UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JULIO DE MESQUITA FILHO"

FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS

CÂMPUS DE BOTUCATU

UTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS DE TRATAMENTO DE ESGOTO COMO SUPRIMENTO HÍDRICO E NUTRICIONAL NA CULTURA DO GIRASSOL

RODOLLPHO ARTUR DE SOUZA LIMA

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da UNESP – Câmpus de Botucatu, para obtenção do título de Mestre em Agronomia (Irrigação e Drenagem).

BOTUCATU – SP
Abril – 2015

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JULIO DE MESQUITA FILHO"

FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS

CÂMPUS DE BOTUCATU

UTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS DE TRATAMENTO DE ESGOTO COMO SUPRIMENTO HÍDRICO E NUTRICIONAL NA CULTURA DO GIRASSOL

RODOLLPHO ARTUR DE SOUZA LIMA

Orientador: Prof. Dr. Helio Grassi Filho

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da UNESP – Câmpus de Botucatu, para obtenção do título de Mestre em Agronomia (Irrigação e Drenagem).

BOTUCATU – SP
Abril – 2015

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉCNICA DE AQUISIÇÃO E TRATAMENTO DA INFORMAÇÃO – SERVIÇO TÉCNICO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - UNESP – FCA-LAGEADO- BOTUCATU (SP)

Lima, Rodollpho Artur de Souza, 1986-
L732u Utilização de resíduos de tratamento de esgoto como suprimento hídrico e nutricional na cultura do girassol / Rodollpho Artur de Souza Lima. – Botucatu : [s.n.], 2015
x, 59 f. : ils. color., grafs.,tabs.

Dissertação(Mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agronômicas, Botucatu, 2015
Orientador: Hélio Grassi Filho
Inclui bibliografia

1. Girassol - Adubação. 2. Lodo de esgoto. 3. Agua – Reutilização. 4. Minerais na nutrição de plantas. 5. Nitrogênio na agricultura. I. Grassi Filho, Hélio. II. Universidade Estadual Paulista."Júlio de Mesquita Filho"(Campus de Botucatu). Faculdade de Ciências Agronômicas de Botucatu. III. Título.

unesp **UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA**

CAMPUS DE BOTUCATU

FACULDADE DE CIENCIAS AGRONOMICAS DE BOTUCATU

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: UTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS DE TRATAMENTO DE ESGOTO COMO SUPRIMENTO HÍDRICO E NUTRICIONAL NA CULTURA DO GIRASSOL

AUTOR: RODOLLPHO ARTUR DE SOUZA LIMA

ORIENTADOR: Prof. Dr. HÉLIO GRASSI FILHO

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de MESTRE EM AGRONOMIA (IRRIGAÇÃO E DRENAGEM) , pela Comissão Examinadora:

Prof. Dr. HÉLIO GRASSI FILHO
Dep de Solos e Recursos Ambientais / Faculdade de Ciencias Agronomicas de Botucatu

Prof. Dr. ANTONIO DE PADUA SOUSA
Dep de Engenharia Rural / Faculdade de Ciencias Agronomicas de Botucatu

Prof. Dr. RODRIGO DOMINGUES BARBOSA
Departamento de Agronomia / Eduvale - Associação Educacional do Vale Da Jurumirim

Data da realização: 09 de abril de 2015.

Aos meus pais por todo apoio, amor e carinho.

Ofereço e Dedico.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, fonte de fé, esperança e força durante esses dois anos.

Aos meus pais, José Marcelo Fagundes de Lima e Eleine de Souza Barbosa Lima que sempre estão ao meu lado durante minhas escolhas e fazem parte desse trabalho, e aos meus irmãos pelo apoio, que foram essenciais para continuar essa jornada.

Ao orientador e professor Dr. Helio Grassi Filho pelos ensinamentos, apoio e confiança durante esses dois anos de trabalho.

A Faculdade de Ciências Agronômicas da Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" – FCA/UNESP, Câmpus de Botucatu, e ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Irrigação e Drenagem) pela oportunidade de concretizar o sonho de realizar o curso de mestrado.

Ao Conselho Nacional de Pesquisa (CNPq), pela bolsa de estudos. E ao programa de Pós-Graduação em Agronomia (Irrigação e drenagem) pelo apoio financeiro.

A todos os professores da Faculdade de Ciências Agronômicas FCA/UNESP e em especial aos professores do programa de Pós-Graduação em Agronomia (Irrigação e drenagem).

Aos orientados do professor Dr. Helio Grassi Filho, Ana Carolina Barbosa Kummer pelo apoio e por toda paciência, pelas explicações e sua boa vontade de ensinar, e ao Márcio Henrique Lanza pela ajuda e orientações na condução do experimento que foram de fundamental importância.

Aos Funcionários do Departamento de Solos e Recursos Ambientais, Departamento de Engenharia Rural e da Biblioteca do Lageado, em especial ao Dejair Martiniano, Antônio Cunha, Noel Batista, Jair Vieira, Adriana Ramos, Pedro Alves (Pedrinho), Ana Lucia Kempinas, Airton Fioravante, Maísa Coelho, Maria Inês, Denise Melo e Eliane Lucas pela ajuda que foi essencial.

Aos meus familiares e amigos que sempre ficaram na torcida.

A todos os amigos da Pós-Graduação e em especial aos que me ajudaram durante a realização desse experimento: Alexandra Ferreira, Anny Menezes, Cícero Manoel, Chris Araújo, Claudiane Paes, João Vitor, Laís Melo, Lucas Holanda, Marcos Liodorio, Marla Diamante, Mariana Sales, Natalia Soares, Olivia Lopes, Thalysson Medeiros e Thomaz Lobo.

Aos novos (as) amigos (as) que conquistei durante esses dois anos em que morei em Botucatu-SP.

A empresa HELIAGRO pelo fornecimento das sementes de girassol.

Sumário

Página

LISTA DE FIGURAS VIII
LISTA DE TABELAS X
RESUMO 1
SUMMARY 3
1 INTRODUÇÃO 5
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA 7
2.1 Importância do reúso de águas residuárias 7
2.2 Legislação do uso de águas residuárias e lodo de esgoto 7
2.3 Reúso de água na agricultura 8
2.4 Utilização do lodo de esgoto na agricultura 8
2.5 Características e importância da cultura do girassol 9
2.6 Importância da adubação nitrogenada 10
2.7 Metais pesados 10
3 MATERIAL E MÉTODOS 12
3.1 Desenvolvimento do experimento 12
3.2 Origem e composição química do lodo de esgoto compostado e do efluente de esgoto tratado. 13
3.3 Delineamento experimental 13
3.4 Sistema e manejo da irrigação 15
3.5 Dados climáticos 16
3.6 Operações de instalação do experimento 17
3.7 Parâmetros avaliados 21
3.7.1 Componentes de desenvolvimento e produção 21
3.8 Análise química de folhas e sementes 22
3.9 Análise dos dados 22
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO 24
4.1 Desenvolvimento e componentes de produção 24
4.2 Diagnose foliar 33
4.2.1 Macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg e S) 33
4.2.2 Micronutrientes (B, Cu, Fe, Mn e Zn) 37
4.2.3 Metais pesados (Al, Cr, Mo, Ni) 40
4.3 Acúmulo de nutrientes e metais pesados nas sementes 41

4.3.1 Macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg, S) 41
4.3.2 Micronutrientes (B, Cu, Fe, Mn, Zn) 43
4.3.3 Metais pesados (Cr, Mo e Ni) 45
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS 48
6 CONCLUSÃO 49
7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 50
APÊNDICE 56

LISTA DE FIGURAS

Página

Figura 1. Croqui do experimento com plantas de girassol. 14

Figura 2. Variação diária da temperatura (Tar, ºC) no interior do ambiente protegido durante o período de 13 de Setembro de 2013 a 05 de Janeiro de 2014. 16

Figura 3. Variação diária da umidade relativa do ar (Uar, %) no interior do ambiente protegido durante o período de 13 de Setembro de 2013 a 05 de Janeiro de 2014. 17

Figura 4. Adubação dos vasos. 19

Figura 5. Altura da planta aos 28, 42, 49 e 56 dias após a emergência (DAE) em função da aplicação de 0, 100, 150, 200 e 250% de lodo de esgoto compostado, equivalente a 0 (zero), 6.2, 9.3, 12.5 e 15.6 t ha^{-1} de lodo de esgoto compostado como fonte de N, respectivamente.*AR – água residuária, AB – água de abastecimento (potável). 26

Figura 6. Diâmetro do caule aos 28, 35, 42, 49 e 56 dias após a emergência (DAE) em função da aplicação de 0, 100, 150, 200 e 250% de lodo de esgoto compostado, equivalente a 0 (zero), 6.2, 9.3, 12.5 e 15.6 t ha^{-1} de lodo de esgoto compostado como fonte de N, respectivamente.*AR – água residuária, AB – água de abastecimento (potável). 28

Figura 7. Número de folhas aos 49 dias após a emergência (DAE) em função da aplicação de 0, 100, 150, 200 e 250% de lodo de esgoto compostado, equivalente a 0 (zero), 6.2, 9.3, 12.5 e 15.6 t ha^{-1} de lodo de esgoto compostado como fonte de N, respectivamente.*AR – água residuária, AB – água de abastecimento (potável)..... 30

Figura 8. Peso de mil sementes, massa seca da parte aérea, teor de óleo e rendimento de óleo em função da aplicação de 0, 100, 150, 200 e 250% de lodo de esgoto compostado, equivalente a 0 (zero), 6.2, 9.3, 12.5 e 15.6 t ha^{-1} de lodo de esgoto compostado como fonte de N, respectivamente.*AR – água residuária, AB – água de abastecimento (potável). 32

Figura 9. Teor foliar de macronutriente (N, P, K, Ca, Mg e S) em função da aplicação de 0, 100, 150, 200 e 250% de lodo de esgoto compostado, equivalente a 0 (zero), 6.2, 9.3, 12.5 e 15.6 t ha^{-1} de lodo de esgoto compostado como fonte de N, respectivamente.*AR – água residuária, AB – água de abastecimento (potável). 36

