgânica no solo (MO), em dag kg<sup>-1</sup>, determinadas nas camadas de 0-0,20 e 0,40-0,60 m, após adubação

| Adubação                     | Camada   |             |
|------------------------------|----------|-------------|
|                              | 0-0,20 m | 0,40-0,60 m |
| Adubação 1                   | 1,49 aA  | 0,80 aB     |
| Adubação 2                   | 1,38 aA  | 0,58 aB     |
| Adubação 3                   | 1,68 aA  | 0,73 aB     |
| Adubação 4                   | 1,38 aA  | 0,72 aB     |
| Teor de MO antes da adubação | 2,07     | 1,16        |

- as médias seguidas de pelo menos uma mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si em nível de 10% de probabilidade pelo Teste de Tukey

De acordo com os resultados obtidos, verificou-se que não ocorreu diferença significativa do teor de matéria orgânica no solo entre as

adubações aplicadas, em ambas as camadas monitoradas.

O teor de matéria orgânica no solo foi maior na camada de 0-0,20 m em todas as parcelas experimentais submetidas às distintas adubações. Tal comportamento está associado ao fato da incorporação da ARB e da torta de mamona ter sido realizada de maneira superficial e a baixa mobilidade da matéria orgânica no perfil do solo. Silva et al. (2011) também verificaram maior teor da matéria orgânica no solo nas camadas mais superficiais do perfil do solo após aplicação de percolato de resíduo sólido urbano.

Após a aplicação das adubações, verificou-se que o solo apresentou teores de matéria orgânica inferiores à sua condição inicial. Resultado semelhante foi obtido por Erthal et al. (2010a) após fertirrigação do capim Tifton 85 com ARB. Segundo os mesmos autores, decréscimos na concentração de carbono orgânico total foram relatados em diversos outros estudos, sendo atribuídos aos seguintes fatores: (i) manutenção de condições ideais para a mineralização da matéria orgânica como umidade, temperatura e aeração (MOREIRA e SIQUEIRA, 2006); baixa relação C:N da água residuária (FONSECA et al., 2007) e (ii) incremento da atividade microbiana, estimulando a decomposição da matéria orgânica do solo (BARTON et al., 2005; FONSECA; MELFI e MONTES, 2005; MOREIRA e SIQUEIRA, 2006) associado ao “efeito *priming*”. De acordo com Moreira e Siqueira (2006), o “efeito *priming*” consiste em um estímulo, que ocasiona um incremento na taxa de decomposição da matéria orgânica do solo devido ao crescimento extenso e vigoroso da população microbiana, quando ocorre a adição de substâncias orgânicas decomponíveis.

#### **4.1.4. NITROGÊNIO**

O nitrogênio é um dos elementos químicos requeridos em maiores quantidades pelas plantas e o que mais limita o seu crescimento. O nitrogênio está disponível no solo sob diversas formas, incluindo amônio, nitrato, aminoácidos, peptídeos e formas complexas insolúveis (SOUZA e FERNANDES, 2006).

Na Tabela 12 apresentam-se as médias do teor de nitrogênio no solo determinadas nas camadas de 0-0,20 e 0,40-0,60 m, após a aplicação das

adubações, bem como o resultado do Teste de Tukey a 10% de probabilidade.

Tabelas 12 - Médias do teor de nitrogênio no solo, em dag kg<sup>-1</sup>, determinadas nas camadas de 0-0,20 e 0,40-0,60 m, após adubação

| Adubação                            | Camada   |             |
|-------------------------------------|----------|-------------|
|                                     | 0-0,20 m | 0,40-0,60 m |
| Adubação 1                          | 0,092 aA | 0,068 aB    |
| Adubação 2                          | 0,086 aA | 0,056 aB    |
| Adubação 3                          | 0,098 aA | 0,056 aB    |
| Adubação 4                          | 0,118 aA | 0,058 aB    |
| Teor de N no solo antes da adubação | 0,120    | 0,100       |

- as médias seguidas de pelo menos uma mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem entre si em nível de 10% de probabilidade, pelo Teste de Tukey

Diante dos resultados apresentados verificou-se que não houve diferença estatística do valor do nitrogênio no solo após a aplicação das distintas adubações, em ambas as camadas. Uma vez que a adubação com torta de mamona e a fertirrigação foram realizadas utilizando-se o nitrogênio como elemento de referência e foi aplicada a mesma quantidade deste nutriente (260 g cova<sup>-1</sup>) em todas as parcelas experimentais, os resultados indicam que não houve influência da forma de aplicação, torta de mamona e, ou, ARB.

A concentração de nitrogênio no solo decresceu após a aplicação das adubações, quando comparado com a sua condição inicial. O decréscimo do nitrogênio no solo pode estar associado à absorção do nutriente pelas plantas e pela lixiviação do nitrato e amônia.

Souza et al. (2009) observaram que a aplicação de maiores lâminas de ARS proporcionaram maiores incrementos na concentração de nitrogênio no solo, após fertirrigação da cultura do tomateiro, considerando a aplicação de até 800 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> deste nutriente. Os autores verificaram um aumento de até 36,17% na concentração de nitrogênio no solo. Barros et al. (2005) verificaram um aumento de 31% de nitrogênio em amostras de solo incubadas com ARS, após incorporação de 400 kg ha<sup>-1</sup> deste nutriente, em relação àquelas que receberam apenas água de abastecimento. Silva et al. (2011) também obtiveram maior concentração de nitrogênio no solo após fertirrigação utilizando percolado de resíduos sólidos urbanos, considerando

uma taxa de aplicação de até 1.000 kg ha<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup> de DBO.

A concentração de nitrogênio foi maior nas amostras de solo coletadas na camada mais superficial. O que é satisfatório, uma vez que o sistema radicular da figueira é superficial, com maior concentração das raízes na faixa de 0 a 0,40 cm de profundidade (LEONEL E DAMATTO JUNIOR, 2007), e o risco de contaminação do lençol freático por este nutriente torna-se menor.

#### 4.1.5. FÓSFORO

Na Tabela 13 apresentam-se as médias do teor de fósforo no solo, determinadas nas camadas de 0-0,20 e 0,40-0,60 m após as adubações, bem como o resultado do Teste de Tukey a 10% de probabilidade.

Tabela 13 - Médias do teor de fósforo disponível no solo, em mg dm<sup>-3</sup>, determinado nas camadas de 0-0,20 e 0,40-0,60 m, após adubação

| Adubação                            | Camada    |             |
|-------------------------------------|-----------|-------------|
|                                     | 0-0,20 m  | 0,40-0,60 m |
| Adubação 1                          | 125,94 aA | 40,26 aB    |
| Adubação 2                          | 78,98 bA  | 17,72 aB    |
| Adubação 3                          | 85,94 bA  | 37,73 aB    |
| Adubação 4                          | 59,42 bA  | 13,36 aB    |
| Teor de P no solo antes da adubação | 149,10    | 50,80       |

- as médias seguidas de pelo menos uma mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si em nível de 10% de probabilidade pelo Teste de Tukey

De acordo com os dados apresentados observou-se que na Adubação 1 a média do teor de fósforo diferiu dos demais, na camada de 0-0,20 m. O resultado obtido está associado a maior quantidade de fósforo adicionado ao solo na Adubação 1 (40,82 kg ha<sup>-1</sup>), em relação às demais (26,42; 19,23 e 12,03 kg ha<sup>-1</sup> nas Adubações 2, 3 e 4, respectivamente), como pode ser observado na Tabela 7. A variação do pH no solo entre as parcelas experimentais também pode explicar a maior disponibilidade de fósforo após a aplicação da Adubação 1. Segundo Araújo e Machado (2006) o fósforo se apresenta na sua forma mais disponível entre pH 4,5 e 6, predominantemente como H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub><sup>-</sup>. Pode-se observar na Tabela 10 que o valor do pH no solo após a Adubação 1 (5,90) está entre esta faixa de

valores, onde o fósforo se apresenta na sua forma mais disponível. Na camada de 0,40-0,60 m não foi observado diferença estatística entre as parcelas experimentais submetidas às distintas adubações.

Comparando-se os valores de fósforo disponível no solo, observou-se que ocorreu uma redução dos teores após a aplicação das adubações em relação à condição inicial do solo. No entanto, não ocorreu alteração na classificação deste nutriente no que se refere à fertilidade do solo, permanecendo classificado como muito bom, segundo a CFSEMG (1999). A redução no teor de fósforo em relação à condição inicial do solo pode estar associada ao baixo teor de fósforo incorporado ao solo, à complexação/quelação pela matéria orgânica do solo ou àquela adicionada pela adubação e fertirrigação, ou pela adsorção aos argilominerais e ainda pela absorção pela cultura. Resultados semelhantes foram observados por diversos autores, após a aplicação de água residuária (MATOS et al., 2005; SILVA et al., 2011; LO MONACO et al., 2009; SOUZA et al., 2009). Matos et al. (2005), ao avaliarem os efeitos da aplicação da ARC nas características químicas do solo de rampas de tratamento cultivadas com diferentes espécies forrageiras, observaram uma redução de até 85% no teor de fósforo disponível no solo. Silva et al. (2011) verificaram uma redução de 77% na concentração de fósforo no solo após a fertirrigação do capim Tifton 85 com o percolato de resíduo sólido urbano, quando aplicaram o efluente a uma taxa de  $250 \text{ kg ha}^{-1} \text{ dia}^{-1}$  de DBO. Souza et al. (2009) observaram redução de até 59,20% de fósforo nos solos submetidos a aplicação de água residuária de suinocultura (ARS), quando comparada aos solos que receberam água e adubos químicos.

Diferentemente do observado neste trabalho, outros autores verificaram aumento do fósforo disponível no solo, após elevada incorporação deste nutriente presente em águas residuárias (QUEIROZ et al. 2005; ERTHAL et al., 2010a; MEDEIROS et al., 2008). Queiroz et al. (2004) verificaram aumento na concentração deste elemento no solo após a incorporação de  $10.881 \text{ kg ha}^{-1}$  de fósforo em rampas de escoamento que receberam ARS. Erthal et al. (2010a) fertirrigaram capim Tifton 85 com ARB e observaram aumento deste nutriente no solo ao aplicarem até  $132 \text{ kg ha}^{-1}$  de fósforo no solo. Medeiros et al. (2008) avaliaram o efeito da fertirrigação

da cultura do cafeeiro com água residuária doméstica e verificaram um aumento de 422% na concentração de fósforo disponível no solo na camada de 0-0,20 m do perfil do solo.

No que se refere a variação do teor do fósforo disponível em relação às camadas, do solo monitoradas observou-se que em todas as adubações ocorreu redução entre as camadas 0-0,20 e 0,40-0,60 m. Maiores valores deste nutriente foram observados na camada mais superficial. Tal fato está associado à baixa mobilidade deste nutriente no perfil do solo (ERTHAL et al., 2010a). Diversos autores observaram aumento de fósforo disponível nas camadas superficiais do solo após a aplicação de água residuária (ERTHAL et al., 2010a; QUEIROZ et al, 2004; MEDEIROS et al., 2008).

#### 4.1.6. POTÁSSIO

Na Tabela 14 apresentam-se as médias do teor de potássio no solo determinadas nas camadas de 0-0,20 e 0,40-0,60 m, após as adubações, bem como o resultado do Teste de Tukey a 10% de probabilidade.

Tabela 14 - Médias do teor de potássio disponível no solo, em mg dm<sup>-3</sup>, determinado nas camadas de 0-0,20 e 0,40-0,60 m, após adubação

| Adubação                            | Camada    |             |
|-------------------------------------|-----------|-------------|
|                                     | 0-0,20 m  | 0,40-0,60 m |
| Adubação 1                          | 83,80 abA | 85,00 aA    |
| Adubação 2                          | 83,80 abA | 60,60 bB    |
| Adubação 3                          | 86,80 aA  | 67,00 bB    |
| Adubação 4                          | 74,80 bA  | 58,00 bB    |
| Teor de K no solo antes da adubação | 153,00    | 89,00       |

- as médias seguidas de pelo menos uma mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si em nível de 10% de probabilidade pelo Teste de Tukey

Diante dos resultados observou-se que na Adubação 3 o teor médio de potássio diferiu estatisticamente da Adubação 4, na camada de 0-0,20 m. Ao analisar a camada de 0,40-0,60 m observou-se que na Adubação 1 o teor de potássio no solo foi maior que nas demais.

Antes da aplicação das adubações a classificação do solo quanto ao teor de potássio era muito bom e bom, nas camadas de 0-0,20 e 0,40-0,60 m, respectivamente, segundo a CFSEMG (1999). No entanto, observou-se

que ocorreu uma redução da concentração de potássio no solo em todas as parcelas, após as adubações. Como consequência a classificação de fertilidade do solo em relação ao teor de potássio passou a ser bom e médio, nas camadas de 0-0,20 e 0,40-0,60 m, respectivamente, segundo a CFSEMG (1999).

A redução do potássio trocável no solo pode estar associada a absorção pela cultura. Diferente do encontrado neste trabalho, diversos autores após aplicarem água residuária no solo verificaram um aumento na concentração de potássio. Silva et al. (2011), após aplicarem percolato de resíduo sólido urbano no solo, verificaram um aumento da concentração do potássio no solo. Os autores associaram tal fato a alta concentração deste elemento no efluente, com cerca de 1.884,9 mg L<sup>-1</sup> de potássio. Erthal et al. (2010a) fertirrigaram forrageiras com ARB e observaram aumento superior a 360% de potássio trocável no solo, após aporte de até 402 kg ha<sup>-1</sup> no solo.

No que se refere a variação dos valores do teor de potássio no solo entre as camadas, observou-se que a concentração deste nutriente foi maior na camada mais superficial nas parcelas submetidas as Adubações 2, 3 e 4. O mesmo comportamento foi observado por Matos et al. (2005) e Erthal et al. (2010a). Matos et al. (2005) que, ao avaliarem os efeitos da aplicação de ARC nas características químicas do solo de rampas de tratamento cultivadas com diferentes espécies forrageiras, também observaram que as maiores concentrações de potássio ocorreram na camada mais superficial do perfil do solo, após aplicação de 1.252 kg ha<sup>-1</sup> deste íon no solo. Os autores argumentaram que, apesar do potássio ser considerado um cátion relativamente móvel no solo, o pequeno período de aplicação de ARC, coincidente com o período de poucas chuvas, mostrou-se insuficiente para proporcionar maior lixiviação desse cátion no perfil do solo. Diferentemente, Lo Monaco et al. (2009) verificaram aumento na concentração de potássio nas camadas mais profundas do perfil do solo, após fertirrigação do cafeeiro com ARC. Os autores afirmaram que tal comportamento está associado a alta concentração deste nutriente na ARC e pela alta mobilidade do potássio no perfil do solo.

#### 4.1.7. CÁLCIO

Na Tabela 15 apresentam-se as médias do teor de cálcio no solo determinadas nas camadas de 0-0,20 e 0,40-0,60 m, após as adubações, bem como o resultado do Teste de Tukey a 10% de probabilidade.

Tabela 15 - Médias do teor de cálcio trocável no solo, em  $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ , determinado nas camadas de 0-0,20 e 0,40-0,60 m, após adubação

| Adubação                             | Camada   |             |
|--------------------------------------|----------|-------------|
|                                      | 0-0,20 m | 0,40-0,60 m |
| Adubação 1                           | 3,21 aA  | 2,34 aB     |
| Adubação 2                           | 2,76 bA  | 1,80 bB     |
| Adubação 3                           | 2,79 bA  | 1,85 bB     |
| Adubação 4                           | 2,67 bA  | 1,82 bB     |
| Teor de Ca no solo antes da adubação | 2,85     | 2,12        |

- as médias seguidas de pelo menos uma mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si em nível de 10% de probabilidade pelo Teste de Tukey

De acordo com os dados apresentados observou-se que o teor de cálcio na Adubação 1 foi superior em relação aos valores obtidos nas demais, em ambas as camadas monitoradas. Este resultado justifica-se pelo maior aporte deste elemento ao solo pela Adubação 1 ( $55,98 \text{ kg ha}^{-1}$ ) em relação às demais ( $43,57$ ;  $37,35$  e  $31,15 \text{ kg ha}^{-1}$  nas Adubações 2, 3 e 4), como apresentado na Tabela 7.