Figura 10. Teor foliar de micronutrientes (B, Cu, Fe, Mn e Zn) em função da aplicação de 0, 100, 150, 200 e 250% de lodo de esgoto compostado, equivalente a 0 (zero), 6.2, 9.3, 12.5 e 15.6 t ha^{-1} de lodo de esgoto compostado como fonte de N, respectivamente.*AR – água residuária, AB – água de abastecimento (potável)..... 39

Figura 11. Teor foliar de metais pesados (Al, Cr, Mo, Ni) em função da aplicação de 0, 100, 150, 200 e 250% de lodo de esgoto compostado, equivalente a 0 (zero), 6.2, 9.3, 12.5

e 15.6 t ha^{-1} de lodo de esgoto compostado como fonte de N, respectivamente.*AR – água residuária, AB – água de abastecimento (potável). 41

Figura 12. Acúmulos de macronutrientes (N, P, Mg e S) nas sementes em função da aplicação de 0, 100, 150, 200 e 250% de lodo de esgoto compostado, equivalente a 0 (zero), 6.2, 9.3, 12.5 e 15.6 t ha^{-1} de lodo de esgoto compostado como fonte de N, respectivamente.*AR – água residuária, AB – água de abastecimento (potável). 43

Figura 13. Acúmulos de micronutrientes (B, Cu, Fe, Mn e Zn) nas sementes em função da aplicação de 0, 100, 150, 200 e 250% de lodo de esgoto compostado, equivalente a 0 (zero), 6.2, 9.3, 12.5 e 15.6 t ha^{-1} de lodo de esgoto compostado como fonte de N, respectivamente.*AR – água residuária, AB – água de abastecimento (potável). 45

Figura 14. Acúmulos de metais pesados (Cr, Mo, Ni) nas sementes em função da aplicação de 0, 100, 150, 200 e 250% de lodo de esgoto compostado, equivalente a 0 (zero), 6.2, 9.3, 12.5 e 15.6 t ha^{-1} de lodo de esgoto compostado como fonte de N, respectivamente.*AR – água residuária, AB – água de abastecimento (potável)..... 47

LISTA DE TABELAS

Página

Tabela 1. Composição química do lodo de esgoto compostado em base seca utilizado no experimento. 13

Tabela 2. Resultado da análise química do solo antecedendo a instalação do experimento com a cultura do girassol. 20

Tabela 3. Resultados médios da altura (cm) de plantas de girassol aos 28, 35, 42, 49 e 56 dias após a emergência (DAE). 25

Tabela 4. Resultados médios do diâmetro do caule (mm) do colo da planta de girassol aos 28, 35, 42, 49 e 56 dias após a emergência (DAE)..... 27

Tabela 5. Resultados médios do número de folhas em plantas de girassol aos 28, 35, 42, 49 e 56 dias após a emergência (DAE)..... 29

Tabela 6. Resultados médios da produtividade, peso de mil sementes, massa seca da parte aérea (g planta^{-1}), teor de óleo e rendimento de óleo em plantas de girassol. 31

Tabela 7. Teor foliar de macronutriente (N, P, K, Ca, Mg e S) em plantas de girassol. 34

Tabela 8. Teor foliar de micronutrientes (B, Cu, Fe, Mn e Zn) em plantas de girassol. 37

Tabela 9. Teor foliar de metais pesados (Al, Cr, Mo, Ni e Na) em plantas de girassol. 40

Tabela 10. Acúmulos de macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg e S) nas sementes de girassol. 42

Tabela 11. Acúmulos de micronutrientes (B, Cu, Fe, Mn e Zn) nas sementes de girassol. 44

Tabela 12. Acúmulos de metais pesados (Cr, Mo, Ni) nas sementes de girassol. 46

UTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS DE TRATAMENTO DE ESGOTO COMO SUPRIMENTO HÍDRICO E NUTRICIONAL NA CULTURA DO GIRASSOL. Botucatu, 2015. 71f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/ Irrigação e Drenagem) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista.

Autor: RODOLLPHO ARTUR DE SOUZA LIMA
Orientador: DR. HELIO GRASSI FILHO

RESUMO

A utilização na agricultura de resíduos urbanos apresentaria imensuráveis benefícios ambientais, com o aproveitamento das águas residuais e do material orgânico gerado pelas estações de tratamentos de esgoto, além de redução de custos com adubos químicos, devido ao retorno dos elementos ao seu ciclo biogeoquímico e a diminuição do passivo ambiental de aterros sanitários. O trabalho teve como objetivo avaliar a utilização de resíduos de tratamento de esgoto como suprimento hídrico (água residuária) e nutricional (lodo de esgoto como substituto parcial, total e em dose superior à adubação nitrogenada convencional) na cultura do girassol. O estudo foi realizado em estufa agrícola na área experimental do Departamento de Solos e Recursos Ambientais da Faculdade de Ciências Agronômicas pertencente à Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (FCA/UNESP), Botucatu - SP. O delineamento estatístico utilizado foi inteiramente casualizado em arranjo de parcelas subdivididas. Em cada parcela foi usado um tipo de água para irrigação (água residuária e água de abastecimento), e as subparcelas receberam sete níveis de adubação nitrogenada, um total de 14 tratamentos com 10 repetições. Os tratamentos utilizados foram: T0 (sem adubação nitrogenada); T1 – (100% de adubação nitrogenada mineral); T2 (50% de adubação nitrogenada mineral mais 50% de adubação nitrogenada proveniente do lodo de esgoto compostado), e os tratamentos T3, T4, T5 e T6 corresponderam a 100, 150, 200 e 250% da adubação nitrogenada proveniente do lodo de esgoto compostado, respectivamente. A irrigação com água residuária proporcionou aumento na maioria das variáveis analisadas devido às características químicas do efluente de esgoto tratado, principalmente em relação ao N. Para as características produtivas o T4 (150% de lodo de esgoto compostado) em conjunto com a água residuária elevou as médias, proporcionando maiores rendimentos. Verificou que as doses crescentes de lodo de esgoto compostado no solo proporcionaram incrementos significativos, principalmente

de Zn nas folhas e sementes do girassol. Foi observado nesse estudo que o lodo de esgoto pode ser uma boa alternativa de substituição á adubação nitrogenada convencional.

Palavras-chave: composto orgânico, nitrogênio, efluente, metais pesados, lodo de esgoto, *Helianthus annuus* L.

SEWAGE TREATMENT OF WASTE WATER USE AS SUPPLY AND NUTRITION IN SUNFLOWER CULTURE. Botucatu, 2015. 71f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/ Irrigação e Drenagem) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista.

Author: RODOLLPHO ARTUR DE SOUZA LIMA
Adviser: DR. HELIO GRASSI FILHO

SUMMARY

The use in municipal waste agriculture present immeasurable environmental benefits with the use of waste water and the organic material generated by sewage treatment plants, as well as reduce costs with chemical fertilizers due to the return of the elements to its biogeochemical cycle and the reduction of environmental damage from landfills. The study aimed to evaluate the use of waste sewage treatment as hydrous (wastewater) and nutritional (sewage sludge as a partial substitute, complete and in higher dose than conventional nitrogen fertilizer) supply in sunflower cultivation. The study was conducted in a greenhouse at the experimental area of the Department of Soil and Environmental Resources of Agricultural Sciences Faculty belonging to Universidade Estadual Paulista "Julio de Mesquita Filho" (FCA / UNESP), Botucatu - SP. The statistical design was completely randomized in a split plot arrangement. In each plot a type of irrigation water (wastewater and water supply) was used, and the subplots received seven levels of nitrogen fertilization, a total of 14 treatments with 10 repetitions. The treatments were: T0 (no nitrogen fertilization); T1 - (100% mineral nitrogen fertilization); T2 (50% mineral nitrogen fertilizer 50% more nitrogen fertilizer from the composted sewage sludge), and T3 treatments, T4, T5 and T6 corresponded to 100, 150, 200 and 250% of the nitrogen fertilizer from sewage sludge composted, respectively. Irrigation with wastewater provided an increase in most variables due to the chemical characteristics of the treated sewage effluent, especially in relation to N. For productive characteristics T4 (150% of composted sewage sludge) in conjunction with wastewater raised averages, providing higher yields. It found that increasing doses of sewage sludge compost in the soil provided significant increases, particularly of Zn in the leaves and sunflower seeds. It was observed in this study that the sewage sludge can be a good alternative replacement will conventional nitrogen fertilization.

Keywords: organic compost, nitrogen, effluent, heavy metals, sewage sludge, *Helianthus annuus* L.

1 INTRODUÇÃO

A utilização de águas residuárias e de resíduos urbanos e agroindustriais na irrigação e fertilização de culturas nas condições da região sudeste do estado brasileiro é crescente, onde geram conflitos nos diversos usos da água, como a contaminação de mananciais por esgotos e efluentes, a saturação de aterros sanitários, e gasto com importação de fertilizantes minerais para atender a demanda das extensas áreas cultivadas com milho, soja, eucalipto, cana-de-açúcar, entre várias culturas (BERTONCINI, 2014).

O uso nos solos agrícolas com dejetos de animais como resíduos da suinocultura, bovinocultura e cama-de-frango era sempre considerada no meio rural uma prática normal, e o próprio agricultor na maioria das vezes realizava o seu controle. No entanto, esses resíduos apresentam nutrientes, e os excessos desses nutrientes podem poluir o solo, as águas superficiais e subterrâneas pela utilização contínua e elevada carga orgânica (BERTONCINI, 2014).

Para o tratamento desses resíduos existem métodos para diminuir ou melhorar os indesejáveis componentes poluentes e aproveitar os benefícios na adubação de solos agrícolas, em especial aqueles pobres em matéria orgânica, intemperizados e tropicais. Segundo BARBOSA & TAVARES FILHO (2006), o lodo de esgoto obtêm

características permissível e segura para a utilização agrícola quando é tratado e processado.

A utilização desses resíduos na agricultura apresentaria imensuráveis benefícios ambientais, com o aproveitamento das águas residuais e do material orgânico gerado pelas estações de tratamentos de esgoto, além da redução de custos com adubos químicos, devido ao retorno dos elementos ao seu ciclo biogeoquímico e a diminuição do passivo ambiental de aterros sanitários. Segundo COSCIONE et al., (2010), o principal benefício para o ambiente é a reciclagem dos nutrientes e da matéria orgânica presentes no lodo, substituindo parcialmente a utilização de adubos químicos. Contudo, a utilização desses resíduos na agricultura ainda é restrita e os entraves na sociedade brasileira impedem o seu uso.

Nesse contexto, o experimento teve como objetivo avaliar a utilização de resíduos de tratamento de esgoto como suprimento hídrico e nutricional na cultura do girassol.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Importância do reúso de águas residuárias

Conservando as águas de melhor qualidade para usos limitados, existe a necessidade de preservar os recursos hídricos, vinculado ao potencial que representa o reúso de águas residuárias, estimulou técnicas e diversos processos de tratamento para o desenvolvimento da utilização desses resíduos, minimizando os efeitos adversos no ambiente decorrente da descarga de efluentes (SOUZA et al., 2010).

O reúso das águas residuárias pode ser considerado como uma alternativa para o controle da poluição, evitando o lançamento de esgotos ou dejetos nos corpos d´águas com a adoção dessa prática. Devidamente tratadas e em condições de utilização, poderão encontrar novos meios para seu uso, como por exemplo, a utilização na agricultura.

2.2 Legislação do uso de águas residuárias e lodo de esgoto

No Brasil, a resolução sobre as águas existentes no território brasileiro é atendida pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente, com a resolução CONAMA n°357/05, que alterou as de n°20/86 e n°274/00, é o principal instrumento regulador e suas respectivas diretrizes ambientais para o seu enquadramento, visando

proteção desse recurso, estabelece condições e padrões de lançamentos de efluentes nos cursos d'água.

Para a utilização do lodo de esgoto, a técnica de reúso desse composto é a única que segue totalmente uma normativa, como para seus derivados, tendo diretrizes estabelecidas por meio do CONAMA nº375/2006, embora específica para o lodo de esgoto, poderá ser enquadrado o efluente em alguma norma dessa diretriz.

2.3 Reúso de água na agricultura

A prática de reuso de efluentes não é nova, no entanto, existe uma necessidade crescente da sua reutilização, principalmente na agricultura. Em meados do século XIX, há relatos de que na Inglaterra, haviam fazendas de esgotos, onde as água residuárias eram jogadas no solo para o seu tratamento (FOLEGATTI, 1999).

Apesar de ser uma prática utilizada há vários anos o reúso não planejado, deve ser trabalhado socialmente, pois são observados alguns entraves pela população quanto sua forma de utilização (BERNARDI, 2003), e embora o Brasil não tenha uma política que regule o uso de águas residuais na agricultura, várias pesquisas nos últimos anos vem sendo desenvolvidas, para aperfeiçoar essa técnica e que não traga prejuízo econômico e ambiental.

A necessidade do aumento da produtividade agrícola é muito evidente, visto que a irrigação apresenta incrementos positivos para a produção e um papel fundamental no atendimento alimentar da população (MALANO; HOFWEGEN, 1999). Além da água utilizada, a irrigação com efluente fornece nutrientes, em função das caraterísticas dos solos e das culturas utilizadas, podendo atender a demanda de forma significativa em relação à fertilização convencional (PIVELI et al., 2009).

2.4 Utilização do lodo de esgoto na agricultura

A utilização de esgotos é uma prática antiga na agricultura, realizada na China, e com frequência utilizada desde 1560 na Prússia e 1800 na Inglaterra. A prática no Brasil do uso de resíduos, ainda está sendo adotada, diante de sua variabilidade de efeitos, nutrientes e também por ser uma técnica ainda em estudos (BETTIOL & CAMARGO, 2006).

TSUTIYA (2001), fala que a utilização de lodo de esgoto, como adubação orgânica, pode favorecer a formação de agregados, a vida microbiana e o aprofundamento das raízes, com isso a resistência do solo aumenta em relação erosão, por melhorar a estrutura do solo e aumentar a capacidade de retenção de água, tornando as culturas resistentes à seca, e aumentando o fornecimento de nutrientes para as plantas e com isso proporcionando um maior rendimento de matéria seca e verde.

O uso indevido destes resíduos pode contaminar as plantas, o solo e as águas superficiais e subterrâneas, com metais pesados, fosfatos, nitratos e outros poluentes (BETTIOL & GHINI, 2011). Devido a isso é aconselhável utilizar culturas que não tenham consumo direto pela população, utilizando culturas como soja, trigo, milho, fruticultura e para recuperação de áreas degradadas.

Para procedimentos e critérios para o uso agrícola de lodo de esgoto e seus produtos, a resolução CONAMA nº375/06, define critérios para liberação do resíduo e limites para substâncias potencialmente tóxicas. Definem também quais as culturas liberadas a utilizarem o lodo, sendo proibida para culturas que a parte comestível entre em contato direto com o solo (tubérculos, olerículas, raízes e culturas inundadas). A composição do lodo de esgoto é variável, devido a sua origem, que pode ser residencial ou industrial, e também depende do processo de tratamento que é empregado. Basicamente o lodo de esgoto apresenta: potássio, fósforo, matéria orgânica, nitrogênio, macro e micronutrientes (BETTIOL & CAMARGO, 2006).

2.5 Características e importância da cultura do girassol

O girassol (*Helianthus annuus L.)* é a quinta maior cultura em produção de sementes e está entre as quatro culturas produtoras de óleo comestíveis em utilização no mundo. A quantidade de sementes de girassol produzida no Brasil, entre os anos de 1998 e 2012, teve um acréscimo de 15,1% na taxa média anual, crescendo de 16 mil para 103 mil toneladas (CONAB, 2012).

Os países que dominam há muito tempo o mercado mundial de sementes de girassol é Rússia, Ucrânia e Argentina. No Brasil a cultura é bastante limitante, e para competir com outras culturas precisa haver expansão das áreas cultivadas, e isso acontece gradualmente. Na safra de 2012/13, a área destinada às oleaginosas foi somente de 74,5 mil hectares; já no ano seguinte foi de 74,4 mil hectares, havendo um decréscimo de 0,1% da área plantada (CONAB, 2013).

A cultura do girassol atualmente, ganha espaço entre os agricultores, por ter a capacidade de se consorciar com outras culturas, e de se integrar a pecuária e a apicultura (EMBRAPA, 2010). Do ponto de vista agronômico o girassol apresenta características desejáveis, como o ciclo de cultivo curto (SILVA & SANGOI, 1985), além disso, faz dela uma boa opção de cultura para entre safra. Os fatores que afetam, são o clima que se destaca como condicionante para o desenvolvimento vegetativo e reprodutivo (SENTELHAS et al., 1994), a sensibilidade a pragas e doenças e a composição química.

2.6 Importância da adubação nitrogenada

É o nutriente exigido em maior quantidade (N) pelas espécies vegetais e pelas plantas superiores, fazendo parte de várias estruturas, e pode ser absorvido como ânion (NO_3^-) ou cátion (NH_4^+) (EPSTEIN & BLOOM, 2004), estando sujeito a diversas reações no solo (MALAVOLTA, 2006). Por se o elemento com o custo mais elevado entre os nutrientes utilizadas na adubação é o maior nutriente com números de pesquisas no que se refere à dinâmica do solo, à nutrição de plantas, formas nitrogenadas iônicas com destaque para as perdas (MANTOVANI et al., 2007).

2.7 Metais pesados

Uma das principais preocupações do agricultor em utilizar resíduos orgânicos proveniente de tratamento de esgoto é o teor de metais tóxicos, podendo conter notadamente aqueles de origem industrial e urbana. Apesar disso, é relatado que apenas uma pequena fração dos metais se apresenta em formas prontamente disponíveis às plantas, quando da aplicação de composto de lixo ou lodo de esgoto ao solo (SILVEIRA et al., 2003).

Os metais estão envolvidos em um complexo sistema de reações que ocorrem no solo, podendo levar à contaminação do ambiente e à entrada dos metais na cadeia alimentar, contaminando os animais e o homem (OLIVEIRA, 2000).

O uso agronômico de resíduos orgânicos somente poderá ser feito quando neles não existam concentrações altas de Cd, Pb, Cu, Cr, Ni e Zn, pois estes metais podem ser absorvidos pelas raízes das plantas e transferidos para os alimentos (CANET et al., 1997). Em resíduos urbanos orgânicos, os teores de metais pesados são bem superiores

aos valores encontrados nos solos agrícolas, portanto sua deposição ao solo pode levar ao acúmulo de alguns metais no agrossistema (PEGORINI et al., 2003).

Conhecer o comportamento dos metais pesados no solo é essencial para avaliar o impacto ambiental provocado pela deposição em solos agrícolas de resíduos contendo esses elementos (CANET et al., 1997). A extensão desse impacto está diretamente relacionada com a habilidade do solo em reter esses metais (SILVEIRA et al., 2003).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Desenvolvimento do experimento

Foi realizado no período de 13 de setembro de 2013 a 5 de janeiro de 2014 o estudo em estufa agrícola na área experimental do Departamento de Solos e Recursos Ambientais da Faculdade de Ciências Agronômicas pertencente à Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (FCA/UNESP), Botucatu - SP. A região se encontra a aproximadamente 789 m de altitude, com as coordenadas geográficas 22°52'55" de latitude Sul e 48°26'22" de longitude Oeste e o clima da região é tipo Cfa (temperado quente –mesotérmico - úmido) segundo a classificação de Köppen. A temperatura média anual é de 20,3ºC (CUNHA; MARTINS, 2009).

Foi utilizado um híbrido simples de girassol, HELIO 250. O material apresenta as seguintes características: florescimento aos 50 a 60 dias, maturação fisiológica de 85 a 105 dias, altura média das plantas variando entre 160 a 180 cm, porcentagem de óleo entre 44 a 48% e uma densidade de 40.000 mil plantas por hectare.

O experimento foi conduzido em vasos de PVC (Policloreto de vinil – plástico), com volume de 42,5 L. O solo utilizado no experimento é classificado como Latossolo Vermelho Distrófico de textura média, segundo BETTIOL et al., (1983) e revisado por normas da EMBRAPA (2006). Os vasos foram irrigados com dois tipos de

água (água de abastecimento e água residuária). Foi utilizado lodo de esgoto compostado em substituição à adubação convencional.

Os vasos já tinham sido utilizados anteriormente: Soja (2011/2012) em sucessão ao trigo (2011). Trigo (no ano de 2012) e soja (no ano de 2012/2013), aplicando-se a mesma estrutura de pesquisa.