Segundo a classificação de fertilidade proposta pela CFSEMG (1999) observou-se que em todas as parcelas o teor de cálcio pode ser considerando bom e médio, nas camadas de 0-0,20 e 0,40-0,60 m, respectivamente. Observou-se ainda que, não houve alteração da classificação de fertilidade do teor de cálcio no solo após a aplicação das adubações, quando comparado com a sua condição inicial.

Nas Adubações 2, 3 e 4 ocorreu uma ligeira redução do teor de cálcio no solo após aplicação da torta de mamona e da ARB. Este resultado pode ser explicado pelo menor aporte de cálcio nestas parcelas, pela absorção pelas plantas e ainda pela formação de precipitados de baixa solubilidade. Matos et al. (2005) após aplicarem ARC em rampas de escoamento cultivadas com forrageiras verificaram uma diminuição do teor de cálcio no solo, reduzindo de  $3,3 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$  para  $2,4 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ . Os autores afirmaram que este resultado pode estar associado à formação de

precipitados de baixa solubilidade com o cálcio presente no solo.

No que se refere à variação no teor de cálcio em relação às camadas monitoradas, observou-se que em todas as parcelas experimentais a concentração deste nutriente foi superior na camada mais superficial. Tal comportamento pode ser explicado pela baixa mobilidade deste cátion no solo. Matos et al. (2005) e Lo Monaco et al. (2009) observaram maiores concentrações de cálcio trocável nas camadas de 0-0,10 m e 0,10-0,20 m, respectivamente, após a aplicação de ARC no solo.

#### 4.1.8. MAGNÉSIO

Na Tabela 16 apresentam-se as médias do teor de magnésio no solo determinadas nas camadas de 0-0,20 e 0,40-0,60 m, após adubações, bem como o resultado do Teste de Tukey a 10% de probabilidade.

Tabela 16 - Médias do teor de magnésio trocável no solo, em  $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ , determinadas nas camadas de 0-0,20 e 0,40-0,60 m, após adubação

| Adubação                             | Camada   |             |
|--------------------------------------|----------|-------------|
|                                      | 0-0,20 m | 0,40-0,60 m |
| Adubação 1                           | 0,76 bA  | 0,80 aA     |
| Adubação 2                           | 0,86 abA | 0,72 aB     |
| Adubação 3                           | 0,79 abA | 0,74 aA     |
| Adubação 4                           | 0,96 aA  | 0,79 aB     |
| Teor de Mg no solo antes da adubação | 1,00     | 0,96        |

- as médias seguidas de pelo menos uma mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si em nível de 10% de probabilidade pelo Teste de Tukey

De acordo com os dados apresentados na Tabela 16 observou-se que a concentração de magnésio no solo foi menor na Adubação 1 em relação Adubação 4, na camada de 0-0,20 m. Este resultado pode ser explicado pela competição catiônica entre o magnésio e o potássio e cálcio. As quantidades aportadas de potássio ( $55,98 \text{ kg ha}^{-1}$ ) e cálcio ( $60,64 \text{ kg ha}^{-1}$ ) na Adubação 1 é muito superior àquela aporta de magnésio ( $20,99 \text{ kg ha}^{-1}$ ), o que pode ter proporcionado o deslocamento do magnésio dos sítios de troca para a solução do solo. Consequentemente, o magnésio que estava livre na solução do solo pode ter sido facilmente absorvido pela cultura, ou ainda ter lixiviado a camadas mais profundas do perfil do solo, abaixo de 0,60 m.

Segundo Vitti e Cicarone (2006), os solos geralmente contêm menos

magnésio do que cálcio, porque o magnésio não é adsorvido tão fortemente pelas argilas e matéria orgânica e, conseqüentemente, é mais sujeito à lixiviação. Lo Monaco et al. (2009) verificaram menor concentração de magnésio no solo após fertirrigação do cafeeiro com ARC. Os autores afirmaram que tal comportamento está associado à competição catiônica entre o magnésio e o potássio e, embora o potássio seja um cátion monovalente, a ARC possui elevada concentração deste cátion. Na camada de 0,40-0,60 m não houve diferença estatística dos valores de magnésio entre os tratamentos.

Ao comparar os resultados obtidos com a condição inicial do solo observou-se que houve uma diminuição do magnésio após a aplicação das adubações. De acordo com a CFSEMG (1999) a classificação de fertilidade do solo quanto ao teor de magnésio era bom, no entanto, após a aplicação das adubações a classificação do solo se tornou média. A redução do teor de magnésio no solo pode estar associado a absorção deste nutriente pelas plantas e pela formação de precipitados com os solutos adicionados pela torta de mamona e ARB. Matos et al. (2005) também verificaram diminuição do magnésio após a aplicação de ARC no solo.

Nas Adubações 2 e 4 observou-se que a concentração de magnésio foi maior na camada de 0-0,20 m. Silva et al. (2011) avaliaram o efeito da fertirrigação do capim Tifton 85 com percolato de resíduo sólido urbano no solo e verificaram que a concentração de magnésio foi maior nas camadas mais superficiais do solo. Lo Monaco et al. (2009), após aplicação de ARC no solo, verificou maior concentração de magnésio na camada de 0-0,20 m no perfil do solo.

#### **4.1.9. SÓDIO**

O sódio é um cátion monovalente, que pode ser adsorvido aos colóides do solo e, quando em elevadas concentrações, é capaz de deslocar o cálcio e o potássio desse complexo de troca, condição passível de afetar, em determinadas situações, a estrutura do solo (OLIVEIRA et al., 2002). Por ser um cátion de alta solubilidade, o sódio pode proporcionar aumento na condutividade elétrica e provocar diminuição no potencial osmótico do solo,

distúrbios e comprometimento do desenvolvimento das plantas, em alta concentração no solo (SILVA et al. 2011). Na Tabela 17 apresentam-se as médias do teor de sódio disponível no solo determinadas nas camadas de 0-0,20 e 0,40-0,60 m, após as adubações, bem como o resultado do Teste de Tukey a 10% de probabilidade.

Tabela 17 - Médias do teor de sódio disponível no solo, em mg.dm<sup>-3</sup>, determinadas nas camadas de 0-0,20 e 0,40-0,60 m, após adubação

| Adubação                             | Camada   |             |
|--------------------------------------|----------|-------------|
|                                      | 0-0,20 m | 0,40-0,60 m |
| Adubação 1                           | 4,50 bA  | 5,30 bA     |
| Adubação 2                           | 4,50 bB  | 8,90 aA     |
| Adubação 3                           | 7,30 abA | 6,30 abA    |
| Adubação 4                           | 7,70 aA  | 8,10 abA    |
| Teor de Na no solo antes da adubação | 4,60     | 6,60        |

- as médias seguidas de pelo menos uma mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si em nível de 10% de probabilidade pelo Teste de Tukey

Diante dos resultados obtidos verificou-se que o teor de sódio disponível no solo foi maior na Adubação 4, quando comparado aos valores obtidos nas Adubações 1 e 2, na camada de 0-0,20 m. Este resultado pode ser explicado pela alta concentração de sódio na ARB. Consequentemente, os tratamentos que receberam maiores lâminas do efluente obtiveram maior concentração deste íon.

Na camada mais profunda, pode-se observar que na Adubação 2 o teor de sódio foi maior em relação a Adubação 1.

No que se refere a variação do teor de sódio disponível entre as camadas de solo estudadas, verificou-se que na Adubação 2 o valor deste nutriente foi maior na camada de 0,40-0,60 m. Nas demais adubações não foi verificado diferença estatística entre os valores determinados a partir de amostras coletadas nas diferentes camadas.

O teor de sódio disponível no solo após a aplicação da ARB aumentou nas parcelas submetidas às Adubações 3 e 4, na camada de 0-0,20 m, quando comparada às condições iniciais do solo. O mesmo foi observado por Melo et al. (2005) após aplicarem manipueira no solo, considerando uma lâmina de 510 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>. Silva et al. (2010) avaliaram o efeito da aplicação de percolato de resíduo sólido no solo sobre a

disponibilidade de sódio e obtiveram uma concentração de  $170 \text{ mg dm}^{-3}$  do íon no solo, quando aplicaram o efluente a uma taxa de  $1.000 \text{ kg ha}^{-1} \text{ dia}^{-1}$  de DBO. Freitas et al. (2005) fertirrigaram a cultura do milho com ARS e obtiveram um aumento da concentração de sódio no solo de 1,8 para  $38,4 \text{ mg dm}^{-3}$ , após aporte de  $487 \text{ kg ha}^{-1}$  deste elemento no solo. Santos et al. (2006) e Medeiros et al. (2008) também verificaram aumento do sódio no solo após aplicarem esgoto doméstico no solo.

O excesso de sais de sódio, em relação aos íons de cálcio e magnésio, pode afetar as propriedades físicas e químicas do solo, pois proporciona um aumento da espessura da dupla camada difusa, promovendo a expansão e a dispersão das argilas e, conseqüentemente, reduzindo a porosidade e a permeabilidade do mesmo (FERREIRA, 2006). Na Tabela 18 estão apresentados os valores da porcentagem de sódio trocável (PST), determinado para cada parcela experimental e em ambas as camadas do solo, após a aplicação das adubações.

Tabela 18 - Porcentagem de sódio trocável no complexo de troca, em %, determinado nas camadas de 0-0,20 e 0,40-0,60 m, após adubação

| Adubação   | Camada   |             |
|------------|----------|-------------|
|            | 0-0,20 m | 0,40-0,60 m |
| Adubação 1 | 4,60     | 4,90        |
| Adubação 2 | 3,56     | 10,00       |
| Adubação 3 | 5,43     | 7,20        |
| Adubação 4 | 6,56     | 9,24        |

De acordo com os valores da PST apresentados na Tabela 18 pode-se observar que não ocorreram problemas de salinização e sodicidade no solo, após a aplicação das adubações, uma vez que a PST ficou abaixo de 15% e a condutividade elétrica do extrato da pasta saturada do solo ficou abaixo de  $4 \text{ dS m}^{-1}$ , conforme apresentado na Tabela 17. O mesmo foi verificado por Erthal et al. (2010a), que aplicaram e ARB no solo e obtiveram aumento da concentração de sódio, não observando, no entanto, problemas de salinidade e sodicidade no solo, considerando um aporte de até  $100 \text{ kg ha}^{-1}$  deste elemento. Diferentemente, Freitas et al. (2005) fertirrigaram a cultura do milho com ARS considerando-se a demanda evapotranspirométrica da planta como critério de aplicação do efluente e

observaram a salinização das parcelas que receberam as maiores lâminas da ARS, após a incorporação de 487 kg ha<sup>-1</sup> de sódio ao solo.

#### 4.1.10. ZINCO

Na Tabela 19 apresentam-se as médias do teor de zinco disponível no solo determinadas nas camadas de 0-0,20 e 0,40-0,60 m, após as adubações, bem como o resultado do Teste de Tukey a 10% de probabilidade.

Tabela 19 - Médias do teor de zinco disponível no solo, em mg dm<sup>-3</sup>, nas camadas de 0-0,20 e 0,40-0,60 m, após adubação

| Adubação                             | Camada   |             |
|--------------------------------------|----------|-------------|
|                                      | 0-0,20 m | 0,40-0,60 m |
| Adubação 1                           | 12,73 aA | 4,70 aB     |
| Adubação 2                           | 8,65 bA  | 2,56 aB     |
| Adubação 3                           | 9,02 bA  | 4,29 aB     |
| Adubação 4                           | 7,24 bA  | 2,13 aB     |
| Teor de Zn no solo antes da adubação | 12,46    | 5,32        |

- as médias seguidas de pelo menos uma mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si em nível de 10% de probabilidade pelo Teste de Tukey

Diante dos resultados apresentados verificou-se que o teor de zinco foi maior na Adubação 1 em relação as demais, na camada de 0-0,20 m. Este resultado pode ser explicado pela maior incorporação deste elemento ao solo na Adubação 1 (0,61 kg ha<sup>-1</sup>), em relação às demais adubações (0,38; 0,27 e 0,15 kg ha<sup>-1</sup> nas Adubações 2, 3 e 4, respectivamente), conforme apresentado na Tabela 7. Na camada de 0,40-0,60 m não foi verificado diferença entre os tratamentos.

Resultados semelhantes foram observados por Lo Monaco et al. (2009), após aplicação de ARC no solo. Os autores afirmaram que a redução do teor de zinco disponível no solo está associada à complexação do nutriente pela matéria orgânica presente no solo e àquela incorporada pelo efluente; à absorção pela cultura e possivelmente à sua lixiviação, uma vez que o zinco pode ter sido deslocado do complexo de troca pelo excesso de potássio presente na ARC. Diferentemente, Queiroz et al. (2004) verificaram aumento na concentração de zinco após aplicação de ARS em rampas de escoamento cultivada com forrageiras, após aporte de 1.738 kg

ha<sup>-1</sup> de zinco.

Segundo a classificação proposta pela CFSEMG (1999) o teor de zinco disponível no solo, em todas as parcelas e em ambas as camadas, pode ser considerada alta, pois está acima de 2,2 mg dm<sup>-3</sup>.

No que se refere a variação do teor de zinco entre as camadas do solo monitoradas, observou-se que em todas adubações o valor deste micronutriente foi maior na profundidade mais superficial. Segundo Dechen e Nachtigall (2006), no solo, o zinco é encontrado nos horizontes superficiais, o que está relacionado ao fato de que: a) os resíduos das plantas se depositam na superfície e pela decomposição, originam pequenas quantidades deste elemento; b) o zinco apresenta baixa mobilidade descendente no perfil, diferentemente de outros elementos, devido a capacidade de ser fixado pela matéria orgânica, pelas argilas e pelos óxidos e hidróxidos de ferro.

#### 4.1.11. COBRE

Na Tabela 20 apresentam-se as médias do teor de cobre disponível no solo determinadas nas camadas de 0-0,20 e 0,40-0,60 m, após as adubações, bem como o resultado do Teste de Tukey a 10% de probabilidade.

Tabela 20 - Médias do teor de cobre disponível no solo, em mg dm<sup>-3</sup>, determinadas nas camadas de 0-0,20 e 0,40-0,60 m, após adubação

| Adubação                             | Camada   |             |
|--------------------------------------|----------|-------------|
|                                      | 0-0,20 m | 0,40-0,60 m |
| Adubação 1                           | 4,66 aA  | 2,37 aB     |
| Adubação 2                           | 4,43 aA  | 1,67 aB     |
| Adubação 3                           | 4,92 aA  | 2,51 aB     |
| Adubação 4                           | 3,55 aA  | 1,11 aB     |
| Teor de Cu no solo antes da adubação | 5,95     | 3,48        |

- as médias seguidas de pelo menos uma mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si em nível de 10% de probabilidade pelo Teste de Tukey

Diante dos resultados, verificou-se que não ocorreu diferença do valor de cobre no solo entre as parcelas experimentais após a aplicação das adubações nas duas camadas estudadas, mesmo sendo verificado maior

aporte deste elemento nas Adubações com maiores lâminas de ARB, conforme apresentado na Tabela 7.

Comparando-se os resultados obtidos após a fertirrigação da cultura da figueira com ARB, verificou-se que ocorreu diminuição do teor de cobre disponível no solo. Acredita-se que a redução do cobre disponível do solo está associada à absorção do micronutriente pelas plantas e pela ocorrência da complexação/quelação do cobre pela matéria orgânica presente no solo e pela incorporada pela torta de mamona e pela ARB. De acordo com Dechen e Nachtigall (2006) e Malavolta (1980) o cobre trocável é fortemente adsorvido especialmente pela matéria orgânica do solo, em que, o íon, numa grande proporção, é fixado pelo húmus, numa forma mais estável do que a forma trocável adsorvida.

Queiroz et al. (2004) realizaram a disposição de ARS em rampas de escoamento e verificaram que o cobre teve sua concentração diminuída, indicando que este nutriente pode ter sido extraído pela cultura, ou tornou-se menos disponível em razão da complexação pela matéria orgânica, após aporte de  $140 \text{ kg ha}^{-1}$  de cobre ao solo. Resultado diferente foi obtido por Lo Monaco et al. (2009) que verificaram aumento na concentração do cobre após fertirrigação do cafeeiro com ARC. Os autores acreditam que esse aumento na concentração de cobre na camada 0-0,20 m possa ser atribuído à mineralização da matéria orgânica do solo, disponibilizando o cobre que nela estava quelado/complexado ou advindo da própria água residuária.