3.2 Origem e composição química do lodo de esgoto compostado e do efluente de esgoto tratado.

A origem do lodo de esgoto compostado é da estação de tratamento de esgoto (ETE) do município de Jundiaí/SP, o composto orgânico é registrado no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) como fertilizante orgânico composto classe D e produto de uso seguro na agricultura. Foi realizado a análise química do lodo de esgoto compostado, sendo os resultados apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Composição química do lodo de esgoto compostado em base seca utilizado no experimento.

N	**$P_2 0_5$**	**K_2O**	**Ca**	**Mg**	**S**	**Teor de água**	**M.O.**	**C**
----------				**%**			**----------**	
0,8	0,8	0,1	0,9	0,1	0,4	0,43	24,0	13,0
Na	**B**	**Cu**	**Fe**	**Mn**	**Zn**		**C/N**	**pH**
----------		**mg kg^{-1} matéria seca**		**----------**				
445	66	119	1004	146	645		16/1	5,6

O efluente de esgoto tratado (água residuária) foi proveniente da estação de tratamento de esgotos (ETE) da cidade de Botucatu/SP, operada pela SABESP (Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo), localizada na Fazenda Experimental Lageado pertencente à FCA/UNESP, BOTUCATU - SP.

As análises químicas da água residuária foram baseadas na metodologia proposta por Malavolta et al (1997). A partir do resultado da análise da água residuária foram estimadas as quantidades totais de N, P, K, Ca, Mg, S, Cu, Fe, Mn, Zn, Ph e CE que foram adicionadas via irrigação no decorrer do ciclo da cultura do girassol (APÊNDICE).

3.3 Delineamento experimental

O delineamento estatístico utilizado foi inteiramente casualizado em arranjo de parcelas subdivididas. Em cada parcela foi usada um tipo de água para irrigação: PARCELA A (água residuária) e PARCELA B (água de abastecimento). As

subparcelas receberam sete níveis de adubação nitrogenada, um total de 14 tratamentos com 10 repetições. Cada repetição foi representada por um vaso, totalizando cento e quarenta unidades experimentais (Figura 1).

A adubação nitrogenada foi baseada na dose de N recomendada para o pleno desenvolvimento das culturas (RAIJ et al., 1997). Os níveis de adubação com lodo de esgoto compostado foram definidos em função da substituição parcial, total ou superior da dose recomendada. As quantidades de lodo de esgoto compostado foram calculadas em função do teor de nitrogênio presente no material orgânico na base seca. Os tratamentos nas parcelas experimentais seguiram o princípio da aleatorização (BANZATTO; KRONKA, 2008), e são assim apresentados:

T0 = Sem adubação nitrogenada;

T1 = 100% de adubação nitrogenada mineral;

T2 = 50% de adubação nitrogenada mineral + 50% de adubação nitrogenada proveniente do lodo de esgoto compostado;

T3 = 100% de adubação nitrogenada proveniente do lodo de esgoto compostado;

T4 = 150% de adubação nitrogenada proveniente do lodo de esgoto compostado;

T5 = 200% de adubação nitrogenada proveniente do lodo de esgoto compostado;

T6 = 250% de adubação nitrogenada proveniente do lodo de esgoto compostado.

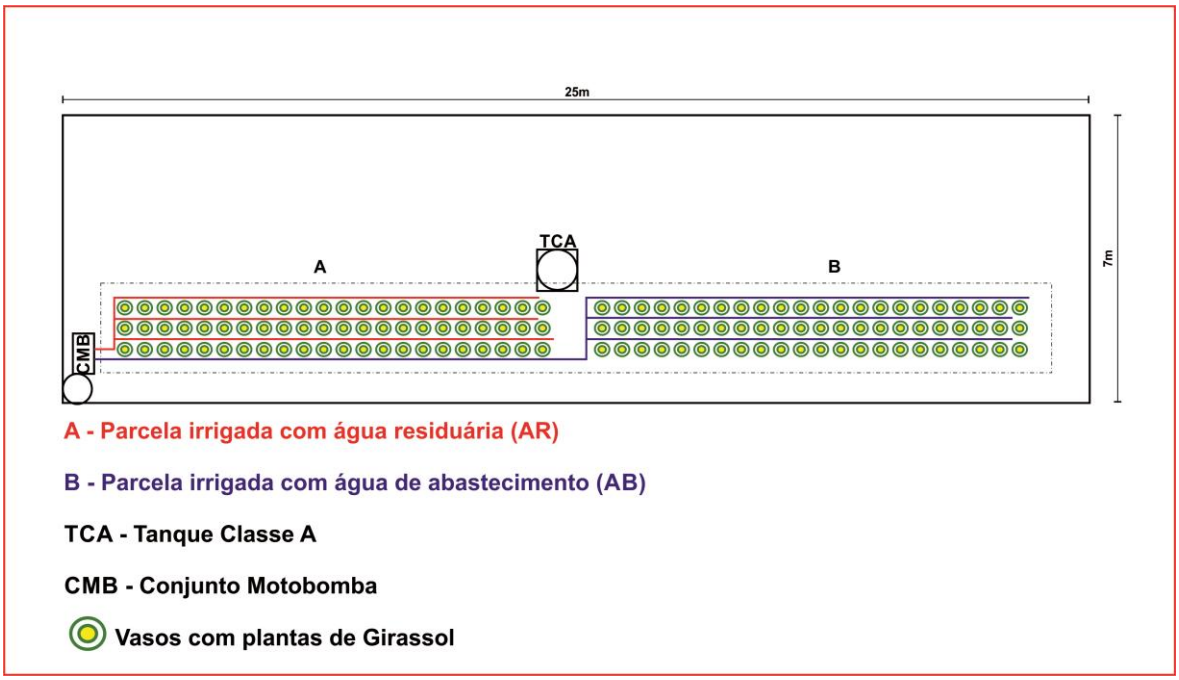


Figura 1. Croqui do experimento com plantas de girassol.

Todos os tratamentos receberam adubações químicas complementares com superfosfato simples (P_2O_5), cloreto de potássio (K_2O) e ácido bórico (B) de acordo com recomendação proposta por Raij et al., (1997).

3.4 Sistema e manejo da irrigação

O sistema de irrigação utilizado foi o de gotejamento, com dois sistemas independentes, um para cada parcela experimental. Cada sistema era composto por um conjunto Motobomba Ferrari, modelo IDB-35, de 1/3 de CV, um filtro de discos de 1 e 1/2" 50 microns e um manômetro em que a pressão era regulada para 10 m.c.a.

A rede hidráulica do sistema era composta com mangueiras de polietileno de 26,3 mm na linha principal e de 13,8 mm nas linhas laterais onde foram inseridos microtubos PELBED (microtubos de polietileno) de 5 mm de diâmetro interno. Na extremidade do microtubo foi adaptado o gotejador marca Netafim autocompensante com vazão nominal de 8 L h^{-1}, em um total de 140 gotejadores (um gotejador por vaso).

A quantidade de água utilizada pela cultura era determinada pela evapotranspiração da cultura e estimada diariamente a partir da evaporação do Tanque Classe A, localizado na parte central da estufa agrícola.

A evapotranspiração da cultura (ETc) foi determinada pela seguinte equação:

$$ETc = ETo\ X\ Kc \qquad (3.1)$$

Onde:

ETc: Evapotranspiração da cultura.

ETo: Evapotranspiração de referência, é a evapotranspiração obtida pelo produto entre a evaporação do Tanque Classe A (ECA) e o coeficiente do tanque (Kp), o qual foi determinado pelo método de Snyder (1992);

Kc: Coeficiente da cultura.

Assim, a lâmina de água a ser aplicada em cada vaso foi determinada pela equação:

$$Lap = \frac{\text{ETc X A}}{\text{Ef}} \qquad (3.2)$$

Onde:

Lap = Lâmina a ser aplicada;

ETc = Evapotranspiração da cultura;

A = Área do vaso;

Ef = Eficiência do sistema de irrigação (95%).

Vale ressaltar que o tempo de irrigação foi obtido pela razão entre a lâmina de água a ser aplicada e a intensidade de aplicação do gotejador.

3.5 Dados climáticos

Foram registrados os dados de temperatura (Tar, °C) e de umidade relativa do ar (URar, %) no interior do ambiente protegido durante todo período experimental, por dois termopares conectados à um sistema de aquisição de dados automático da Campbell Scientific Inc. modelo CR23X. As variações de temperatura e umidade relativa do ar para o cultivo do girassol estão nas Figuras 2 e 3 respectivamente.

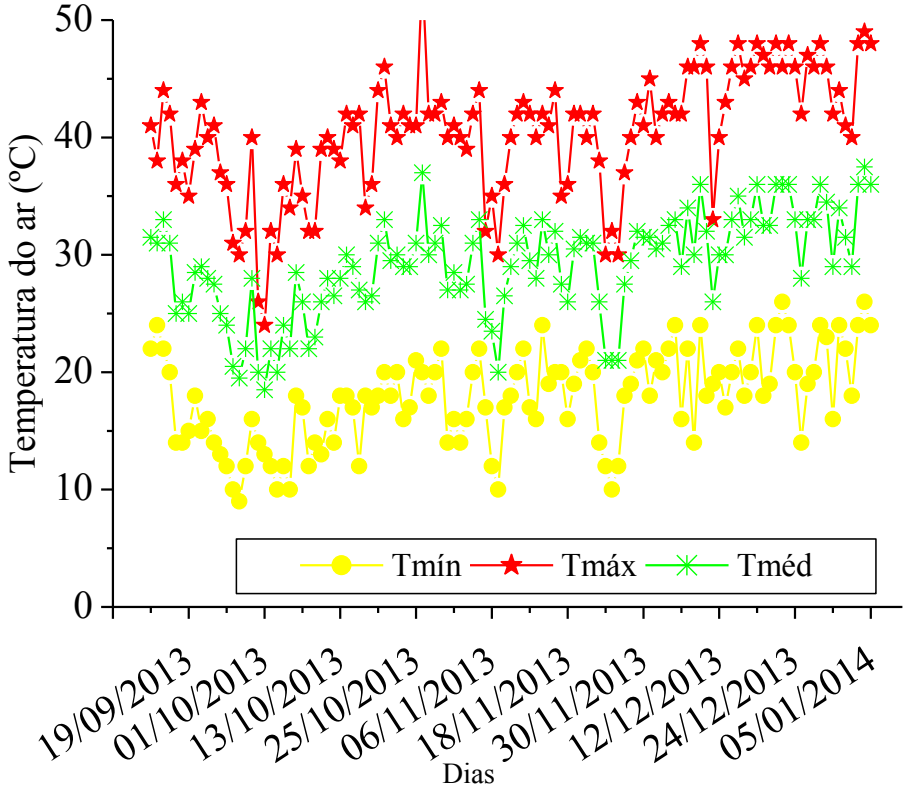


Figura 2. Variação diária da temperatura (Tar, ºC) no interior do ambiente protegido durante o período de 13 de Setembro de 2013 a 05 de Janeiro de 2014.

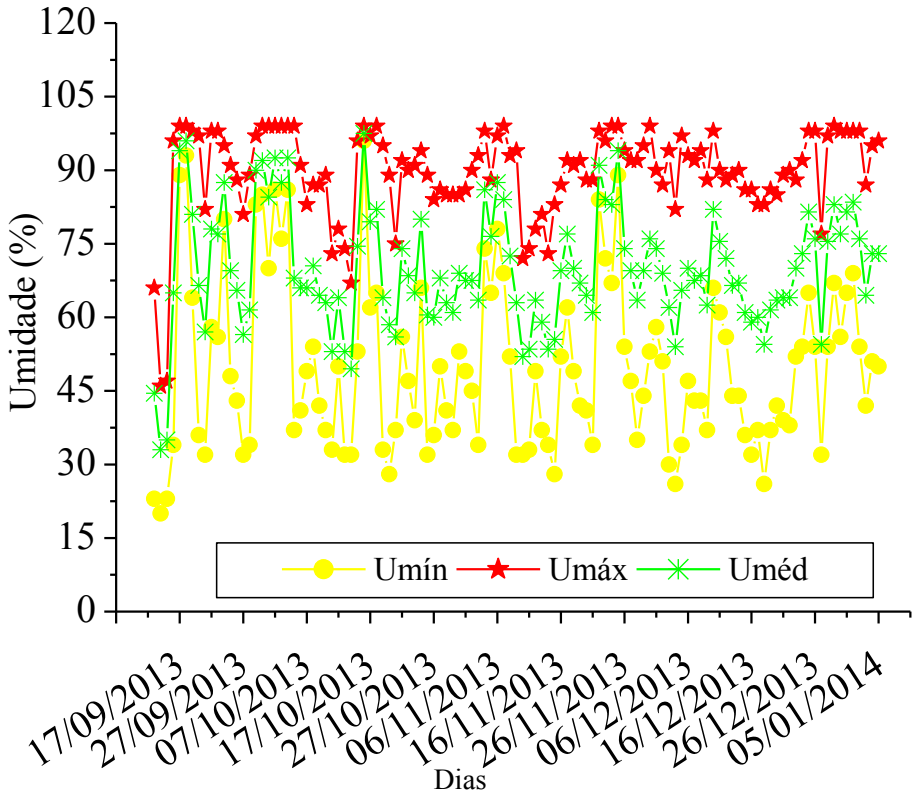


Figura 3. Variação diária da umidade relativa do ar (Uar, %) no interior do ambiente protegido durante o período de 13 de Setembro de 2013 a 05 de Janeiro de 2014.

3.6 Operações de instalação do experimento

Análise química do solo – Antecedendo à instalação do experimento foi realizada uma análise química do solo para cada tratamento para fins de adubação e calagem quando necessário, e os resultados são apresentados na Tabela 2.

Adubação mineral – De acordo com a recomendação da adubação para a cultura do girassol (RAIJ et al., 1997) com base nos resultados da análise química do solo foram calculadas as doses de N, P, K e B necessária para o pleno desenvolvimento da cultura.

Os fertilizantes utilizados foram: Uréia (45% N), Superfosfato Simples (18% de P_2O_5), Cloreto de Potássio (60% de K_2O) e Ácido Bórico (17% de B).

- Para recomendação de fósforo os tratamentos T0, T1 (parcela irrigada com água de abastecimento) receberam uma recomendação de adubação de 30 kg ha^{-1} de P_2O_5 (devido à

variação do teor de fósforo), aplicando-se 2,09 g de P_2O_5 por vaso. Os demais tratamentos e todos os tratamentos da parcela irrigada com água residuária receberam adubação de 1,39g de P_2O_5 por vaso (recomendação de 20 kg ha^{-1}).

- A recomendação do cloreto de potássio foi de 60 kg ha^{-1} de K_2O para todos os tratamentos das **PARCELAS A e B** e todos receberam a mesma quantidade de fertilizante químico por vaso, foram aplicados 1,29 g de KCl.

- A aplicação do ácido bórico foi diferente entre a PARCELA **A** e a PARCELA **B** devido à variação do elemento químico. Na PARCELA **A** todos os vasos receberam a mesma quantidade de fertilizante (0,04 g de ácido bórico) valor determinado seguindo a recomendação para 0,5 kg B ha^{-1}. Na PARCELA **B** a quantidade de fertilizante por vaso foi de 0,08g de ácido bórico, seguindo a recomendação de 1 kg de B por ha^{-1}.

- A aplicação de N mineral no T1 foi dividida em duas etapas (plantio e cobertura) e no T2 a aplicação de N mineral só foi feita na adubação de cobertura. No T1 foi aplicado no plantio 0,3g de uréia por vaso e na adubação de cobertura 1,2 g de uréia por vaso. A recomendação de nitrogênio aplicado em cobertura foi de 0,7 g de N por vaso no T2.

Adubação via lodo de esgoto compostado – O cálculo das quantidades de lodo de esgoto a serem aplicadas em cada tratamento, foi baseado na quantidade de N presente na análise do resíduo orgânico. Considerando que para 100 kg de lodo na base seca tem-se 0,8 kg de N (Tabela 1), e que 30% desse N serão mineralizados no primeiro ano. As quantidades de lodo de esgoto para cada tratamento foram:

T0 – tratamento sem lodo de esgoto (dose 0);
T1 – tratamento sem lodo de esgoto (dose 0);
T2 – 392 g/vaso, dose equivalente à aproximadamente 3,1 t ha^{-1} (metade da dose de N recomendada de lodo de esgoto compostado);
T3 – 785 g/vaso, dose equivalente à aproximadamente 6,2 t ha^{-1} (100% da dose de N recomendada de lodo de esgoto compostado);
T4 – 1177,5 g/vaso, dose equivalente à aproximadamente 9,3 t ha^{-1} (150% da dose de N recomendada de lodo de esgoto compostado);

T5 – 1570 g/vaso, dose equivalente à aproximadamente 12,5 t ha^{-1} (200% da dose de N recomendada de lodo de esgoto compostado);
T6 – 1962,5 g/vaso, dose equivalente à aproximadamente 15,6 t ha^{-1} (250% da dose de N recomendada de lodo de esgoto compostado).

Adubação nos vasos – Para cada vaso retirou-se todo o solo na camada de 0-20 cm, o qual era colocado sobre uma lona plástica, e em seguida eram incorporados os adubos minerais e o lodo de esgoto compostado referentes a cada tratamento (Figura 4).



Figura 4. Adubação dos vasos.

Semeadura – Foi realizada no dia 13/09/2013 adotando-se 10 sementes por vaso. Após a emergência, procedeu-se o desbaste, aos 15 DAE deixando 5 plantas por vaso e aos 30 dias foi realizado outro desbaste deixando 2 plantas por vaso. Durante o ciclo da cultura do girassol foram realizados tratos culturais e o controle de pragas e doenças.

Tabela 2. Resultado da análise química do solo antecedendo a instalação do experimento com a cultura do girassol.

Parcela	Trat	pH $CaCl_2$	M.O. g dm^{-3}	P_{resina} mg dm^{-3}	Al^{+3}	H+Al	K	Ca	Mg	SB	CTC	V%	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
					----------		$mmol_c\ dm^{-3}$		----------				----------		$mg\ dm^{-3}$		----------	
AR	T0	6,3	22	51	0	18	0,5	35	20	56	73	76	11	0,24	0,8	23	0,9	1,6
	T1	6,2	19	50	0	17	0,5	30	12	42	59	71	12	0,2	1,1	27	1,3	8,7
	T2	6	20	76	0	21	0,5	31	10	41	62	66	17	0,27	1,6	33	1,6	15,6
	T3	6	25	107	0	18	0,3	39	10	49	67	73	25	0,26	1,9	28	1,4	23,2
	T4	6,3	22	186	0	18	0,9	49	11	61	78	77	63	0,3	2,8	35	1,9	39,1
	T5	6,3	23	168	0	17	0,6	48	10	59	75	78	37	0,39	3	36	1,9	43,7
	T6	6,3	25	172	0	18	0,7	56	9	66	84	78	43	0,37	4,2	44	2,5	56,4
AB	T0	5,9	18	16	0	22	0,3	23	15	38	60	64	16	0,14	0,7	28	0,5	3,5
	T1	6	19	18	0	22	0,3	30	18	48	69	69	8	0,14	0,5	25	0,6	2,6
	T2	6,2	20	55	0	19	0,4	42	16	58	78	75	15	0,18	1,3	28	1,2	16,1
	T3	6,2	19	80	0	19	0,5	43	13	56	75	75	20	0,28	1,9	32	1,6	23,5
	T4	6,3	20	171	0	18	0,5	57	13	71	89	79	22	0,25	2,9	35	1,9	36,3
	T5	6,3	20	168	0	19	0,5	52	11	63	82	77	26	0,23	3,4	41	2,1	47,8
	T6	6,4	20	179	0	17	0,6	60	12	72	89	81	56	0,2	4	46	2,4	53,3

*AR: água residuária; AB: água de abastecimento; Trat: tratamentos; M.O.: matéria orgânica; SB: saturação por bases; CTC: capacidade de troca de cátions; V%: percentagem de saturação por bases.

3.7 Parâmetros avaliados

3.7.1 Componentes de desenvolvimento e produção

Altura da Planta – A primeira avaliação da altura da planta foi realizada aos 28 dias após a emergência (DAE) e, em seguida, foram feitas coletas semanais até 56 DAE, utilizando uma trena de 3m. A altura da planta foi determinada do solo até ultima folha lançada durante o desenvolvimento vegetativo e do nível do solo até a inserção do capítulo na fase reprodutiva.