Segundo a classificação proposta pela CFSEMG (1999), para a interpretação da disponibilidade de micronutrientes no solo, os teores de cobre disponíveis foram altos em todas as parcelas e ambas as camadas. Nachtigall et al. (2007) verificaram altos teores de cobre total em dois solos cultivados com vinhedos da região da Serra do Rio Grande do Sul, o que se deve ao fato de que o manejo de muitos dos vinhedos brasileiros envolver o uso contínuo de calda bordaleza ( $\text{CuSO}_4 + \text{Ca(OH)}_2$ ) e de outros produtos a base de cobre, no controle de doenças em vinhedos cultivados por longos períodos. Diante disso, ressalta-se que o controle da ferrugem (*Cerotelium fici*) e da antracnose (*Colletotrichum gloesporioides*), fungos que atacam as folhas das figueiras, foi realizado com a aplicação da calda bordalesa, desde o ano 2008, quando foi instalado o cultivo desta cultura na área experimental

do SIPA.

Os teores de cobre disponível no solo foram maiores nas amostras coletadas na camada mais superficial, em todas as parcelas. Isto se deve ao fato do cobre ser pouco móvel ao longo do perfil do solo (MALAVOLTA, 1980).

#### 4.1.12. FERRO

Na Tabela 21 apresentam-se as médias do teor de ferro disponível no solo determinadas nas camadas de 0-0,20 e 0,40-0,60 m, após as adubações, bem como o resultado do Teste de Tukey a 10% de probabilidade.

Tabela 21 - Médias do teor de Ferro disponível no solo, em  $\text{mg dm}^{-3}$ , nas camadas de 0-0,20 e 0,40-0,60 m, após adubação

| Adubação                             | Camada    |             |
|--------------------------------------|-----------|-------------|
|                                      | 0-0,20 m  | 0,40-0,60 m |
| Adubação 1                           | 34,22 bA  | 35,78 aA    |
| Adubação 2                           | 57,46 aA  | 48,82 aA    |
| Adubação 3                           | 52,60 abA | 40,78 aA    |
| Adubação 4                           | 48,30 abA | 30,48 aB    |
| Teor de Fe no solo antes da adubação | 55,40     | 67,90       |

- as médias seguidas de pelo menos uma mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si em nível de 10% de probabilidade pelo Teste de Tukey

De acordo com os resultados observou-se que o teor de ferro disponível nas parcelas submetidas à Adubação 2 foi maior em relação àquele obtido na Adubação 1, na camada de 0-0,20 m. Na camada de 0,40-0,60 m não foi observado diferença entre as adubações.

Ao comparar os resultados obtidos com o teor de ferro disponível no solo antes da aplicação das adubações, verificou-se redução dos teores deste elemento nas parcelas submetidas às adubações. Este resultado está associado a absorção do ferro disponível pela cultura ou ainda pela complexação pelo material orgânico incorporado pelas adubações.

Diferente do obtido neste trabalho, Lo Monaco et al. (2009) verificaram aumento na concentração do ferro após a fertirrigação do cafeeiro com ARC. Os autores afirmam que em razão da aplicação de maior quantidade de material orgânico e água, pode ter ocorrido diminuição na

disponibilidade de oxigênio no meio, em razão do seu consumo na decomposição dessa matéria orgânica. Logo, sendo o meio redutor, pela menor disponibilidade de oxigênio, ocorreu a redução do  $\text{Fe}^{3+}$  para  $\text{Fe}^{2+}$ , o que proporcionou maior disponibilização de ferro no solo.

Segundo a classificação de disponibilidade proposta pela CFSEMG (1999), observou-se que o teor de ferro na parcela submetida à Adubação 1 pode ser considerado bom, nas demais, o teor de ferro disponível estava alto, na camada de 0-0,20 m. Na camada de 0,40-0,60 m, verificou-se que nas parcelas submetidas a Adubação 4 o teor de ferro disponível foi médio, naquelas submetidas a Adubação 1 e 3 é bom e na Adubação 2 é alto.

Verificou-se que, apenas na Adubação 4, ocorreu diferença do teor de ferro disponível no solo entre as camadas monitoradas. Este resultado pode ser explicado pela baixa mobilidade do ferro no perfil do solo e pelo fato da incorporação da ARB ter sido realizada superficialmente.

#### 4.1.13. MANGANÊS

Nos solos, os teores de manganês geralmente encontram-se na faixa de 20 a 3000  $\text{mg kg}^{-1}$ , com média de 60  $\text{mg kg}^{-1}$  (LINDSAY, 1979). Os principais fatores do solo que determinam a disponibilidade de manganês são o pH, as condições de óxido-redução, os teores de matéria orgânica e o equilíbrio com outros cátions, principalmente o ferro, cálcio e o magnésio (DECHEN e NACHTIGALL, 2006). Na Tabela 22 apresentam-se as médias do teor de manganês disponível no solo determinadas nas camadas de 0-0,20 e 0,40-0,60 m, após adubações, bem como o resultado do Teste de Tukey a 10% de probabilidade.

Tabela 22 - Médias do teor de manganês disponível no solo, em  $\text{mg dm}^{-3}$ , determinadas nas camadas de 0-0,20 e 0,40-0,60 m, após adubação

| Adubação                             | Camada   |             |
|--------------------------------------|----------|-------------|
|                                      | 0-0,20 m | 0,40-0,60 m |
| Adubação 1                           | 49,32 aA | 30,50 aB    |
| Adubação 2                           | 44,36 aA | 26,44 aB    |
| Adubação 3                           | 39,64 aA | 26,75 aB    |
| Adubação 4                           | 36,52 aA | 19,44 aB    |
| Teor de Mn no solo antes da adubação | 53,30    | 53,00       |

- as médias seguidas de pelo menos uma mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si em nível de 10% de probabilidade pelo Teste de Tukey

Diante dos resultados apresentados verificou-se que não ocorreu diferença estatística dos valores de manganês disponível no solo entre as parcelas submetidas às diferentes adubações, em ambas as camadas do solo.

Os teores de manganês em todas as parcelas experimentais e em ambas as camadas foram classificados como alto, acima de  $12 \text{ mg dm}^{-3}$ , segundo apresentado pela CFSEMG (1999). No entanto, ao comparar os resultados obtidos do teor de manganês disponível no solo antes da aplicação das adubações, verificou-se uma diminuição deste micronutriente no solo. Esta redução pode estar associada à absorção deste nutriente pelas plantas e ainda, segundo Malavolta (1999), a incorporação de matéria orgânica no solo pode ter formado precipitados de baixa mobilidade.

Observou-se que o teor de manganês determinado em amostras de solo coletadas na camada de 0-0,20 m foi superior em relação àquelas retiradas na camada de 0,40-0,60m, em todas as parcelas. Tal comportamento pode ser explicado pelo fato da incorporação da torta de mamona e da ARB ter sido realizada superficialmente e ainda pela baixa mobilidade deste elemento no perfil do solo, sendo retido na camada mais superficial.

## **4.2 CARACTERÍSTICAS DA SOLUÇÃO DO SOLO**

### **4.2.1 CONDUTIVIDADE ELÉTRICA DA SOLUÇÃO DO SOLO**

Na Tabela 23 apresentam-se os valores médios da condutividade elétrica da solução do solo determinadas nas profundidades de 0,20 e 0,60 m após a aplicação das adubações, nas épocas seca e chuvosa, bem como o resultado do Teste de Tukey a 10% de significância.

Tabela 23 - Valores médios da condutividade elétrica da solução do solo, em  $\text{dS m}^{-1}$ , determinados nas profundidades de 0,20 e 0,60 m, após adubação, nas épocas seca e chuvosa

| Adubação   | Época Seca             |                        | Época Chuvosa          |                        |
|------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
|            | Profundidade de 0,20 m | Profundidade de 0,60 m | Profundidade de 0,20 m | Profundidade de 0,60 m |
| Adubação 1 | 1,34 aA                | 1,13 aA                | 0,58 abB               | 1,12 aA                |
| Adubação 2 | 1,50 aA                | 1,08 aB                | 0,80 aA                | 0,57 cA                |
| Adubação 3 | 1,46 aA                | 1,02 bB                | 0,51 abB               | 0,95 baA               |
| Adubação 4 | 1,19 aA                | 0,59 cB                | 0,41 bA                | 0,62 bcA               |

- as médias seguidas de pelo menos uma mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si em nível de 10% de probabilidade pelo Teste de Tukey

Diante dos resultados, observou-se que na época seca não houve diferença estatística das médias de condutividade elétrica da solução do solo entre as adubações aplicadas na profundidade mais superficial. No entanto, na profundidade de 0,60 m, as médias obtidas das parcelas experimentais após as Adubações 1 e 2 foram superiores às médias daquelas submetidas as Adubações 3 e 4. Na época chuvosa, a média da Adubação 4 diferiu estatisticamente da Adubação 2, quando analisada a profundidade de 0,20 m. Na profundidade de 0,60 m a média obtida a partir da Adubação 1 foi superior às médias das Adubações 2 e 4.

Pode-se observar que as parcelas que receberam maiores quantidades de torta de mamona foram aquelas que obtiveram maiores médias de condutividade elétrica da solução do solo. Este resultado é explicado pelo fato das Adubações 1 e 2 terem aportadas maiores quantidades de íons ao solo, comparativamente às Adubações 3 e 4, conforme apresentado na Tabela 7.

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 da pasta saturada do solo do que a ARS. No entanto, Freitas et al. (2005) verificaram um aumento de 2.755% da condutividade elétrica no extrato da pasta saturada do solo após fertirrigação da cultura do milho com ARS, ao aplicarem até 3.358, 2.577, 294 e 487  $\text{kg ha}^{-1}$  de potássio, cálcio, magnésio e sódio no solo. Os autores ainda verificam que a aplicação de ARS, 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 da

pasta saturada do solo à medida que aumentaram a dose de aplicação da ARC. Os autores afirmam que, tal comportamento está associado ao aumento do íon potássio na solução do solo, quando elevadas doses da ARC foram aplicadas.

Na época seca, observou-se que o valor da condutividade elétrica na solução do solo obtida na Adubação 1 não diferiu estatisticamente entre as profundidades analisadas. Nas Adubações 2, 3 e 4 observou-se que as médias obtidas na profundidade de 0,20 m foram superiores às obtidas na profundidade de 0,60 m. Tal comportamento está associado a maior adsorção dos sais presentes nos efluentes na camada mais superficial do solo. De igual modo, Medeiros et al. (2011) e Bebé et al. (2009) verificaram maior valor da condutividade elétrica do solo nas camadas mais superficiais, após aplicarem efluente primário de esgoto sanitário e vinhaça no solo, respectivamente.

Na época chuvosa observou-se que as médias da condutividade elétrica na solução do solo obtidas nas Adubações 2 e 4 não diferiram estatisticamente entre as profundidades analisadas. No entanto, as médias da condutividade elétrica da solução do solo obtido nas Adubações 1 e 3 foram maiores na profundidade de 0,60 m em relação à profundidade de 0,20 m, evidenciando a ocorrência da lixiviação dos sais às camadas mais profundas.

Ao avaliar a condutividade elétrica da solução do solo entre as épocas seca e chuvosa, observou-se que as médias foram maiores na época seca, em relação à época chuvosa, quando analisada na profundidade mais superficial. Tal comportamento está associado a maior diluição dos sais presentes na solução do solo na época chuvosa, uma vez que o teor de água no solo é maior neste período. Na profundidade de 0,60 m observou-se que as Adubações 2 e 3 diferiram entre as épocas seca e chuvosa. No entanto, as Adubações 1 e 4 não diferiram estatisticamente.

#### **4.2.2 CONCENTRAÇÃO DE NITRATO NA SOLUÇÃO DO SOLO**

Na Tabela 24 apresentam-se os valores médios da concentração de nitrato na solução do solo determinadas nas profundidades de 0,20 e 0,60 m

após as adubações, nas épocas seca e chuvosa, bem como o resultado do Teste de Tukey a 10% de significância.

Tabela 24 - Valores médios da concentração de nitrato na solução do solo, em  $\text{mg L}^{-1}$ , determinados nas profundidades de 0,20 e 0,60 m, após adubação, nas épocas seca e chuvosa

| Adubação   | Época Seca             |                        | Época Chuvosa          |                        |
|------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
|            | Profundidade de 0,20 m | Profundidade de 0,60 m | Profundidade de 0,20 m | Profundidade de 0,60 m |
| Adubação 1 | 323,17 aA              | 197,49 aB              | 53,28 abB              | 121,37 aA              |
| Adubação 2 | 295,12 aA              | 117,93 bcB             | 77,57 aA               | 29,48 bA               |
| Adubação 3 | 125,75 bA              | 170,37 abA             | 23,01 abA              | 60,46 abA              |
| Adubação 4 | 56,80 cA               | 57,21 cA               | 8,76 bA                | 60,72abA               |

- as médias seguidas de pelo menos uma mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si em nível de 10% de probabilidade pelo Teste de Tukey

Diante dos resultados obtidos, verificou-se que as concentrações médias de nitrato na solução do solo obtidas nas Adubações 1 e 2 foram maiores que aquelas determinadas nas Adubações 3 e 4, na profundidade de 0,20 m, considerando-se a época seca. A concentração de nitrato obtida nas soluções na Adubação 4 foi ainda inferior a Adubação 3. Tal comportamento está associado ao processo de perda do nitrato pela lixiviação a profundidades superiores àquelas monitoradas neste trabalho após a ocorrência de chuvas nesta época, uma vez que este íon estava mais disponível na ARB em relação à torta de mamona. Verificou-se, a partir da caracterização da ARB (Tabela 3) que o nitrogênio presente no efluente estava em sua maioria na forma amoniacal ( $588,79 \text{ mg L}^{-1}$ ) e, portanto, após a disposição do efluente no solo, o nitrogênio se converteu a nitrato, pelo processo nitrificação. Outra evidência que confirma tal comportamento está associado ao fato do teor de nitrato não diferir entre as profundidades de coleta de solução do solo, nas Adubações 3 e 4, ou seja, o nitrato não foi retido nas camadas superiores do solo, lixiviando à camadas mais profundas. No entanto, nas Adubações 1 e 2 o teor de nitrato na solução do solo foi maior na profundidade de 0,20 m, evidenciado maior adsorção deste íon nas camadas mais superficiais do solo.

Considerando a profundidade de 0,60 m e a época seca, verificou-se que as concentrações de nitrato obtidas nas Adubações 1 e 3 foram superiores àquelas determinadas na Adubação 4.

Na época chuvosa, verificou-se que na Adubação 2 a concentração média de nitrato na solução do solo foi maior em relação a Adubação 4, considerando-se a profundidade mais superficial. No entanto, na profundidade de 0,60 m, observou-se que a concentração de nitrato foi menor na Adubação 2 em relação as demais.

Os teores de nitrato obtidos neste estudo foram inferiores àqueles encontrados por Andrade Neto (2009) e Cruz; Parron e Rocha (2012), que trabalharam com ureia e nitrato de cálcio. Andrade Neto (2009) obteve valores de até 352,90 e 450,00 mg L<sup>-1</sup> de nitrato na solução do solo, nas profundidades de 0,20 e 0,40 m, respectivamente, em uma área de plantio de bananeira da terra. Cruz; Parron e Rocha (2012) obtiveram valor médio de até 329,81 mg L<sup>-1</sup> de nitrato na solução do solo em uma área cultivada com café. No entanto, Oliveira et al. (2001) avaliando a lixiviação de nitrato em área de plantio de cana-de-açúcar, verificaram concentrações de 15 mg L<sup>-1</sup> na solução do solo, após aplicação de 190 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio, utilizando lodo de esgoto.