Diâmetro do caule – Foi feita a primeira coleta aos 28 DAE, com coletas semanais até 56 DAE. Para determinar o diâmetro (milímetros) da haste no colo da planta, foi utilizado um paquímetro.

Número de folhas – O número de folhas foi coletado aos 28 DAE até 56 DAE, com coletas semanais. Foi determinada pela contagem das folhas totalmente abertas. Todas as medidas das variáveis de desenvolvimento (Altura da planta, diâmetro da haste e número de folhas) foram determinadas numa mesma planta referente a cada tratamento.

Produtividade – Determinada pela massa de sementes presente em cada planta, expresso em g planta^{-1}.

Massa seca da parte aérea - Aos 115 DAE (maturação fisiológica) foram colhidas as duas plantas por vaso. O material colhido (folhas, haste e capítulo) foi colocado em sacos de papel, separadamente e identificado, excluindo-se as raízes. Em seguida o material foi colocado em estufa a 65º C e circulação de ar, por três dias. O material foi pesado em balança de precisão (0,001g), obtendo-se os resultados de massa seca em g vaso^{-1}.

Peso de mil sementes – Foi utilizado 8 repetições de 100 sementes por tratamento (Figura 5), foram pesadas em balanças de precisão (0,001g), seguindo os critérios estabelecidos para regras de análises de sementes (BRASIL, 1992). O resultado final foi expresso em gramas.

Teor de óleo – Foi avaliado pelo método de espectroscopia no infravermelho próximo (NIR), os espectros foram obtidos de uma única semente descascada, por esfera de integração em um equipamento NIR Thermo Scientific modelo Antaris II, cada espectro foi uma média de 16 scans com resolução 4 cm^{-1}. A análise foi realizada pela Embrapa Soja.

Rendimento de óleo - Determinado pela massa de óleo nas sementes presentes em cada planta, expresso em kg $planta^{-1}$.

3.8 Análise química de folhas e sementes

A diagnose foliar foi realizada coletando a quinta e a sexta folha abaixo do capítulo no início do florescimento em 10 plantas de todos os tratamentos e colocadas em sacos de papel e identificadas. Foi feito a lavagem do tecido vegetal de cada tratamento e mantidas em estufa com ventilação forçada de ar a 65ºC por três dias. Em etapa posterior as amostras foram moídas em moinho tipo Willey e levadas ao Laboratório de Nutrição Mineral de Plantas da FCA/UNESP – Botucatu/SP, para determinação dos elementos químicos presentes no tecido vegetal. Para análise das sementes obteve-se 10 amostras de sementes de cada tratamento, do total de amostras, foram escolhidas três ao acaso de cada tratamento.

As análises realizadas para folhas e sementes foram os teores de macro e micronutrientes (N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn e Zn), segundo metodologia descrita por Malavolta et al. (1997). E os elementos tóxicos (Al, Cd, Pb, Cr, Hg, Mo, Ni e Se) realizado por ICP-OES (Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrometry) e/ou espectrofotometria de absorção atômica - modelo AA-6800 SHIMADZU pela técnica de forno de grafite ou via chama, espectrofotometria UV/VIS (Ultra violeta/Visível), dependendo do elemento,.

3.9 Análise dos dados

Os dados (componentes de desenvolvimento, produção, análises químicas do solo, planta e sementes) foram analisados estatisticamente por meio do programa SISVAR e submetidos à análise de variância à 5% de probabilidade, sendo as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de significância. Optou-se por refazer a

análise estatística dos tratamentos que receberam somente lodo de esgoto compostado para observar o comportamento dos parâmetros estudados em função do aumento das doses de lodo de esgoto.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Desenvolvimento e componentes de produção

Nas Tabelas 3, 4 e 6, as quais apresentam médias de altura da planta, diâmetro da planta, peso de mil sementes, massa seca da parte aérea e teor de óleo, foi possível observar interação significativa entre os dois fatores estudados, exceto para número de folhas, produtividade e rendimento de óleo. E para melhor compreensão do efeito das doses de lodo de esgoto compostado, os tratamentos que receberam apenas lodo, foram ajustados ao modelo de equação polinomial de terceiro grau em função das doses de lodo aplicada (Figuras 4, 5 e 6).

Na Tabela 3 são apresentados os valores médios de altura de plantas de girassol, onde nota-se que esta característica foi influenciada pelo uso dos diferentes tipos de água (água residuária e água de abastecimento) e as diferentes fontes de adubação nitrogenada distribuídas.

As melhores respostas foram observadas aos 56 dias após a emergência (DAE), onde as plantas de girassol irrigadas com água residuária obtiveram os maiores valores nos tratamentos T4, T5 e T6 apresentando médias de 139,9, 139,8 e 139,1 cm, respectivamente. Pode-se observar que o T6 (irrigado com efluente) apresentou incremento na altura de 14,29% em relação ao mesmo tratamento (T6) irrigado com água

de abastecimento. LOBO & GRASSI FILHO (2009) avaliando o efeito da substituição da adubação com nitrogênio químico (N) com níveis equivalentes de N a partir de lodo de esgoto sobre o desenvolvimento de plantas de girassol observaram maiores médias em altura de planta nos tratamentos T4 e T5 (tratamentos iguais a esses), aos 50 dias após a emergência, corroborando com resultados verificados neste estudo.

Tabela 3. Resultados médios da altura (cm) de plantas de girassol aos 28, 35, 42, 49 e 56 dias após a emergência (DAE).

Tipos de Água	Tratamentos [(1)]						
	T0	**T1**	**T2**	**T3**	**T4**	**T5**	**T6**
Altura de Planta aos 28 DAE							
AR	28,50Aa	29,10Aa	27,40Aa	27,00Aa	28,30Aa	29,30Aa	28,00Aa
AB	22,80Bb	22,10Bb	28,30Aa	27,50Aa	30,20Aa	30,10Aa	28,10Aa
CV1(%) = 7,46; CV2(%) = 9,80; DMS1 = 0,73; DMS2 =2,57							
Altura de Planta aos 35 DAE							
AR	44,50Aa	42,20Aa	45,15Aa	44,70Aa	46,10Aa	47,20Aa	46,45Aa
AB	34,35Bb	35,15Bb	43,75Aa	43,10Aa	46,63Aa	47,25Aa	43,20Aa
CV1(%) = 9,09; CV2(%) = 11,71; DMS1 = 1,41; DMS2 = 4,87							
Altura de Planta aos 42 DAE							
AR	70,40Ab	70,95Ab	72,80Aab	71,80Aab	78,50Aab	80,20Aa	77,50Aab
AB	50,93Bb	54,65Bb	64,99Ba	69,15Aa	72,28Ba	73,05Ba	69,60Ba
CV1(%) = 9,58; CV2(%) = 9,50; DMS1 = 2,37; DMS2 = 6,29							
Altura de Planta aos 49 DAE							
AR	108,30Aab	105,70Ab	111,10Aab	109,10Aab	116,70Aab	120,80Aa	117,60Aab
AB	77,50Bc	79,70Bc	97,20Bb	104,10Aab	113,00Aa	117,90Aa	110,10Aab
CV1(%) = 14,08; CV2(%) = 8,99; DMS1 = 5,31; DMS2 = 9,08							
Altura de Planta aos 56 DAE							
AR	128,00Aab	118,30Ab	129,50Aab	129,90Aab	139,90Aa	139,80Aa	139,10Aa
AB	94,10Bc	96,40Bc	115,20Bb	124,40Aab	130,20Aa	135,10Aa	121,70Bab
CV1(%) = 12,98; CV2(%) = 7,52; DMS1 = 5,73; DMS2 = 8,88							

[(1)]T0= sem adubação nitrogenada; T1 = 111 kg ha^{-1} de uréia; T2 = 3.1 t ha^{-1} de lodo de esgoto compostado como fonte de N (plantio) + 55 kg ha^{-1} de uréia (cobertura); T3, T4, T5 e T6 refere-se à 6.2, 9.3, 12.5 e 15.6 t ha^{-1} de lodo de esgoto compostado como fonte de N, respectivamente. *AR = água residuária; AB = água de abastecimento (água potável); CV1 = coeficiente de variação da parcela; CV2 = coeficiente de variação da subparcela; DMS1 = diferença mínima significativa da parcela dentro da subparcela; DMS2 = diferença mínima significativa da subparcela dentro da parcela.**Médias seguidas de mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de tukey a 5% de probabilidade.

Na Figura 5, as curvas de altura de plantas de girassol apresentaram comportamento semelhante durante os dias 28, 42, 49 e 56 DAE. Desta forma é possível observar que o crescimento das plantas foi influenciado pelas doses de lodo, visto que, à medida que se aumentou as doses, houve um aumento em altura de plantas, porém este fato se limitou até a dose de 200%. A partir dessa dose utilizada, não houve incremento com relação ao crescimento. Esse fato pode estar relacionado ao excesso de nutrientes disponibilizados para as plantas, no solo pelos dois resíduos utilizados. KUMMER (2013),

trabalhando em condições semelhantes, observou-se que a altura de plantas de soja reduziu em função das doses de lodo. LOBO et al., (2012) também trabalhando em condições semelhantes ao deste experimento, concluíram que a dose de 150% de N proveniente do lodo de esgoto compostado proporcionou um incremento na altura de plantas de girassol.

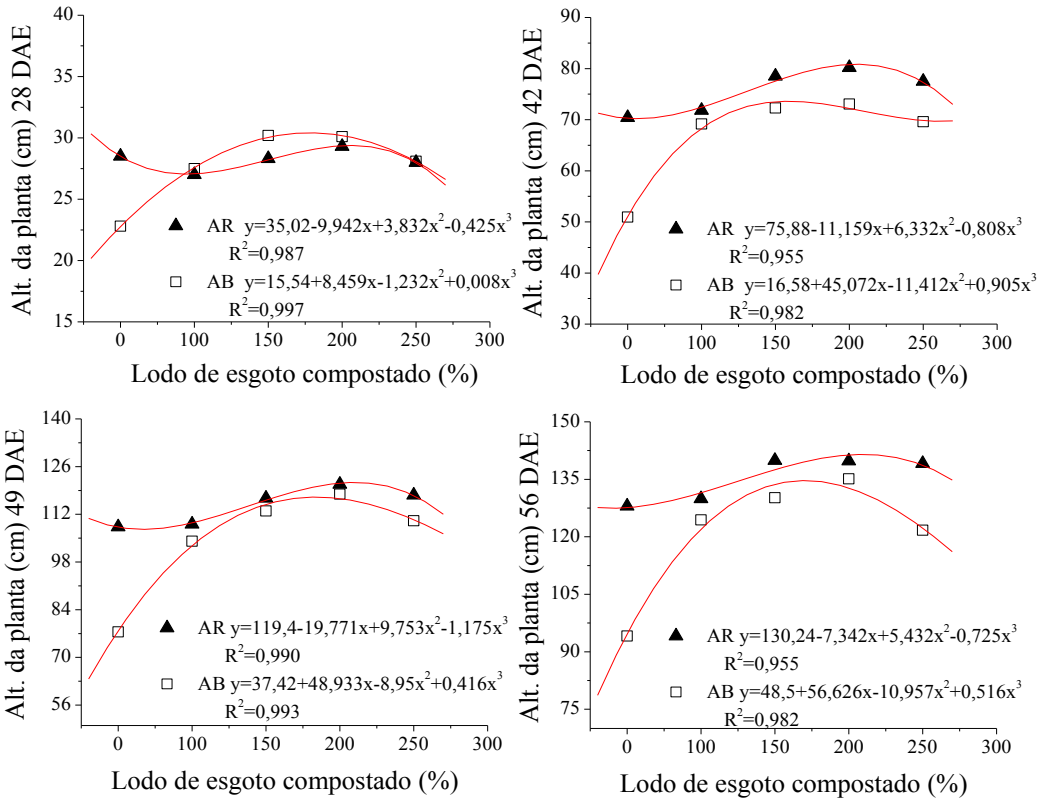


Figura 5. Altura da planta aos 28, 42, 49 e 56 dias após a emergência (DAE) em função da aplicação de 0, 100, 150, 200 e 250% de lodo de esgoto compostado, equivalente a 0 (zero), 6.2, 9.3, 12.5 e 15.6 t ha^{-1} de lodo de esgoto compostado como fonte de N, respectivamente.*AR – água residuária, AB – água de abastecimento (potável).

Em relação ao diâmetro do caule, nota-se diferença estatística significativa a partir dos 28 DAE, no uso dos dois diferentes tipos de água. A ação do efluente conjunta aos tratamentos favoreceu o aumento no diâmetro do caule, esta apresentou maiores valores aos 28, 35 e 49 DAE, quando comparada a água de abastecimento. Aos 56 DAE, o T4 da parcela irrigada com água residuária (AR) apresentou o maior diâmetro (19,15 mm), enquanto que para a água de abastecimento o T6 apresentou melhor resposta (17,56 mm), Tabela 4. No entanto, LOBO & GRASSI FILHO (2009), avaliando a mesma característica, observaram resultados superiores aos deste trabalho para todos os tratamentos nas avaliações aos 50 e 57 dias, sendo estes T1 (2,4 e 2,4 cm), T2 (2,4 e 2,6 cm), T3 (2,2 e 2,4 cm), T4 (2,3 e 2,5 cm) e T5 (2,7 e 2,8 cm).

Enquanto que neste estudo os resultados para os mesmos tratamentos, independente do tipo de água utilizada, não foram superiores a 17,40 mm (aos 49 DAE) e 19,15 mm (aos 56 DAE) (Tabela 4).

Tabela 4. Resultados médios do diâmetro do caule (mm) do colo da planta de girassol aos 28, 35, 42, 49 e 56 dias após a emergência (DAE).

Tipos de Água	Tratamentos [1]						
	T0	T1	T2	T3	T4	T5	T6
Diâmetro do caule 28 DAE							
AR	8,59Aa	9,15Aa	8,97Aa	8,80Aa	8,93Aa	9,46Aa	9,30Aa
AB	7,19Bc	7,27Bc	8,62Ab	9,14Aab	9,79Ba	9,50Aab	9,87Aa
CV1(%) = 8,91; CV2(%) = 8,93; DMS1 = 0,28; DMS2 = 0,75							
Diâmetro do caule 35 DAE							
AR	11,08Aa	11,60Aa	11,24Aa	11,44Aa	12,07Aa	12,07Aa	12,32Aa
AB	8,52Bc	8,70Ac	11,21Ab	11,44Aab	12,72Aa	12,06Aa	12,54Aab
CV1(%) = 11,12; CV2(%) = 8,56; DMS1 = 0,45; DMS2 = 0,92							
Diâmetro do caule 42 DAE							
AR	14,20Ab	14,07Ab	15,05Aab	14,71Aab	16,06Aa	15,04Aab	15,20Aab
AB	9,67Bc	11,29Bc	13,30Bb	13,71Aab	14,94Aab	15,36Aa	15,20Aa
CV1(%) = 10,68; CV2(%) = 8,83; DMS1 = 0,53; DMS2 = 1,18							
Diâmetro do caule 49 DAE							
AR	15,89Aa	15,67Aa	15,81Aa	16,57Aa	17,40Aa	17,25Aa	17,18Aa
AB	11,10Bd	13,08Bcd	14,08Bbc	15,12Aabc	15,79Aab	16,26Aa	16,12Aab
CV1(%) = 13,73; CV2(%) = 9,64; DMS1 = 0,75; DMS2 = 1,42							
Diâmetro do caule 56 DAE							
AR	16,92Ab	16,84Ab	17,39Aab	17,89Aab	19,15Aa	18,42Aab	18,85Aab
AB	12,33Bd	13,84Bcd	15,49Bbc	16,14Bab	16,61Bab	17,38Aab	17,56Aa
CV1(%) = 12,06; CV2(%) = 8,31; DMS1 = 0,71; DMS2 = 1,32							

[1]T0= sem adubação nitrogenada; T1 = 111 kg ha^{-1} de uréia; T2 = 3.1 t ha^{-1} de lodo de esgoto compostado como fonte de N (plantio) + 55 kg ha^{-1} de uréia (cobertura); T3, T4, T5 e T6 refere-se à 6.2, 9.3, 12.5 e 15.6 t ha^{-1} de lodo de esgoto compostado como fonte de N, respectivamente. * AR = água residuária; AB = água de abastecimento (água potável); CV1 = coeficiente de variação da parcela; CV2 = coeficiente de variação da subparcela; DMS1 = diferença mínima significativa da parcela dentro da subparcela; DMS2 = diferença mínima significativa da subparcela dentro da parcela.**Médias seguidas de mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de tukey a 5% de probabilidade.

Para o diâmetro do caule, na Figura 6, mostra que com o aumento das doses de lodo de esgoto em conjunto com a água residuária não houve aumento substancial das médias. Onde a dose de 150% de N via lodo de esgoto obteve o melhor desempenho. No entanto, para a água de abastecimento inicialmente houve um aumento considerável quando se aplicou 100% de lodo. Quando se aumentou as doses as médias se mantiveram próximas umas das outras. LOBO et al., (2012) trabalhando em condições semelhantes ao deste experimento, observaram que a dose de 150% de N proveniente do lodo de esgoto proporcionou incremento no diâmetro do caule de plantas de girassol.

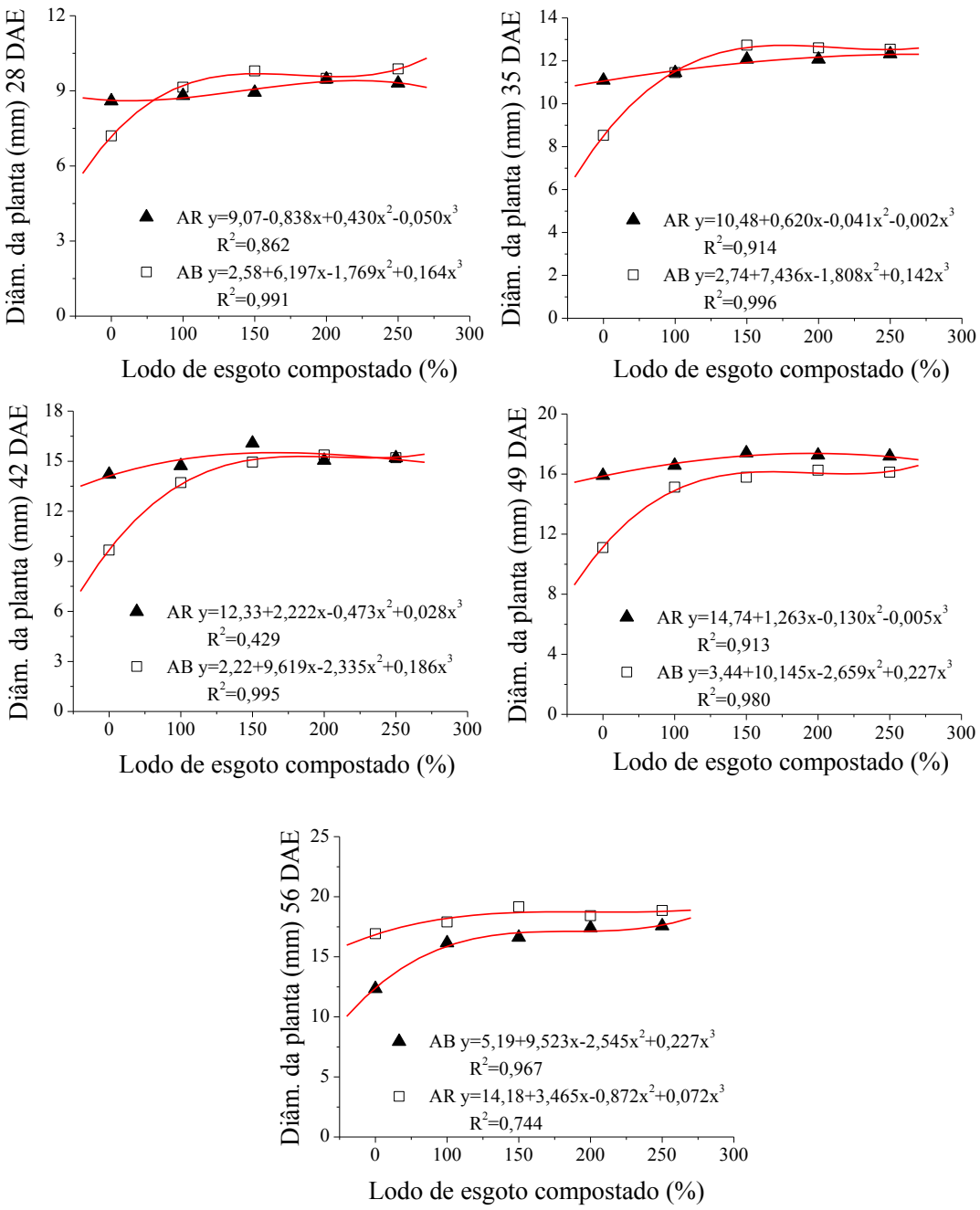


Figura 6. Diâmetro do caule aos 28, 35, 42, 49 e 56 dias após a emergência (DAE) em função da aplicação de 0, 100, 150, 200 e 250% de lodo de esgoto compostado, equivalente a 0 (zero), 6.2, 9.3, 12.5 e 15.6 t ha^{-1} de lodo de esgoto compostado como fonte de N, respectivamente.*AR – água residuária, AB – água de abastecimento (potável).