Avaliando a variação da concentração de nitrato na solução do solo entre as profundidades monitoradas, verificou-se que, nas Adubações 1 e 2, as médias foram superiores nas amostras coletadas na profundidade mais superficial, em relação à profundidade de 0,60 m, na época seca. Nas Adubações 3 e 4 não foi observado diferença estatística entre os valores determinados em diferentes profundidades. Na época chuvosa, verificou-se que, somente na Adubação 1 houve diferença estatística entre as médias da concentração de nitrato determinadas nas distintas profundidades. Foi observado que a concentração de nitrato na solução do solo foi maior na profundidade de 0,60 m em relação à menor profundidade. Tal comportamento pode estar associado à alta mobilidade deste elemento no solo, o que deve ter contribuído na lixiviação para profundidades superiores àquelas monitoradas neste trabalho. A lixiviação do nitrato para camadas mais profundas do perfil do solo é indesejável, pois, além de não ser mais absorvido pelas plantas, pode contaminar as águas subterrâneas (MANTOVANI; ERNANI e SANGOI, 2007; OTTMAN e POPE, 2000). O nitrato encontrado na profundidade de 0,60 m dificilmente será absorvido pela cultura da figueira, pois o seu sistema radicular se concentra nos

primeiros 0,40 m do perfil do solo (LEONEL e DAMATTO JUNIOR, 2007), portanto, valores elevados de nitrato na solução do solo nas camadas inferiores à rizosfera, podem indicar um risco à qualidade das águas subterrâneas, uma vez que este elemento pode lixiviar ao longo do perfil do solo, alcançando o lençol freático. Segundo Randall e Mulla (2001) a agricultura tem sido identificada como o maior contribuidor de nitrato para as águas subterrâneas.

Andrade Neto (2009) verificou um incremento na concentração de nitrato na solução na profundidade de 0,40 m em relação a de 0,20 m, ao avaliar o efeito da aplicação de ureia e nitrato de cálcio no solo. Cruz; Parron e Rocha (2012) verificaram aumento de até 500% na concentração de nitrato na solução do solo obtida a 1,0 metro de profundidade, quando comparada a camadas mais superficiais do solo. Matos; Lemos e Barros (2004) verificaram aumento nas concentrações de nitrato nas camadas maiores que 0,20-0,30 m, no perfil dos solos de rampas de tratamento de águas residuárias. Kaiser (2006) afirma que, estando o nitrato livre na solução do solo, o movimento deste íon para camadas mais profundas do solo ocorre, principalmente, por fluxo de massa, seguindo o fluxo da água no solo.

Ao comparar a concentração de nitrato entre as distintas épocas de coleta da solução do solo, verificou-se que na época chuvosa as médias foram menores em relação à época seca, nas Adubações 1, 2 e 3. Tal comportamento está associado à diluição do nitrato na solução do solo e posterior lixiviação, uma vez que o solo no período chuvoso possui maior teor de água. O mesmo é observado na Figura 21, onde está apresentada a variação da concentração de nitrato na solução do solo determinada ao longo do período experimental, nas profundidades de 0,20 m (a) e 0,60 m (b). Na Figura 21 verificou-se uma tendência de redução na concentração de nitrato na solução do solo ao longo do tempo. Tal comportamento está associado ao início do período chuvoso e, portanto, a ocorrência do aumento do teor de água no solo, que proporcionou a diluição do íon na solução do solo e consequentemente redução de sua concentração no meio.

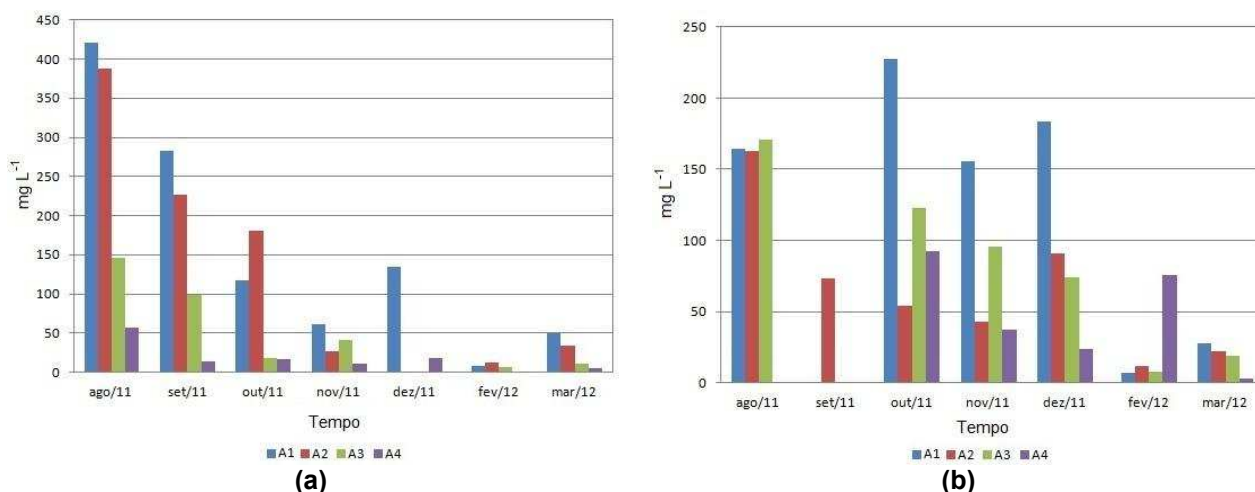


Figura 21 - Variação da concentração de nitrato na solução do solo ao longo do experimento, nas profundidades de 0,20 m (a) e 0,60 m (b).

Cruz; Parron e Rocha (2012) estudaram a concentração de nitrato na solução do solo sob plantio do cafeeiro e verificaram um teor médio de 143 mg L<sup>-1</sup> em um período chuvoso, entre os meses de janeiro e março. Kaiser (2006) verificou menor concentração de nitrato na solução do solo, em área de plantio de fumo, quando a amostragem foi realizada em períodos chuvosos.

O consumo de águas com teores de nitrato acima do limite recomendado pela Organização Mundial da Saúde (10 mg L<sup>-1</sup>) pode ocasionar problemas de saúde em animais e humanos, especialmente em crianças menores que três anos de idade pelo risco de causar a doença denominada de metahemoglobinemia ou “síndrome do bebê azul” (JENKINSON, 2001).

A alta mobilidade do nitrato no solo associado ao risco de contaminação do lençol freático justifica a preocupação em relação disposição de efluentes ricos em nitrogênio no solo. Percebe-se então que, um acompanhamento periódico do teor de nitrato na solução do solo torna-se importante no manejo eficiente da disposição de água residuárias em terras agricultáveis.

#### 4.2.3 CONCENTRAÇÃO DE AMÔNIO NA SOLUÇÃO DO SOLO

Na Tabela 25 apresentam-se os valores médios da concentração de amônio na solução do solo nas profundidades de 0,20 e 0,60 m após as

adubações, nas épocas seca e chuvosa, bem como o resultado do Teste de Tukey a 10% de significância.

Tabela 25 - Valores médios da concentração de amônio na solução do solo, em mg L<sup>-1</sup>, determinados nas profundidades de 0,20 e 0,60 m, após adubação, nas épocas seca e chuvosa

| Adubação   | Época Seca             |                        | Época Chuvosa          |                        |
|------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
|            | Profundidade de 0,20 m | Profundidade de 0,60 m | Profundidade de 0,20 m | Profundidade de 0,60 m |
| Adubação 1 | 0,440 bA               | 0 aB                   | 0,050 bA               | 0 aA                   |
| Adubação 2 | 0,217 bcA              | 0 aA                   | 0,405 aA               | 0 aB                   |
| Adubação 3 | 0,690 aA               | 0 aB                   | 0,012 bA               | 0,002 aA               |
| Adubação 4 | 0,012 cA               | 0 aA                   | 0,040 bA               | 0,037 aA               |

- as médias seguidas de pelo menos uma mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si em nível de 10% de probabilidade pelo Teste de Tukey

Diante dos resultados apresentados acima verificou-se que a concentração de amônio na solução do solo foi menor na Adubação 4, diferindo estatisticamente das Adubações 1 e 3, na profundidade de 0,20 m, considerando-se a época seca. Na profundidade de 0,60 m, na mesma época, não foi detectada a concentração de amônio na solução do solo.

Na época chuvosa, na profundidade de 0,20 m, a concentração de amônio na solução do solo diferiu estatisticamente somente na Adubação 2, sendo maior em relação as demais. Na profundidade de 0,60 m não foi verificado diferença, da concentração média de amônio entre adubações.

Pode-se observar que a concentração de amônio foi muito baixa na solução do solo. Este resultado pode ser explicado pelo processo da nitrificação, onde o amônio é convertido a nitrato (SILVA e MENDONÇA, 2007) e ainda ao fato do amônio ter sido absorvido pelas plantas.

Avaliando a variação da concentração de amônio na solução do solo entre as profundidades monitoradas, verificou-se que as médias diferiram nas Adubações 1 e 3, considerando-se a época seca. Os valores da concentração de amônio nas Adubações 1 e 3 foram maiores na profundidade de 0,20 m em relação a profundidade de 0,60 m. Na época chuvosa, somente na Adubação 2, foi verificado diferença dos valores de amônio entre as profundidades de 0,20 e 0,60 m. De igual modo, o valor da concentração de amônio na Adubação 2 foi maior na profundidade mais superficial. A concentração de amônio foi maior na profundidade mais

superficial, evidenciando maior retenção deste cátion nos sítios de troca do solo.

Cruz; Parron e Rocha (2012) verificaram o mesmo comportamento ao analisar a mobilidade de íons no perfil do solo sob cultivo do cafeeiro. Os autores observaram uma concentração de amônio na solução do solo igual a 15,14 e 0,32 mg L<sup>-1</sup>, a 0,50 e 1,00 m de profundidade, respectivamente.

Ao analisar a concentração de amônio entre as distintas épocas de coleta, verificou-se diferença estatística das médias entre as épocas seca e chuvosa nas Adubações 1 e 3, sendo que os valores diminuíram do período seco para o chuvoso, considerando-se a profundidade de 0,20 m. Tal comportamento pode ser explicado pela maior solubilização e posterior lixiviação dos sais presentes no solo, em razão da infiltração e percolação da água da chuva. Cruz; Parron e Rocha (2012) obtiveram um valor médio da concentração de amônio na solução do solo igual a 7,73 mg L<sup>-1</sup>, entre os meses de janeiro e março, período chuvoso na região.

Na profundidade de 0,60 m não houve diferença estatística em nível de 10% de significância pelo Teste de Tukey da concentração de amônio na solução do solo entre as épocas de coleta das amostras.

### **4.3 CARACTERÍSTICAS DA CULTURA**

#### **4.3.1 NUTRIENTES NAS FOLHAS E FIGOS**

Nas Tabelas 26 e 27 apresentam-se, respectivamente, o resumo da análise de variância e os valores médios dos teores de N, K, Ca, Mg e P quantificados nas folhas das figueiras, seguidos do resultado do Teste de Tukey a 10% de significância.

Tabela 26 - Análise de variância dos teores dos teores de N, K, Ca, Mg e P quantificados nas folhas das figueiras submetidas às distintas adubações

| FV       | GL | Soma dos Quadrados Médios |                     |                    |                    |                      |
|----------|----|---------------------------|---------------------|--------------------|--------------------|----------------------|
|          |    | N                         | K                   | Ca                 | Mg                 | P                    |
| Adubação | 3  | 11,03 <sup>ns</sup>       | 12,95 <sup>ns</sup> | 1,96 <sup>ns</sup> | 0,98 <sup>ns</sup> | 0,0094 <sup>ns</sup> |
| Resíduo  | 16 | 6,49                      | 9,14                | 2,02               | 0,30               | 0,0134               |
| CV (%)   |    | 9,18                      | 15,61               | 4,53               | 8,26               | 6,90                 |

\* significativo a 1% de significância pelo teste F

\*\* significativo a 5% de significância pelo teste F

<sup>ns</sup> não significativo a 5% de significância pelo teste F

Tabela 27 - Teores de N, K, Ca, Mg e P quantificados em amostras de folhas de figueira (massa seca) submetidas as distintas adubações

| Adubação                   | N                  | K       | Ca      | Mg       | P      |
|----------------------------|--------------------|---------|---------|----------|--------|
|                            | g kg <sup>-1</sup> |         |         |          |        |
| Adubação 1                 | 29,97 a            | 21,51 a | 31,28 a | 6,58 a   | 1,70 a |
| Adubação 2                 | 27,12 a            | 19,23 a | 30,80 a | 7,02 a   | 1,66 a |
| Adubação 3                 | 27,25 a            | 19,14 a | 32,24 a | 7,01 a   | 1,65 a |
| Adubação 4                 | 26,71 a            | 17,61 a | 31,09 a | 6,09 a   | 1,75 a |
| Faixa de teores adequados* | 20 – 25            | 10 – 30 | 30 – 50 | 7,5 – 10 | 1 – 3  |

Médias seguidas de uma mesma letra não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 10% de probabilidade

\* (Fonte: FERNANDES e BUZETTI, 1999)

Ao avaliar o efeito do uso da ARB no cultivo da figueira sobre a nutrição da planta, verificou-se que as diferentes adubações proporcionaram resultados iguais.

Os resultados dos teores dos macronutrientes obtidos na análise foliar indicaram que o teor de nitrogênio se encontrava superior aos valores adequados para a cultura, segundo Fernandes e Buzetti (1999). Os teores de potássio, cálcio e fósforo estavam dentro da faixa considerada adequada, enquanto os teores de magnésio se apresentaram abaixo. O baixo teor de magnésio nas folhas pode estar associado à presença de íons competidores (Ca, K e NH<sub>4</sub><sup>+</sup>), que foram aportados em maior quantidade no solo. Segundo Leonel e Damatto Junior (2008), a adição de nitrogênio pode reduzir a absorção de magnésio pelas folhas. Caetano (2004) verificou uma redução de 12,1% no teor de magnésio em folhas de figueiras com o aumento das doses da adubação de nitrogênio.

No que se refere ao potássio, de acordo com Brizola et al. (2005) teores abaixo de 16 g kg<sup>-1</sup> nas folhas indicam deficiência deste nutriente, no

entanto, observou-se que em todas as adubações o teor de potássio ficou acima de 17 g kg<sup>-1</sup>.

Haag et al. (1979), citados por Leonel e Damatto Junior (2008), trabalhando com plantas de figueira conduzidas sob solução nutritiva completa, relataram que as mesmas apresentaram os seguintes teores nutricionais: N = 33; K = 28; Ca = 19; Mg = 6,6 e P = 1,7; g kg<sup>-1</sup>. Ainda segundo os mesmos autores, os teores associados às deficiências dos referidos elementos foram: N = 24,5; K = 1,8; Ca = 8; Mg = 1,1 e P = 0,9 g kg<sup>-1</sup>. Dessa maneira, é possível inferir que não houve limitações nutricionais no estágio de crescimento da figueira, avaliado no presente trabalho. Os valores de macronutrientes obtidos na análise foliar são semelhantes àqueles encontrados por Leonel e Damatto Junior (2009) e Brizola et al. (2005), que avaliaram os teores de nutrientes nas folhas, quando as plantas foram submetidas a diferentes doses de esterco bovino e de adubação potássica, respectivamente.

Diante dos resultados obtidos é possível inferir que o uso da ARB no cultivo da figueira foi suficiente para suprir as exigências nutricionais das plantas, no que se refere aos macronutrientes.

Nas Tabelas 28 e 29 apresentam-se, respectivamente, o resumo da análise de variância e os valores médios dos teores de Fe, Mn e Zn quantificados nas folhas das figueiras após as adubações, seguidos do resultado do Teste de Tukey a 10% de significância.

Tabela 28 - Análise de variância dos teores de Fe, Mn e Zn quantificados nas folhas das figueiras submetidas às distintas adubações

| FV       | GL | Soma dos Quadrados Médios |                      |                    |
|----------|----|---------------------------|----------------------|--------------------|
|          |    | Fe                        | Mn                   | Zn                 |
| Adubação | 3  | 11364,52 **               | 139,00 <sup>ns</sup> | 7,23 <sup>ns</sup> |
| Resíduo  | 16 | 4033,71                   | 50,68                | 3,30               |
| CV (%)   |    | 20,78                     | 11,59                | 7,42               |

\* significativo a 1% de significância pelo teste F

\*\* significativo a 5% de significância pelo teste F

<sup>ns</sup> não significativo a 5% de significância pelo teste F

Tabela 29 - Teores de Fe, Mn e Zn quantificados em amostras de folhas de figueira (massa seca) submetidas às distintas adubações e o resultado do Teste de Tukey a 10 % de significância

| Adubação                   | Fe                  | Mn        | Zn      |
|----------------------------|---------------------|-----------|---------|
|                            | mg kg <sup>-1</sup> |           |         |
| Adubação 1                 | 247,60 b            | 59,14 a   | 24,36 a |
| Adubação 2                 | 293,67 ab           | 58,58 a   | 23,59 a |
| Adubação 3                 | 320,28 ab           | 69,32 a   | 23,77 a |
| Adubação 4                 | 361,25 a            | 58,64 a   | 26,22 a |
| Faixa de teores adequados* | 100 – 300           | 100 – 350 | 50 - 90 |

Médias seguidas de uma mesma letra não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 10% de probabilidade

\* (Fonte: FERNANDES e BUZETTI, 1999)

No que se referem aos micronutrientes, os teores de manganês e zinco ficaram abaixo do adequado para a cultura. Verificou-se que o comportamento do teor de manganês na folha da figueira foi o mesmo daquele obtido no solo, ou seja, não houve alteração entre as adubações. Os teores de zinco nas folhas da figueira foram iguais entre as distintas adubações, mesmo sendo aportado maior quantidade de zinco no solo na Adubação 1.

De acordo com Epstein (1975), o manganês desempenha papel importante em muitas das reações do ciclo de Krebs e, devido a posição central deste na respiração, a carência do elemento repercute em outras sequências metabólicas. Segundo Dechen e Nachtigall (2006), a carência de manganês nas plantas é responsável pela redução do crescimento de raízes.

Segundo Malavolta (1980) uma das causas da deficiência de zinco nas plantas está associada aos altos níveis de fósforo no solo, causando a diminuição da absorção do zinco provocando sintomas de carência, pois o nível do micronutriente fica abaixo do suficiente. Portanto, a deficiência de zinco nas folhas da figueira, obtida neste trabalho, pode estar associada ao teor de fósforo no solo, acima de 45 mg dm<sup>-3</sup>, classificado como muito bom, de acordo com o CFSEMG (1999). De acordo com Malavolta (1980), as razões para a deficiência do zinco induzida pelo fósforo são: o fósforo insolubiliza o zinco na superfície das raízes, diminuindo a sua absorção; o fósforo inibe a absorção do zinco e diminui o transporte do zinco da raiz para a parte aérea da planta. Segundo Leonel e Damatto Junior (2008), o zinco é

relatado na literatura como um elemento essencial para promover o crescimento das plantas. As deficiências de zinco se manifestam em falta de atividade da gema terminal, o que se traduz num porte em forma de roseta nos cultivos herbáceos, enquanto em outros cultivos se encurtam os entrenós (DECHEN e NACHTIGALL, 2006). A formação de roseta se refere à falta de alongação dos internódios, fazendo com que as folhas de vários internódios fiquem muito próximas uma das outras e no mesmo plano à maneira de uma roseta (EPSTEIN, 1975). A influência acentuada na deficiência de zinco no crescimento é devido ao seu papel no nível de auxina (EPSTEIN, 1975). Os resultados observados podem sugerir inferências sobre uma redução no crescimento das plantas pela deficiência de zinco, acarretando, consecutivamente, diminuição na produção, uma vez que a figueira, sob regime de poda drástica, produz seus frutos em ramos do ano e, normalmente, um fruto por nó do ramo. Portanto, com menor crescimento e comprimento dos ramos, o número de frutos por planta será reduzido. Embora em todas as parcelas o teor de zinco tenha ficado abaixo do adequado para a cultura, somente na Adubação 4 foi verificado baixo desenvolvimento e produção da figueira.

O teor de ferro ficou dentro da faixa de valores adequados estabelecido para a figueira nas Adubações 1 e 2 e acima nas Adubações 3 e 4, observou-se ainda que, os valores quantificados para este elemento diferiram apenas entre as Adubações 1 e 4.

Souza et al. (2010b) avaliaram o efeito da aplicação de diferentes lâminas de água residuária da suinocultura na nutrição do tomateiro e verificaram que todas as lâminas aplicadas atenderam a demanda nutricional da cultura. Os autores ainda afirmam que a aplicação da água residuária da suinocultura fornecendo quantidades superiores a 150% de nitrogênio supriu a demanda nutricional do tomateiro, além de resultar uma produtividade maior que a testemunha. Medeiros et al. (2008) verificaram que o suprimento de nutrientes via a aplicação de água residuária filtrada de origem doméstica foi mais efetivo no estado nutricional do cafeeiro, quando comparado ao manejo convencional. Erthal et al. (2010b) verificaram que a fertirrigação com água residuária de bovinocultura de leite aumentou o conteúdo de proteína bruta e os teores de K, Mg e Na nas forrageiras Tifton

85 e aveia preta. Os mesmos autores verificaram que o uso deste efluente reduziu os teores de Ca e Zn no capim Tifton 85 e Na e Cu na aveia preta. Diferentemente, Inoue et al. (2011), após aplicarem biofertilizantes obtidos da digestão anaeróbia da manipueira, não verificaram aumento na concentração de N, P, K no tecidos de plantas de milho.

Na Tabela 30 e 31 apresentam-se, respectivamente, o resumo da análise de variância e os teores médios de N, P, K, Ca e Mg presentes nos figos verdes após as adubações, seguido do resultado do Teste de Tukey a 10% de significância.

Tabela 30 - Análise de variância e os teores médios de N, P, K, Ca e Mg presentes nos figos verdes submetidas a distintas adubações

| FV       | GL | Soma dos Quadrados Médios |          |       |                    |                      |
|----------|----|---------------------------|----------|-------|--------------------|----------------------|
|          |    | N                         | P        | K     | Ca                 | Mg                   |
| Adubação | 3  | 0,06**                    | 0,0003** | 0,14* | 0,01 <sup>ns</sup> | 0,0005 <sup>ns</sup> |
| Resíduo  | 16 | 0,02                      | 0,0001   | 0,02  | 0,005              | 0,0001               |
| CV (%)   |    | 7,62                      | 4,77     | 8,39  | 8,97               | 5,97                 |

\* significativo a 1% de significância pelo teste F

\*\* significativo a 5% de significância pelo teste F

<sup>ns</sup> não significativo a 5% de significância pelo teste F

Tabela 31 - Teores médios de N, P, K, Ca e Mg presentes nos figos verdes (massa seca) e o resultado do Teste de Tukey a 10% de significância

| Adubação   | N                    | P       | K       | Ca     | Mg     |
|------------|----------------------|---------|---------|--------|--------|
|            | dag kg <sup>-1</sup> |         |         |        |        |
| Adubação 1 | 1,63 ab              | 0,21 b  | 2,02 a  | 0,76 a | 0,21 a |
| Adubação 2 | 1,73 a               | 0,23 a  | 1,65 cb | 0,85 a | 0,23 a |
| Adubação 3 | 1,48 b               | 0,22 ab | 1,92 ba | 0,86 a | 0,22 a |
| Adubação 4 | 1,66 ab              | 0,22 ab | 1,75 c  | 0,82 a | 0,21 a |

Médias seguidas de uma mesma letra não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 10% de probabilidade

De acordo com os resultados apresentados na Tabela 31 observou-se que os macronutrientes predominantes nos figos verdes foram o potássio e o nitrogênio. O mesmo foi verificado por Leonel e Tecchio (2008) e Brizola et al. (2005) em figos maduros. Os teores de macronutrientes na massa seca dos figos da figueira mostraram a seguinte ordem de concentração: K> N> Ca> P> Mg. No entanto, Leonel e Tecchio (2008) e Brizola et al. (2005) verificaram que em frutos maduros da figueira a ordem de exportação foi: N> K> Ca> Mg> P. Na Tabela 32 apresentam-se teores de N, P, K, Ca e Mg,

exportados por figos verdes da figueira, na região de Ilha Solteira, no Estado de São Paulo, considerando a aplicação de 300 gramas de nitrogênio por planta (FERNANDES e BUZETTI, 1999). Comparando os resultados obtidos (Tabela 31) com os valores apresentados na Tabela 32, observou-se que os teores obtidos neste trabalho são superiores aos encontrados por Fernandes e Buzetti (1999).

Tabela 32 - Teores exportados de N, P, K, Ca e Mg por figos verdes da cultura da figueira (adaptado de FERNANDES e BUZETTI, 1999)

| N    | P    | K                    | Ca   | Mg   |
|------|------|----------------------|------|------|
|      |      | dag kg <sup>-1</sup> |      |      |
| 0,89 | 0,04 | 0,75                 | 0,34 | 0,13 |

Ressalta-se que a maioria dos trabalhos realizados que analisaram teores de nutrientes nos figos foram desenvolvidos considerando-os em seu estágio final de maturação.

#### 4.3.2 ANÁLISE DE CRESCIMENTO

Na Tabela 33 e 34 apresentam-se, respectivamente, a análise de variância e os valores médios do comprimento dos ramos e do número de folhas por ramo das figueiras após as adubações, seguido do resultado do Teste de Tukey a 10% de significância.

Tabela 33 - Análise de variância do comprimento dos ramos e do número de folhas por ramo das figueiras submetidas a distintas adubações

| FV       | GL | Soma dos Quadrados Médios |                           |
|----------|----|---------------------------|---------------------------|
|          |    | Comprimento dos ramos     | Número de folhas por ramo |
| Adubação | 3  | 2983,95*                  | 207,86*                   |
| Resíduo  | 16 | 550,56                    | 32,06                     |
| CV (%)   |    | 23,71                     | 11,82                     |

\* significativo a 1% de significância pelo teste F

\*\* significativo a 5% de significância pelo teste F

<sup>ns</sup> não significativo a 5% de significância pelo teste F

Tabela 34 - Valores médios do comprimento dos ramos e do número de folhas por ramo das figueiras submetidas a distintas adubações

| Adubação   | Comprimento dos ramos | Número de folhas por ramo |
|------------|-----------------------|---------------------------|
|            | cm                    |                           |
| Adubação 1 | 115,44 a              | 51 a                      |
| Adubação 2 | 113,99 a              | 52 a                      |
| Adubação 3 | 109,23 a              | 50 a                      |
| Adubação 4 | 69,34 b               | 38 b                      |

Médias seguidas de uma mesma letra não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 10% de probabilidade

Observou-se que na Adubação 4 foi verificado menor valor médio de comprimento dos ramos e menor número de folhas por ramo. Tal comportamento pode estar associado a aplicação de altas doses de amônio às plantas submetidas a Adubação 4. Verificou-se na Tabela 3 que o nitrogênio presente na ARB encontra-se em sua maioria na forma amoniacal, portanto as plantas submetidas à Adubação 4 podem ter sofrido uma toxicidade por amônio. Segundo Marschner (2006); Epstein (1975); Haynes et al. (1986); Souza e Fernandes (2006) um dos principais sintomas da toxicidade por amônio é a restrição do crescimento das plantas. De acordo com Epstein (1975), muitas plantas podem sofrer desarranjos nas estruturas dos cloroplastos, afetando assim todo o seu metabolismo, quando a maioria do nitrogênio absorvido pelas raízes é proveniente de adubações amoniacais. Holzschuh et al. (2009) e Holzschuh et al. (2011) verificaram menor crescimento da cultura do arroz quando aplicaram soluções nutritivas com concentrações de amônio iguais a 67,5 e 135 mg L<sup>-1</sup>, respectivamente. Andriolo et al. (2006) observaram que concentrações de amônio acima de 90 mg L<sup>-1</sup> causaram toxicidade em plantas de alface, reduzindo em até 58% a massa seca de raízes, quando comparada a tratamentos com concentrações menores. Cruz; Pelacani e Araújo (2006) verificaram que a aplicação de soluções nutritivas com concentrações de amônio igual a 216 mg L<sup>-1</sup> causaram redução na produção da cultura da mandioca.

De acordo com Haynes et al. (1986) e Marschner (2006), outro sintoma da toxicidade por amônio é a restrição do crescimento do sistema radicular da cultura.

Os comprimentos dos ramos das plantas submetidas às Adubações 1, 2 e 3 estão coerentes com aqueles encontrados na literatura. Leonel e

Tecchio (2010) verificaram comprimentos médios de ramos variando entre 96 e 144 cm. Hernandez et al. (1994) avaliaram o efeito da lâmina de irrigação e do teor de nitrogênio no desenvolvimento da figueira e verificaram valores de comprimentos entre 112 e 163 cm. Giacobbo et al. (2007) verificaram valores médios entre 95 e 135 cm. Caetano (2004) avaliou o efeito da adubação nitrogenada no comprimento dos ramos e observou valores máximos iguais a 110 e 125 cm, quando aplicou 140 e 175 gramas de nitrogênio por planta, respectivamente. Verifica-se, portanto, que as plantas submetidas à Adubação 4 apresentaram valores abaixo daqueles encontrados na literatura. No que diz respeito ao número de folhas por ramo, verificou-se que os resultados obtidos estão acima daqueles encontrados na literatura, com exceção das plantas submetidas à Adubação 4. Silva et al. (2011) avaliaram o efeito do manejo da irrigação no crescimento da figueira e obtiveram 41 e 45 folhas por ramos nos tratamentos sem e com irrigação, respectivamente.

Na Tabela 35 apresentam-se os modelos ajustados a partir dos dados observados do crescimento dos ramos e do número de folhas por ramo, em função do tempo (dias após a poda). Na Figura 22 apresentam-se os valores de crescimento dos ramos (a) e do número de folhas por ramo (b) ao longo do experimento. Os dados foram ajustados a um modelo sigmoidal com três parâmetros.

Tabela 35 – Modelos ajustados ao comprimento dos ramos e ao número de folhas por ramo em função tempo (x = dias após a poda)

| Comprimento dos ramos |                                                                 |                             |
|-----------------------|-----------------------------------------------------------------|-----------------------------|
| Adubação              | Modelos                                                         | Coeficiente de determinação |
| Adubação 1            | $y = \frac{132,67}{1+e^{\left(\frac{-x-192,51}{53,76}\right)}}$ | 0,98                        |
| Adubação 2            | $y = \frac{123,33}{1+e^{\left(\frac{-x-180,87}{52,39}\right)}}$ | 0,97                        |
| Adubação 3            | $y = \frac{116,18}{1+e^{\left(\frac{-x-171,74}{50,99}\right)}}$ | 0,97                        |
| Adubação 4            | $y = \frac{76,73}{1+e^{\left(\frac{-x-150,65}{51,74}\right)}}$  | 0,95                        |
| Número de folhas      |                                                                 |                             |
| Adubação              | Modelos                                                         | Coeficiente de determinação |
| Adubação 1            | $y = \frac{62,86}{1+e^{\left(\frac{-x-207,40}{68,30}\right)}}$  | 0,99                        |
| Adubação 2            | $y = \frac{60,93}{1+e^{\left(\frac{-x-198,22}{65,85}\right)}}$  | 0,99                        |
| Adubação 3            | $y = \frac{57,22}{1+e^{\left(\frac{-x-186,65}{68,86}\right)}}$  | 0,98                        |
| Adubação 4            | $y = \frac{42,75}{1+e^{\left(\frac{-x-162,66}{52,00}\right)}}$  | 0,97                        |

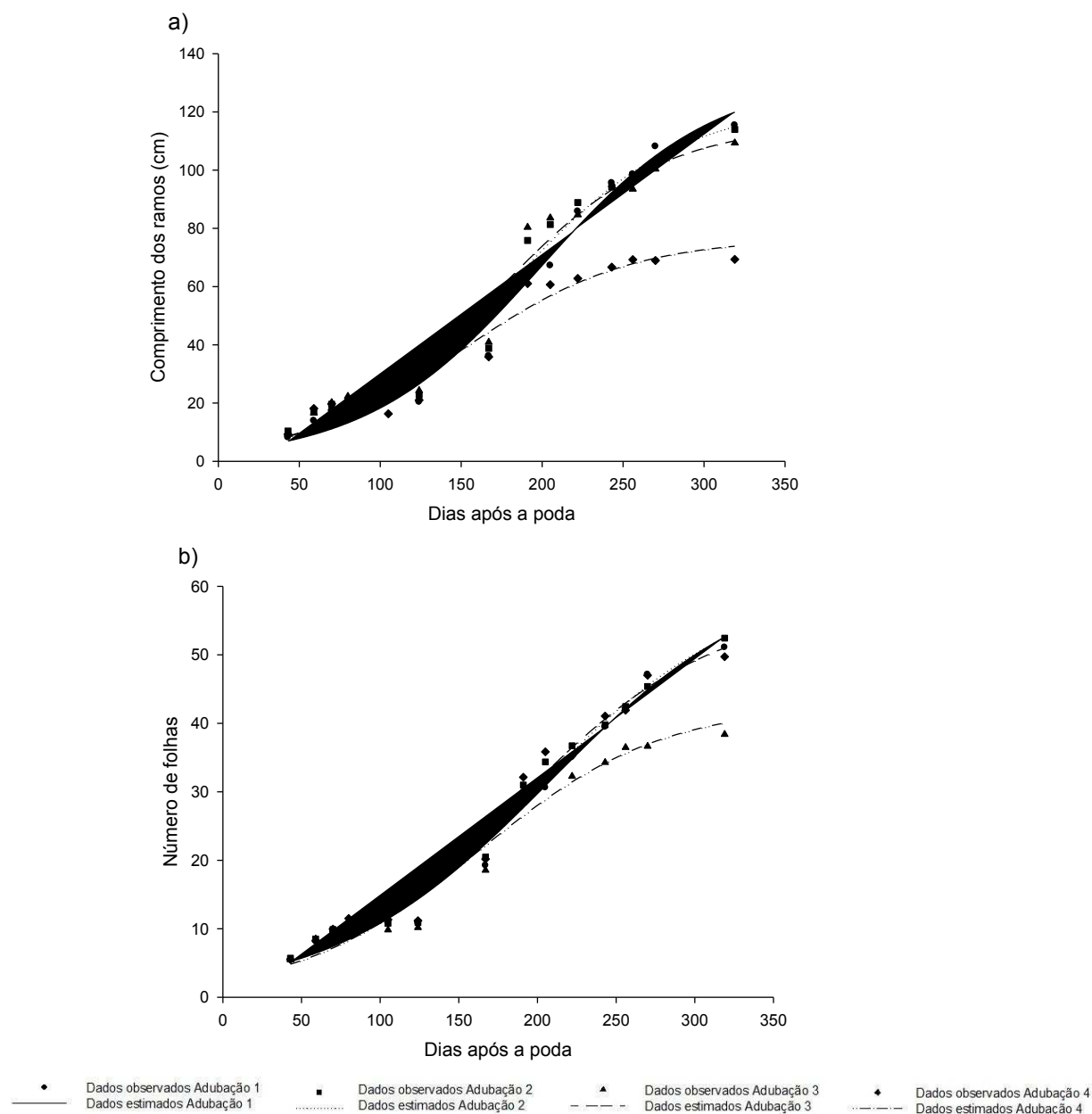


Figura 22 - Comprimento dos ramos da figueira ao longo do ciclo (a) e número de folhas por ramo da figueira ao longo do ciclo (b) em função da adubação e do tempo.

Diante da Figura 22 verificou-se que os ramos da figueira reduziram o seu crescimento entre os meses de setembro a novembro de 2011 (60 a 150 dias após a poda) e ainda o menor crescimento dos ramos das figueiras submetidas à Adubação 4. Uma vez verificado a interrupção no crescimento da figueira, o sistema de irrigação foi reajustado, adicionando mais uma gotejador por planta. Observou-se que a partir do mês de novembro (150 dias após a poda) os ramos da figueira tornaram a crescer.

### 4.3.3 PRODUÇÃO

Nas Tabelas 36 e 37 apresentam-se, respectivamente, a análise de variância e os valores médios do número de frutos, produção por planta e a produtividade das figueiras após a aplicação das diferentes adubações. Na Tabela 37 apresenta-se também o resultado do Teste de Tukey a 10% de significância.

Tabela 36 - Análise de variância do número de frutos, produção por planta e a produtividade das figueiras submetidas a distintas adubações

| FV       | GL | Soma dos Quadrados Médios |              |               |
|----------|----|---------------------------|--------------|---------------|
|          |    | Número de frutos          | Produção     | Produtividade |
| Adubação | 3  | 13813,55**                | 7269701,14** | 20176363,46** |
| Resíduo  | 16 | 2796,13                   | 1471473,57   | 4084062,97    |
| CV (%)   |    | 18,61                     | 18,61        | 18,61         |

\* significativo a 1% de significância pelo teste F

\*\* significativo a 5% de significância pelo teste F

<sup>ns</sup> não significativo a 5% de significância pelo teste F

Tabela 37 - Valores médios do número de frutos, produção por planta e produtividade das figueiras submetidas a distintas adubações

| Adubação   | Número de frutos            | Produção               | Produtividade       |
|------------|-----------------------------|------------------------|---------------------|
|            | frutos planta <sup>-1</sup> | g planta <sup>-1</sup> | kg ha <sup>-1</sup> |
| Adubação 1 | 303 a                       | 6.951 a                | 11.580 a            |
| Adubação 2 | 304 a                       | 6.976 a                | 11.622 a            |
| Adubação 3 | 323 a                       | 7.409 a                | 12.344 a            |
| Adubação 4 | 207 b                       | 4.757 b                | 7.952 b             |

Médias seguidas de uma mesma letra não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 10% de probabilidade

Observou-se que o número de frutos na Adubação 4 diferiu estatisticamente das demais, apresentando menor valor. Consequentemente, a produção por planta e a produtividade também diferiram das demais adubações, uma vez que a colheita foi padronizada, colhendo figos com 35 mm de diâmetro e massa próxima a 23 g.

Como descrito anteriormente, os resultados obtidos podem ser justificados pela toxicidade por amônio. Acredita-se que as plantas submetidas a Adubação 4, ou seja, toda a adubação foi realizada com a ARB, podem ter sofrido toxicidade por amônio. Segundo Souza e Fernandes (2006), a nutrição amoniacal de plantas através do sistema radicular pode afetar negativamente o metabolismo vegetal, quando comparada às plantas

sob a nutrição nítrica ou sob uma combinação de amônio e nitrato. Um dos sintomas de toxicidade por amônio é a restrição do crescimento da planta, causado pela inibição da absorção de outros nutrientes, pela acidificação do meio e pelo estresse hídrico (MARSCHNER, 2006; EPSTEIN, 1975; HAYNES et al., 1986; SOUZA e FERNANDES, 2006). Portanto, a baixa produção na Adubação 4, comparada às plantas submetidas as demais adubações, pode ser explicada pelo menor crescimento e comprimento dos ramos, uma vez que a figueira produz os figos nos ramos do ano e, normalmente, um figo por nó do ramo. Portanto, com o menor comprimento dos ramos e menor número de folhas por ramo, o número de frutos por planta foi reduzido.

Cruz; Pelacani e Araújo (2006) verificaram que a aplicação de soluções nutritivas com concentrações de amônio igual a  $216 \text{ mg L}^{-1}$  resultaram na menor produção de massa seca da cultura da mandioca. Andriolo et al. (2006) observaram que o número de folhas, a massa fresca da arte aérea e a massa seca da parte aérea e do sistema radicular de plantas de alface decresceram 25,5; 52,5 e 68,5%, respectivamente, quando aplicaram soluções nutritivas com concentrações de amônio igual a  $180 \text{ mg L}^{-1}$ , comparativamente a soluções sem a presença de amônio.

O valor médio de número de figos verdes, produção por planta e produtividade obtidos neste trabalho foi superior àqueles encontrados na literatura. Uma das razões para a maior produção obtida neste trabalho está associada ao clima da região, pois a figueira tem seu melhor desenvolvimento na faixa de temperatura média de 20 a 25 °C, sendo que em temperaturas inferiores a 15 °C o seu crescimento vegetativo é retardado (ALMEIDA e SILVEIRA, 1997). Ainda segundo Boliani e Corrêa (1999), a soma de temperaturas elevadas é fundamental na produção de figos. Portanto, verifica-se, a partir dos dados apresentados na Figura 2 que a região onde o experimento foi conduzido apresenta tais características.

Campagnolo et al. (2009) avaliaram o uso de sistema de desponete na produção de figos verdes e verificaram, em figueiras submetidas a três desponetes, valores médios de 190 frutos por planta, produção de  $2.209 \text{ g planta}^{-1}$  e produtividade igual a  $3.681 \text{ kg ha}^{-1}$ . Dalastra et al. (2009) estudaram o efeito da época de poda na produção de figos verdes em

sistema orgânico e observaram valores de 184 frutos por planta, produção de 2.002 g planta<sup>-1</sup> e produtividade igual a 3.335 kg ha<sup>-1</sup>, quando a poda foi realizada no mês de agosto, no oeste do Estado do Paraná. Hernandez et al. (1994) obtiveram valores inferiores aos citados acima, ao avaliarem o efeito da irrigação na cultura da figueira, na região de Ilha Solteira, no Estado de São Paulo. Caetano et al. (2006) avaliaram o efeito da adubação com boro e esterco bovino na cultura da figueira e verificaram uma produtividade média de 7.517 kg ha<sup>-1</sup> e 334 frutos por planta. Caetano (2004) obteve uma produtividade máxima de frutos verdes igual a 9.282 kg ha<sup>-1</sup> com a aplicação de 161 g de nitrogênio por planta. O mesmo autor verificou uma produção máxima de 353 frutos por planta.

Diante dos resultados expostos, verifica-se que a torta de mamona pode ser substituída parcialmente pela ARB, sem o comprometimento da produção da figueira. Diversos trabalhos relatam o uso de águas residuárias na produção agrícola, mostrando os benefícios trazidos pelo efluente no cultivo de algumas culturas, desde que este seja manejado corretamente.

Matos et al. (2003) aplicaram ARC em rampas de escoamento e verificaram rendimentos acumulados de matéria seca de 11,71; 10,04 e 5,04 t ha<sup>-1</sup> para o azevém comum, o milheto e a aveia preta, respectivamente. Erthal et al. (2010b) verificaram um rendimento de 9,98 e 2,86 t ha<sup>-1</sup> quando realizaram a fertirrigação das forrageiras tifton 85 e aveia preta, respectivamente, utilizando ARB. Queiroz et al (2004) obtiveram rendimento de aproximadamente 18 t ha<sup>-1</sup> de matéria seca para capim tifton 85, trabalhando com água residuária de suinocultura. Souza et al. (2010a) observaram que a fertirrigação com água residuária da suinocultura proporcionou um rendimento de 66,89 t ha<sup>-1</sup> da cultura do tomateiro, quando aplicaram 150% das necessidades de nitrogênio da cultura usando ARS.

Na Figura 23 está apresentado o número de frutos (a), a produção (b) e a produtividade (c) ao longo do ciclo.

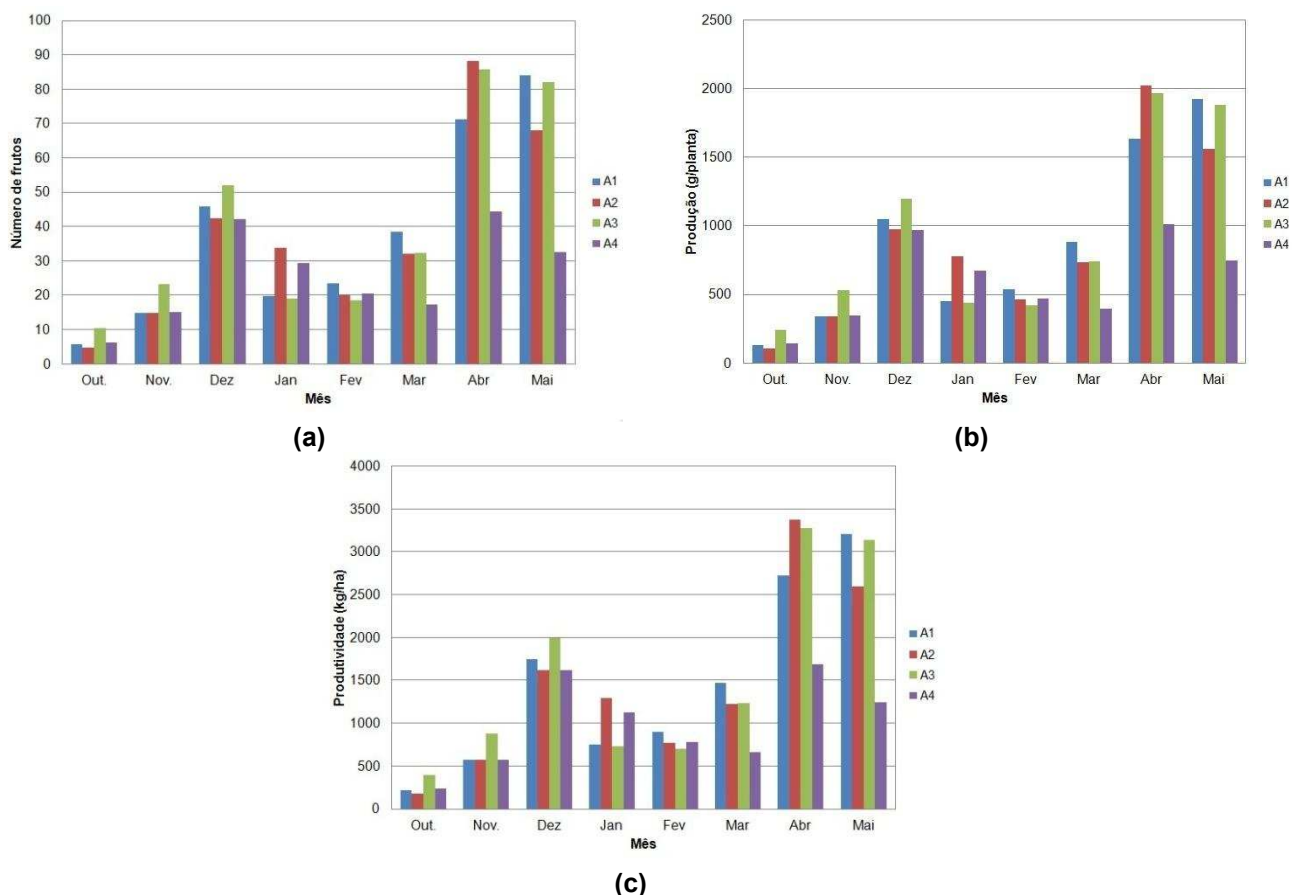


Figura 23 - Números de frutos (a), produção por planta (b) e produtividade (c) ao longo do ciclo.

Diante dos resultados observou-se que a maior produção foi obtida nos meses de dezembro de 2011, abril e maio de 2012. Segundo Abrahão et al. (1997), nas condições da região sul e sudeste de Minas Gerais, a colheita do figo verde se inicia no mês de novembro, estendendo-se até o mês de maio do ano subsequente, com maior concentração da safra de fevereiro a abril.

#### 4.3.4 QUALIDADE FITOSSANITÁRIA DOS FIGOS

Na Tabela 38 apresentam-se os resultados da análise microbiológica realizada nos frutos da figueira após as adubações.

Tabela 38 – Resultado das análises de microbiológicas (coliformes termotolerantes e *salmonella*) realizada nos frutos

| Adubação | Coliforme termotolerantes<br>(NMP g <sup>-1</sup> ) | <i>Salmonella</i> |
|----------|-----------------------------------------------------|-------------------|
| A1R1     | < 3,0 est.                                          | Ausente           |
| A1R2     | < 3,0 est.                                          | Ausente           |
| A1R3     | < 3,0 est.                                          | Ausente           |
| A1R4     | < 3,0 est.                                          | Ausente           |
| A1R5     | < 3,0 est.                                          | Ausente           |
| A2R1     | < 3,0 est.                                          | Ausente           |
| A2R2     | < 3,0 est.                                          | Ausente           |
| A2R3     | < 3,0 est.                                          | Ausente           |
| A2R4     | < 3,0 est.                                          | Ausente           |
| A2R5     | < 3,0 est.                                          | Ausente           |
| A3R1     | < 3,0 est.                                          | Ausente           |
| A3R2     | < 3,0 est.                                          | Ausente           |
| A3R3     | < 3,0 est.                                          | Ausente           |
| A3R4     | < 3,0 est.                                          | Ausente           |
| A3R5     | 4                                                   | Ausente           |
| A4R1     | < 3,0 est.                                          | Ausente           |
| A4R2     | < 3,0 est.                                          | Ausente           |
| A4R3     | < 3,0 est.                                          | Ausente           |
| A4R4     | < 3,0 est.                                          | Ausente           |
| A4R5     | < 3,0 est.                                          | Ausente           |

O Ministério da Agricultura exige que aqueles resultados que forem menores que o limite de detecção do método sejam seguidos da sigla est. (ESTIMADO).

Diante dos resultados observou-se que não houve qualquer tipo de contaminação dos frutos por coliformes termotolerantes e *Salmonella*, o que reduz os riscos de contaminação dos operários que fazem a colheita da figueira por estes organismos. Este resultado pode ser explicado em razão da aplicação da ARB ter sido realizada próxima ao sistema radicular da planta, na projeção da copa da cultura, não tendo contato direto com a parte aérea da planta.

Souza et al. (2010a) realizaram a aplicação de água residuária da suinocultura sob o cultivo do tomateiro e verificaram que, em todos os tratamentos, os frutos apresentaram condições satisfatórias para o consumo, com ausência de coliformes termotolerantes e *Salmonella*, exigidos pela RDC nº12 de 2001. Sousa (2009) avaliou o uso de efluente primário de

esgoto sanitário na fertirrigação do capim Tifton 85 e observou que as quantidades de coliformes fecais e *Salmonella* encontradas nas análises desenvolvidas estavam dentro dos níveis aceitáveis para maior segurança dos operários no manejo da cultura e para sua utilização na alimentação de animais, de acordo com as diretrizes microbiológicas recomendadas. Santos et al. (2006b) não observaram, em nenhum dos tratamentos adotados, a presença de coliformes fecais nos frutos do cafeeiro coletados do chão, após a fertirrigação da área com esgoto doméstico tratado, utilizando-se sistema de gotejamento. Segundos os mesmos autores os resultados obtidos podem ser explicados pelas condições desfavoráveis a esses microrganismos, após a interrupção da aplicação do efluente no solo, mostrando que a desidratação e a ação germicida dos raios solares são importantes fatores na eliminação de patógenos.

## 5. CONCLUSÕES

Diante dos resultados obtidos concluiu-se que:

- A aplicação de ARB não provocou alteração da condutividade elétrica do extrato da pasta saturada do solo entre as parcelas após a aplicação das distintas adubações.

- A aplicação de ARB proporcionou aumento dos valores médios de pH e de magnésio no solo.

- Os teores de fósforo, cálcio e zinco foram maiores na adubação que recebeu apenas torta de mamona.

- Em relação às condições iniciais do solo, ocorreu diminuição dos teores dos macronutrientes e micronutrientes, após a aplicação das adubações, reduzindo assim o risco de acúmulo destes elementos no sistema solo-água.

- A adubação da figueira com ARB proporcionou menores médias de condutividade elétrica na solução do solo.

- O uso de ARB no cultivo da figueira não proporcionou deficiência nutricional às plantas.

- O comprimento dos ramos, o número de folhas por ramos, o número de frutos, a produção e a produtividade foram menores nas plantas submetidas à adubação que recebeu apenas ARB.

- Não ocorreu contaminação dos frutos por coliformes termotolerantes e *Salmonella* após o uso de ARB na adubação da figueira.

- A torta de mamona pode ser substituída parcialmente pela ARB, sem o comprometimento do crescimento e da produção da figueira.

## 6. REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

ABRAHÃO, E. et al. Poda e condução da figueira. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.18, n. 188, p.5-8, 1997.

ALLEN, R. G. et al. **Crop evapotranspiration: Guidelines for computing crop water requirements**. Rome: FAO, 1998. 297p. (FAO Irrigation and Drainage Paper, 56.)

ALMEIDA, D. L.; GUERRA, J. G. M.; RIBEIRO, R. L. D. **Sistema integrado de produção agroecológica: uma experiência de pesquisa em agricultura orgânica**. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2003. 39p. (Embrapa Agrobiologia. Documentos 169).

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.

ALVES, B. J. R. et al. Métodos de determinação de nitrogênio em solo e planta. In: HUNGRIA, M.; ARAÚJO, R. S. (Eds.). **Manual de métodos empregados em estudo de microbiologia agrícola**. Brasília: EMBRAPA-SPI, 1994. p. 449-509. (EMBRAPA-CNPAF. Documentos, 46).

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 19. ed. New York: APHA/WWA/WPCR, 1995.

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. **Water monitoring data collection standards**. 2007. Disponível em: <[http://www.derm.qld.gov.au/water/monitoring/pdf/wm\\_data\\_col\\_stds.pdf](http://www.derm.qld.gov.au/water/monitoring/pdf/wm_data_col_stds.pdf)>. Acesso em: 13 set. 2012.

ANDRADE, T. S. et al. 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.

ANDRADE NETO, T. M. **Monitoramento de íons na solução e no extrato de saturação do solo sob aplicação de diferentes concentrações de sais fertilizantes na água de irrigação em bananeira da terra**. 2009. 78 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias)– Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas, 2009.

ANDRIOLO, J. L. et al. Growth and development of lettuce plants at high  $\text{NH}_4^+:\text{NO}_3^-$  ratios in the nutrient solution. **Revista horticultura brasileira**, Brasília, v. 24, n. 3, p. 352-355, jul./set. 2006.

ARAÚJO, A. P.; MACHADO, C. T. T. Fósforo. In: FERNANDES, M. S. (Ed.). **Nutrição mineral de plantas**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006. p. 253-280.

AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. **A qualidade de água na agricultura**. 2. ed. Campina Grande: UFPB, 1999, 153p. FAO. Estudos Irrigação e Drenagem, 29 revisado 1.

BARROS, F. M. et al. Características químicas do solo influenciadas pela adição de água residuária da suinocultura. **Revista brasileira de engenharia agrícola e ambiental**, Campina Grande, v. 9, p. 47-51, 2005. Suplemento.

BEBÉ, F. V. et al. 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.

BERNARDO, S.; SOARES, A.; MANTOVANI, E. C. **Manual de irrigação**. 8. ed. Viçosa: UFV, 2006. 625 p.

BEVILAQUA, G. A. P.; SCHWENGBER, J. E.; MARQUES, R. L. L. **Produção de sementes de trigo em sistemas de base ecológica**. Pelotas: EMBRAPA CPACT, 2008. 4. p. (EMBRAPA CPACT. Circular técnica n. 192).

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução nº 12, de 2 de janeiro de 2001. Aprova o Regulamento Técnico sobre Padrões Microbiológicos para Alimentos. **Diário Oficial [da República Federativa do Brasil]**, Brasília, DF, n. 7-E, 10 jan. 2001. Seção 1.

BRIZOLA, R. M. O. et al. Teores de macronutrientes em pecíolos e folhas de figueira (*Ficus carica* L) em função da adubação potássica. **Ciência e agrotecnologia**, Lavras, v. 29, n. 3, p. 610-616, maio/jun. 2005.

CAETANO, L. C. S.; CARVALHO, A. J. C. Efeito da adubação com boro e esterco bovino sobre a produtividade da figueira e as propriedades químicas do solo. **Ciência rural**, Santa Maria, v. 36, n. 4, p. 1150-1155, jul./ago. 2006.

CAETANO, L. C. S. **Sistemas de condução, nutrição mineral e adubação da figueira “Roxo de Valinhos” na Região Norte Fluminense**. 2004. 106 f. Tese (Doutorado em Produção Vegetal)– o Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, 2004.

CAMPAGNOLO, M. A. et al. Sistema desponte na produção de figos verdes ‘Roxo de Valinhos’ **Revista ciência rural**, Santa Maria, v. 40, n.1 , p. 25-29, jan./fev. 2010.

CAMPOS, A. T. et al. Tratamento biológico aeróbio e reciclagem de dejetos de bovinos em sistema intensivo de produção de leite. **Ciência e agrotecnologia**, Lavras, v. 26, n. 2, p. 426-438, mar./abr. 2002.

CARVALHO, D. F. et al. 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.

CERETTA, C. A. et al. Características químicas de solo sob aplicação de esterco líquido de suínos em pastagem natural. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v. 38, n. 6, p. 729-735, jun. 2003.

COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes 1999 em Minas Gerais** - 5ª Aproximação. Viçosa: CFSEMG, 1999. 359p.

CORRÊA, L. S.; SANTOS, S. C. Condução e tratos culturais da figueira. In: CORRÊA, L. S.; BOLIANI, A. C. (Orgs.). **Cultura da figueira: do plantio à comercialização**. Ilha Solteira: FAPESP, 1999. p. 51-69.

CRUZ, C. J. D.; PARRON, L. M.; ROCHA, A. L. A. Disponibilidade e mobilidade de íons em solução de solo sob cultura de cafeeiro. In: SIMPÓSIO NACIONAL CERRADO, 12., 2008, Brasília. **Anais eletrônicos...** 2008. Disponível em:  
<[http://www.cpac.embrapa.br/publicacoes/search\\_pbl/2?q=ROCHA,%20A.%20L.%20A.](http://www.cpac.embrapa.br/publicacoes/search_pbl/2?q=ROCHA,%20A.%20L.%20A.)>. Acesso em: 23 maio 2012.

CRUZ, J. L.; PELACANI, C. R.; ARAÚJO, W. L. Efeito do nitrato e amônio sobre o crescimento e eficiência de utilização do nitrogênio em mandioca. **Bragantia**, Campinas, v. 65, n. 3, p. 465-475, 2006.

DALASTRA, I. M. et al. Épocas de poda na produção de figos verdes 'Roxo de Valinhos' em sistema orgânico na região oeste do Paraná. **Revista brasileira de fruticultura**, Jaboticabal, v. 31, n. 2, p. 447-453, jun. 2009.

DECHEN, A. R.; NACHTIGALL, G. R. Micronutrientes. In: FERNANDES, M. S. (Ed.). **Nutrição mineral de plantas**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006. p. 327-354.

DAL BOSCO, T. C. et al. Utilização de água residuária de suinocultura em propriedade agrícola: estudo de caso. **Irriga**, Botucatu, v. 13, n. 1, p. 139-144, jan./mar. 2008.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Manual de métodos de análise do solo**. 2 ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA, Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 1997. 247p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Embrapa Informática Agropecuária. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 1999. 370p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Principais países produtores de leite no mundo - 2010**. c2012a. Disponível em:  
<<http://www.cnpqgl.embrapa.br/nova/informacoes/estatisticas/producao/tabela0212.php>>. Acesso em: 19 ago. 2012.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. 2010b. **Evolução da produção de leite na Região Sudeste, 1990/2010**. c2012b. Disponível em:

<<http://www.cnpq.embrapa.br/nova/informacoes/estatisticas/producao/grafico02.53.php>>. Acesso em: 19 ago. 2012.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. SW-846 EPA. **Method 3051, Microwave assisted acid digestion of sediments, sludges, soils and oils**. 1994. 14 p. Disponível em: <<http://www.cem.de/documents/pdf/publikation/digestion/RD055.PDF>>. Acesso: 13 set. 2012.

EPSTEIN, E. **Nutrição mineral das plantas: princípios e perspectivas**. Tradução de E. Malavolta. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1975.

ERTHAL, V. J. T. et al. 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, maio 2010a.

ERTHAL, V. J. T. et al. Características fisiológicas, nutricionais e rendimento de forrageiras fertigadas com água residuária de bovinocultura. **Revista brasileira de engenharia agrícola e ambiental**, Campina Grande, v. 14, n. 5, p.458-466, maio 2010b.

FOOD AGRICULTURAL ORGANIZATION. 2012. **Food Outlook**. Global Market Analysis. June, 2011. Disponível em: <<http://www.fao.org/docrep/014/al978e/al978e00.pdf>>. Acesso em: 29 mar. 2012.

FERREIRA, P. A. **Manejo de água-planta em solo solos salinos**. Viçosa: UFV, 2006. 127p. (Apostila).

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

FERNANDES, F. M.; BUZETTI, S. Fertilidade do solo e nutrição da figueira. In: CORRÊA, L. S.; BOLIANI, A. C. (Orgs.). **Cultura da figueira: do plantio à comercialização**. Ilha Solteira: FAPESP, 1999. p. 69-85.

FIA, R.; MATOS, A. T.; AGUIRRE, C. I. Características químicas de solo adubado com doses crescentes de lodo de esgoto caçado. **Engenharia na agricultura**, Viçosa, v. 13, n. 4, p. 387-299, out./dez. 2005.

FONSECA, A. F.; MELFI, A. J.; MONTES, C. R. Maize growth and changes in soil fertility after irrigation with treated sewage effluent. II. Soil acidity, exchangeable cations, and sulfur, boron and heavy metals availability. **Communications in soil science and plant analysis**, Athens, v. 36, n. 13-14, p. 1983-2003, 2005.

FONSECA, A. F. et al. Agricultural use of treated sewage effluents: Agronomic and environmental implications and perspectives for Brazil. **Scientia agrícola**, Piracicaba, v. 64, n. 2, p. 194-209, 2007.

- FREITAS, W. S. et al. Efeito da aplicação de águas residuárias de suinocultura em solo cultivado com milho. **Revista engenharia na agricultura**, Viçosa, v. 13, n. 2, p.95-102,abr./jun. 2005.
- GARCIA, G. O. **Alterações químicas, físicas e mobilidade dos íons no solo decorrentes da aplicação de água residuária da lavagem e despolpa de frutos do cafeeiro conilon**. 2003. 101 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola)– Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2003.
- GIACOBBO, C. L. et al. Cultivo da figueira conduzida em quatro diferentes densidades de plantio. **Revista brasileira de agrociência**, Pelotas, v. 13, n. 1, p. 43-46, jan./mar. 2007.
- GONÇALVES, C. A. A. et al. Poda e sistemas de condução na produção de figos verdes. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v. 41, n. 6, p. 955-961, jun. 2006.
- GONÇALVES, F. T. A. **Dinâmica do nitrogênio em solo tratado com lodo de esgoto e cultivado com café**. 2005. 65 f. Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical e Subtropical)– Instituto Agrônomo de Campinas, Campinas, 2005.
- HAAG, H. P. et al. Distúrbios nutricionais em figueira (*Ficus carica* L.) cultivada em solução nutritiva. **O solo**, Piracicaba, v. 71, n. 1, p. 31-34, 1979.
- HAYNES, R. J. et al. **Mineral nitrogen in the plant-soil system**. London: Academic Press, 1986. 481 p.
- HERNANDEZ, F. B. T.; SUZUKI, M. A.; CORRÊA, L. S. Resposta da figueira (*Ficus carica* L.) ao uso da irrigação e nitrogênio na região de Ilha Solteira. **Scientia agricola**, Piracicaba, v. 51, n. 1, p. 99-104, jan./abr. 1994.
- HOLZSCHUH, M. J. et al. Resposta do arroz irrigado ao suprimento de amônio e nitrato. **Revista brasileira de ciência do solo**, Viçosa, v. 33, n. 5, p. 1323-1331, set./out. 2009.
- HOLZSCHUH, M. J. et al. Absorção de nutrientes e crescimento do arroz com suprimento combinado de amônio e nitrato. **Revista brasileira de ciência do solo**, Viçosa, v. 35, n. 4. p. 1357-1366, maio/jun. 2011.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE FRUTAS. Estatísticas. Produção. Frutas frescas. **Produção brasileira de frutas de 2009**. [20--]. Disponível em: <<http://www.ibraf.org.br/estatisticas/Produ%C3%A7%C3%A3o%20Brasileira%20de%20Frutas%202009%20-%20Final.pdf>>. Acesso em: 24 jan. 2012.
- INOUE, K. R. A. et al. Características do solo submetido a tratamentos com biofertilizantes obtidos na digestão da manipueira. **Tecnologia & ciência agropecuária**, João Pessoa, v. 4, n. 2, p. 47-52, jun. 2010.

JENKINSON, D. S. The impact of humans on the nitrogen cycle, with focus on temperate arable agriculture. **Plant and soil**, Dordrecht, v. 228, n. 1, p. 3-15, Jan 2001.

KAISER, D. R. **Nitrato na solução do solo e na água de fontes para consumo humano numa microbacia hidrográfica produtora de fumo**. 2006. 114 f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo)– Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2006.

KELLER, J.; BLIESNER, R. D. **Sprinkle and trickle irrigation**. New York: Van Nostrand Reinold, 1990. 652 p.

LEONEL, S.; TECCHIO, M. A. Épocas de poda e uso da irrigação em figueira “Roxo de Valinhos” na região de Botucatu, SP. **Bragantia: revista de ciencias agronômicas**, Campinas, v. 69, n. 3, p. 571-579, 2010.

LEONEL, S.; TECCHIO, M. A. Teores nutricionais em folhas e frutos de figueira, submetida a épocas de poda e irrigação. **Semina: ciências agrárias**, Londrina, v. 30, n. 2, p. 347-360, abr./jun. 2009.

LEONEL, S.; DAMATTO JÚNIOR, E. R. Efeitos do esterco de curral na fertilidade do solo, no estado nutricional e na produção da figueira. **Revista brasileira de fruticultura**, Jaboticabal, v. 30, n. 2, p. 534-539, jun. 2008.

LEONEL, S.; DAMATTO JÚNIOR, 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, abr. 2007.

LINDSAY, W. L. **Chemical equilibria in soils**. New York: John Wiley, 1979. 449 p.

LO MONACO, P. A. et al. 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, jul./set. 2009.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2. ed. Piracicaba: Potafos, 1997. 319 p.

MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas**. Piracicaba: Agronômica Ceres, 1980. 251 p.

MANTOVANI, A.; ERNANI, P. R.; SANGOI, L. A adição de superfosfato triplo e a percolação de nitrogênio no solo. **Revista brasileira de ciência do solo**, Viçosa, v. 31, n. 5, p. 887-895, set./out. 2007.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. London: Academic Press, 2006. 889 p.

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

- MATOS, A. T. et al. Alteração de atributos químicos no solo de rampas utilizadas no tratamento de águas residuárias. **Revista brasileira de engenharia agrícola e ambiental**, Campina Grande, v. 9, n. 3, p. 406-412, jul./set. 2005.
- MATOS, A. T.; LEMOS, A. F.; BARROS, F. M. Mobilidade de nitrato em solos de rampas de tratamento de águas residuárias por escoamento superficial. **Engenharia na agricultura**, Viçosa, v. 12, n. 1, p. 57-65, jan./mar. 2004.
- MATOS, A. T. et al. Produtividade de forrageiras utilizadas em rampas de tratamento de águas residuárias da lavagem e despolpa dos frutos do cafeeiro. **Revista brasileira de engenharia agrícola e ambiental**, Campina Grande, v. 7, n. 1, p. 154-158, jan./abr. 2003.
- MEDEIROS, S. S. et al. Utilização de água residuária de origem doméstica na agricultura: Estudo do estado nutricional do cafeeiro. **Revista brasileira de engenharia agrícola e ambiental**, Campina Grande, v. 12, n. 2, p. 109–115, mar./abr. 2008.
- MEDEIROS, S. S. et al. Características químicas do solo sob algodoeiro em área que recebeu água residuária da suinocultura. **Revista brasileira de ciência do solo**, Viçosa, v. 35, p.1047-1055, maio/jun. 2011.
- MELI, S. et al. Influence os irrigation with lagooned urban waterwater on chemical and microbiological soil parameters in a citrus orchad under Mediterranean condition. **The Science of the total environment**, Amsterdam, v. 285, n. 1-3, p. 69-77, Feb 2002.
- MELO, R. F. et al. Alterações físicas e químicas em três solos tratados com água residuária de mandioca. **Irriga**, Boticatu, v. 10, n. 4, p. 383-392, Nov./dez. 2005.
- MEURER, E. J. Potássio. In: FERNANDES, M. S. (Ed.). **Nutrição mineral de plantas**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006. p. 281-298.
- MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. 2. ed. Lavras: UFLA, 2006. 742 p.
- NACHTIGALL, G.R. et al. Copper concentration of vineyard soils as a function of pH variation and addition of poultry litter. **Brazilian archives of biology and technology**, Curitiba, v. 50, n. 6, p. 941-948, nov. 2007.
- NOGUEIRA, A. M. M. **Propagação da figueira (*Ficus carica L.*) através de estacas caulinare em casa de vegetação**. 1995. 61 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia)– Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1995.
- OLIVEIRA, F. C. et al. Efeitos de aplicações sucessivas de lodo de esgoto em latossolo amarelo distrófico cultivado com cana-de-açúcar: carbono

orgânico, condutividade elétrica, pH e CTC. **Revista brasileira de ciência do solo**, Viçosa, v. 26, n. 3, p. 505-519, 2002.

OLIVEIRA, F. C. et al. Lixiviação de nitrato em um latossolo amarelo distrófico tratado com lodo de esgoto e cultivado com cana-de-açúcar. **Scientia agricola**, Piracicaba, v. 58, n. 1, p. 171-180, jan./mar. 2001.

OLSEN, K. K. Multiple wavelength ultraviolet determinations of nitrate concentration, method comparisons from the preakness brook monitoring project, october 2005 to october 2006. **Water, air, & soil pollution**, Dordrecht, v. 187, n. 1, p. 195-202, Jan 2008.

OTTOMAN, M. J.; POPE, N. V. Nitrogen fertilizer movement in the soils as influenced by nitrogen rate and timing in irrigated wheat. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 64, n. 5, p.1883-1892, Sep 2000.

PENTEADO, S. R. O cultivo da figueira no Brasil e no mundo. In: CORRÊA, L. S.; BOLIANI, A. C. (Eds.). **Cultura da figueira: do plantio à comercialização**. Ilha Solteira: FAPESP, 1999. p. 1-16.

QUEIROZ, F. M. et al. Características químicas do solo e absorção de nutrientes por gramíneas em rampas de tratamento de águas residuárias da suinocultura. **Revista engenharia na agricultura**, Viçosa, v. 12, n. 2, p. 77-90, abr./jun. 2004.

RANDALL, G. W.; MULLA, D. J. Nitrate nitrogen in surface waters as influenced by climatic conditions and agricultural practices. **Journal of environmental quality**, Madison, v. 30, n. 2, p. 337-344, Mar/Apr 2001.

REICHARDT, K.; LIBARDI, P. L.; VICTÓRIA, R. L. & VIEGAS, G. P. Dinâmica do nitrogênio num solo cultivado com milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 23, p. 17-20, 1979.

RICHARDS, L. A. **Diagnosis and improvement of saline and alkali soils**. Washington: US Department of Agriculture, 1954. 160p. (USDA Agricultural Handbook, 60).

SALOMÃO, L. C. **Determinação do tempo de vácuo, momento de coleta e posicionamento de extratores de cápsulas porosas em solo arenoso**. 2009. 79 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia)– Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Botucatu, 2009.

SANTOS, S. S. et al. Efeitos da aplicação localizada de esgoto sanitário tratado nas características químicas do solo. **Revista engenharia na agricultura**, Viçosa, v. 14 n. 1, p. 32-38, jan./mar. 2006a.

SANTOS, S. S. et al. Contaminação microbiológica do solo e dos frutos de cafeeiros fertirrigados com esgoto sanitário. **Revista engenharia na agricultura**, Viçosa, v. 14, n. 1, p. 16-22, jan./mar. 2006b.

SCHERER, E. E. Aproveitamento do esterco de suínos como fertilizante. In:

EMBRAPA SUÍNOS E AVES (Ed.). **Curso de capacitação em práticas sustentáveis: treinamentos**. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2002. p. 91-101.

SILVA, A. C. et al. Crescimento de figueira sob diferentes condições de cultivo. **Pesquisa agropecuária tropical**, Goiânia, v. 41, n. 4, p. 539-551, out./dez. 2011.

SILVA, D. F. et al. Alteração química de solo cultivado com capim Tifton 85 (*Cynodon spp.*) e fertirrigado com percolado de resíduo sólido urbano. **Acta scientiarum technology**, Maringá, v. 33, n. 3, p. 243-251, 2011.

SILVA, D. F. et al. Disponibilidade de sódio em solo com capim tifton e aplicação de percolado de resíduo sólido. **Revista brasileira de engenharia agrícola e ambiental**, Campina Grande, v. 14, n. 10, p. 1094-1100, out. 2010.

SILVA, E. M.; ROSTON, D. M. Tratamento de efluentes de sala de ordenha de bovinocultura: Lagoas de estabilização seguidas de leito cultivado. **Revista engenharia agrícola**, Jaboticabal, v. 30, n. 1, p. 67-73, jan./fev. 2010.

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.

SOUSA, C. C. M. **Avaliação do uso de esgoto doméstico tratado na irrigação do capim tifton 85, Aquiraz – CE**. 2009. 117 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola)– Centro de Ciências Agrárias, Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2009.

SOUZA, J. A. R. et al. Avaliação de frutos de tomate de mesa produzidos com efluente do tratamento primário da água residuária da suinocultura. **Revista engenharia na agricultura**, Viçosa, v. 18, n. 3, p. 198-207, maio/jun. 2010a.

SOUZA, J. A. R. et al. Nutrição de tomateiro fertirrigado com água residuária da suinocultura. **Revista engenharia na agricultura**, Viçosa, v. 18 n. 1, p. 40-49, mar./abr. 2010b.

SOUZA, J. A. R. et al. Variação do nitrogênio e fósforo em solo fertirrigado com efluente do tratamento primário da água residuária da suinocultura. **Ambiente & água: an interdisciplinary journal of applied science**, Taubaté, v. 4, n. 3, p. 111-122, 2009.

SOUZA, S. R.; FERNANDES, M. S. Nitrogênio. In: FERNANDES, M. S. (Eds.). **Nutrição mineral de plantas**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006. p. 215-252.

VON SPERLING, M. **Tratamento e destinação de efluentes líquidos da agroindústria**. Brasília: ABEAS; Viçosa: UFV, Departamento de Engenharia Agrícola, 1998. 88 p.

## ANEXOS

**Tabela I - Resumo da análise de variância das características das variáveis analisadas no solo**

| FV                        | GL | Quadrado Médio                   |                   |                                  |                                  |                                  |                                  |                                  |                                |                                |
|---------------------------|----|----------------------------------|-------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
|                           |    | Fósforo                          | Potássio          | Cálcio                           | Magnésio                         | Nitrogênio                       | Ferro                            | Manganês                         | Zinco                          | Cobre                          |
| Tratamento                | 3  | 4011,54**<br>(p>0,01)            | 579,22*<br>(p>0)  | 0,6178*<br>(p>0)                 | 0,0260 <sup>ns</sup><br>(p>0,33) | 0,0005 <sup>ns</sup><br>(p>0,44) | 640,74 <sup>ns</sup><br>(p>0,15) | 245,73 <sup>ns</sup><br>(p>0,25) | 29,96*<br>(p>0,01)             | 3,77 <sup>ns</sup><br>(p>0,10) |
| Resíduo a                 | 16 | 822,33                           | 62,55             | 0,05124                          | 0,0211                           | 0,0005                           | 316,86                           | 163,29                           | 3,55                           | 1,56                           |
| Profundidade              | 1  | 36365,12*<br>(p>0)               | 2146,22*<br>(p>0) | 8,2446*<br>(p>0)                 | 0,0649*<br>(p>0)                 | 0,0152*<br>(p>0,12)              | 842,91*<br>(p>0)                 | 2781,39*<br>(p>0)                | 358,68*<br>(p>0)               | 61,40*<br>(p>0)                |
| Tratamento x Profundidade | 3  | 828,26 <sup>ns</sup><br>(p>0,16) | 296,22*<br>(p>0)  | 0,0075 <sup>ns</sup><br>(p>0,91) | 0,0236**<br>(p>0,02)             | 0,0006 <sup>ns</sup><br>(p>0,08) | 164,40 <sup>ns</sup><br>(p>0,11) | 17,20 <sup>ns</sup><br>(p>0,87)  | 5,42 <sup>ns</sup><br>(p>0,20) | 0,10 <sup>ns</sup><br>(p>0,94) |
| Resíduo b                 | 16 | 430,44                           | 44,35             | 0,0436                           | 0,0055                           | 0,0004                           | 70,73                            | 72,36                            | 3,11                           | 0,77                           |
| CV a (%)                  |    | 49,94                            | 10,55             | 9,41                             | 18,17                            | 28,93                            | 40,87                            | 37,45                            | 29,36                          | 39,60                          |
| CV b (%)                  |    | 36,13                            | 8,88              | 8,68                             | 9,31                             | 26,10                            | 19,31                            | 24,93                            | 27,48                          | 27,82                          |

\* significativo a 1% de significância pelo teste F    \*\* significativo a 5% de significância pelo teste F    <sup>ns</sup> não significativo a 5% de significância pelo teste F

| FV                        | GL | Quadrado Médio                   |                     |                  |                                  |
|---------------------------|----|----------------------------------|---------------------|------------------|----------------------------------|
|                           |    | Matéria Orgânica                 | Sódio               | pH               | Condutividade elétrica           |
| Tratamento                | 3  | 0,0951 <sup>ns</sup><br>(p>0,47) | 15,42**             | 0,4280*<br>(p>0) | 0,0070 <sup>ns</sup><br>(p>0,40) |
| Resíduo a                 | 16 | 0,1070                           | 4,82                | 0,0415           | 0,0067                           |
| Profundidade              | 1  | 6,0140*<br>(p>0)                 | 13,22 <sup>ns</sup> | 0,2235*<br>(p>0) | 0,0021 <sup>ns</sup><br>(p>0,57) |
| Tratamento x Profundidade | 3  | 0,0400 <sup>ns</sup><br>(p>0,56) | 13,22**             | 0,1263*<br>(p>0) | 0,0057 <sup>ns</sup><br>(p>0,47) |
| Resíduo b                 | 16 | 0,0557                           | 3,72                | 0,0182           | 0,0064                           |
| CV a (%)                  |    | 29,86                            | 28,93               | 3,22             | 102,43                           |
| CV b (%)                  |    | 21,54                            | 26,10               | 2,13             | 100,41                           |

\* significativo a 1% de significância pelo teste F    \*\* significativo a 5% de significância pelo teste F    <sup>ns</sup> não significativo a 5% de significância pelo teste F

**Tabela II – Resumo da análise de variância das características analisadas na solução do solo**

| FV                    | GL | Quadrados Médios                    |                                   |                                  |
|-----------------------|----|-------------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|
|                       |    | Condutividade Elétrica              | Nitrato                           | Amônio                           |
| Tratamento            | 3  | 446623,46**<br>(p>0,04)             | 47021,48*<br>(p>0)                | 0,0699 <sup>ns</sup><br>(p>0,31) |
| Resíduo a             | 12 | 114928,49                           | 2749,33                           | 0,0527                           |
| Profundidade          | 1  | 672219,61**<br>(p>0,02)             | 5508,98 <sup>ns</sup><br>(p>0,23) | 0,7899*<br>(p>0)                 |
| Trat. x Prof.         | 3  | 291122,04 <sup>ns</sup><br>(p>0,06) | 19350,44**<br>(0,01)              | 0,1001 <sup>ns</sup><br>(p>0,20) |
| Resíduo b             | 12 | 87451,51                            | 3404,93                           | 0,0557                           |
| Época                 | 1  | 2024914,77*<br>(p>0)                | 206652,07*<br>(p>0)               | 0,1691 <sup>ns</sup><br>(p>0,09) |
| Trat. x Época         | 3  | 208766,77 <sup>ns</sup><br>(p>0,11) | 17939,85**<br>(p>0,01)            | 0,1495 <sup>ns</sup><br>(p>0,06) |
| Prof. x Época         | 1  | 3167109,63*<br>(p>0)                | 33171,22*<br>(p>0,01)             | 0,1947 <sup>ns</sup><br>(p>0,07) |
| Trat. x Prof. x Época | 3  | 441787,83**<br>(p>0,01)             | 7725,89**<br>(p>0,04)             | 0,1610 <sup>ns</sup><br>(p>0,5)  |
| Resíduo c             | 24 | 94221,67                            | 2412,67                           | 0,0536                           |
| CV a (%)              |    | 38,88                               | 47,17                             | 187,59                           |
| CV b (%)              |    | 33,91                               | 52,50                             | 192,96                           |
| CV c (%)              |    | 35,20                               | 44,19                             | 189,19                           |

\* significativo a 1% de significância pelo teste F    \*\* significativo a 5% de significância pelo teste F    <sup>ns</sup> não significativo a 5% de significância pelo teste F