O número médio de folhas está apresentado na Tabela 5, onde se observou que não houve diferença estatística entre a água residuária, quando comparada com a água de abastecimento, exceto para os 35 dias após a emergência (DAE) em que ela apresentou maior média (17,24 folhas).

Com relação aos tratamentos, aos 28 DAE não houve diferença estatísticas. À medida que as plantas foram se desenvolvendo, pode-se observar diferença estatística entre os tratamentos. Aos 35 DAE os tratamentos T4, T5, e T6 se destacaram dos demais, apresentando médias de 17,60, 17,40 e 17,40 folhas, respectivamente.

Tabela 5. Resultados médios do número de folhas em plantas de girassol aos 28, 35, 42, 49 e 56 dias após a emergência (DAE).

Tipos de Água	Tratamentos [(1)]							
	T0	**T1**	**T2**	**T3**	**T4**	**T5**	**T6**	**Médias**
Nº de folhas 28 DAE								
AR	-	-	-	-	-	-	-	12,58A
AB	-	-	-	-	-	-	-	12,68A
Médias	12,50a	12,55a	12,80a	12,15a	12,75a	13,00a	12,70a	
CV1(%) = 6,56; CV2(%) = 8,73; DMS3 = 0,86; DMS4 = 1,43								
Nº de folhas 35 DAE								
AR	-	-	-	-	-	-	-	17,24A
AB	-	-	-	-	-	-	-	16,64B
Médias	16,85ab	16,10b	16,75ab	16,50ab	17,60a	17,40a	17,40a	
CV1(%) = 7,30; CV2(%) = 7,72; DMS3 = 1,13; DMS4 = 1,73								
Nº de folhas 42 DAE								
AR	-	-	-	-	-	-	-	22,64A
AB	-	-	-	-	-	-	-	22,64A
Médias	21,50b	22,55ab	21,75b	22,50ab	22,80ab	24,25a	23,15ab	
CV1(%) = 9,03; CV2(%) = 9,48; DMS3 = 1,87; DMS4 = 2,85								
Nº de folhas 49 DAE								
AR	-	-	-	-	-	-	-	29,50A
AB	-	-	-	-	-	-	-	29,34A
Médias	27,15b	29,05ab	29,30ab	29,80a	30,80a	30,60a	29,25ab	
CV1(%) = 8,13; CV2(%) = 8,25; DMS3 = 2,15; DMS4 = 3,24								
Nº de folhas 56 DAE								
AR	-	-	-	-	-	-	-	31,25A
AB	-	-	-	-	-	-	-	30,98A
Médias	29,55b	30,95ab	30,90ab	31,10ab	31,85ab	32,40a	31,10ab	
CV1(%) = 7,83; CV2(%) = 8,41; DMS3 = 2,25; DMS4 = 3,47								

[(1)]T0= sem adubação nitrogenada; T1 = 111 kg ha^{-1} de uréia; T2 = 3.1 t ha^{-1} de lodo de esgoto compostado como fonte de N (plantio) + 55 kg ha^{-1} de uréia (cobertura); T3, T4, T5 e T6 refere-se à 6.2, 9.3, 12.5 e 15.6 t ha^{-1} de lodo de esgoto compostado como fonte de N, respectivamente. * AR = água residuária; AB = água de abastecimento (água potável); CV1 = coeficiente de variação da parcela; CV2 = coeficiente de variação da subparcela; DMS3 = diferença mínima significativa da parcela dentro da subparcela; DMS4 = diferença mínima significativa da subparcela dentro da parcela.**Médias seguidas de mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de tukey a 5% de probabilidade.

Aos 56 DAE, as médias variaram entre 29,55 a 32,40 folhas por planta. Resultados inferiores foram observados por FREITAS et al., (2012) avaliando o crescimento vegetativo do girassol, cultivar Multissol, irrigado com diferentes lâminas de esgoto doméstico tratado e água de poço freático e adubado com diferentes doses de

nitrogênio, visto que os autores encontraram médias de número de folhas de 22,13 em plantas irrigadas com água de poço e 25,31 com água residuária, e com relação ao número de folhas por planta em função das doses nitrogenadas não houve diferença significativa.

SOUZA et al., (2010) observaram, para número de folhas do girassol irrigado com água de esgoto, valores médios de 19,33 folhas, respectivamente, quando comparados aos valores médios obtidos com a irrigação com água de poço, 15,33 folhas, sendo estes inferiores aos observados neste estudo.

A utilização do lodo de esgoto como fornecedor de nitrogênio para a planta influenciou sobre o número de folhas. Sendo que o T5, apesar de não se diferenciar do T4 e T6 aos 35 DAE, e do T3 e T4 aos 49 DAE, apresentou as maiores médias das épocas de avalição, mostrando que o uso de 200% de lodo foi o melhor para essa característica.

Na Figura 7, aos 49 DAE, a água residuária em conjunto com as doses de lodo não influenciou o número de folhas não interferindo nesta característica.

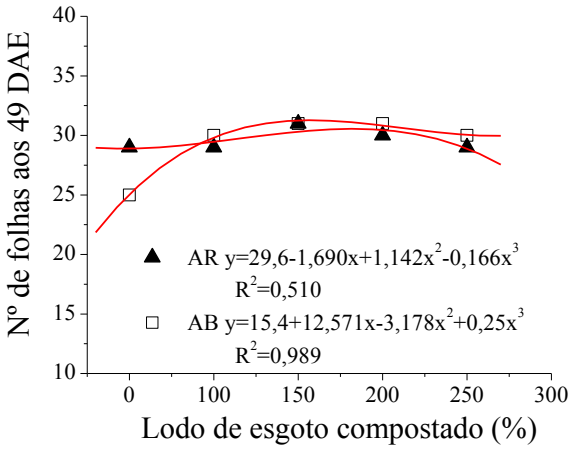


Figura 7. Número de folhas aos 49 dias após a emergência (DAE) em função da aplicação de 0, 100, 150, 200 e 250% de lodo de esgoto compostado, equivalente a 0 (zero), 6.2, 9.3, 12.5 e 15.6 t ha^{-1} de lodo de esgoto compostado como fonte de N, respectivamente.*AR – água residuária, AB – água de abastecimento (potável).

A produtividade e o rendimento de óleo de plantas girassol foram significativos para os tipos de águas e para os tratamentos. As plantas tratadas com água residuária obtiveram maior produtividade (2178,8 kg ha^{-1}), que quando comparadas a água de abastecimento (Tabela 6), estando acima da média nacional de produtividade da cultura que é em torno de 1.533 kg ha^{-1} (CONAB, 2015). Em relação aos tratamentos, a maior produtividade pode ser observada em plantas que receberam lodo de esgoto compostado como fonte de adubação nitrogenada (T3, T4, T5 e T6).

DESCHAMPS & FAVARETTO (1997) em um dos ensaios com lodo de esgoto em girassol observaram que o mesmo pode ser utilizado como fonte de adubação orgânica substituindo 100% a quantidade de N recomendada, sem prejuízos em termos de rendimento quando comparado à adubação mineral.

Nos dados produtivos, relacionados ao peso de mil sementes e da massa seca da parte aérea, as maiores médias foram constatadas nos tratamentos T4, T5, T6, quando irrigadas com água residuária.

Tabela 6. Resultados médios da produtividade, peso de mil sementes, massa seca da parte aérea (g planta^{-1}), teor de óleo e rendimento de óleo em plantas de girassol.

Tipos de Água	Tratamentos [1]							
	T0	**T1**	**T2**	**T3**	**T4**	**T5**	**T6**	**Médias**
Produtividade (kg ha^{-1})								
AR	-	-	-	-	-	-	-	2178,8A
AB	-	-	-	-	-	-	-	1094,1B
Médias	1012,9e	1047,3e	1431,4d	1759,5c	1932,6bc	2092,0ab	2179,4a	-
CV1(%) = 12,34; CV2(%) = 14,43; DMS3 = 195,66; DMS4 = 310,37								
Peso de mil sementes (g planta^{-1})								
AR	59,59Ac	58,59Ab	58,31Ab	57,99Ab	61,19Aa	60,78Aa	60,52Aa	-
AB	54,16Bc	50,20Bd	50,25Bd	53,80Bc	53,08Bc	56,22Bb	58,63Ba	-
CV1(%) = 1,25; CV2(%) = 1,01; DMS1 = 0,39; DMS2 = 0,78								
Massa seca da parte aérea (kg ha^{-1})								
AR	1869,0Ac	1963,4Abc	2213,9Aab	2180,2Aab	2359,9Aa	2403,5Aa	2409,7Aa	-
AB	728,3Be	1070,0Bd	1536,8Bc	1693,5Bbc	1894,4Bab	2028,7Ba	2064,6Ba	-
CV1(%) = 13,47; CV2(%) = 10,97; DMS1 = 90,22; DMS2 = 196,71								
Teor de óleo (%)								
AR	52,67Ab	52,67Bb	50,63Ac	49,41Ad	50,32Ac	53,53Aa	52,33Ab	-
AB	48,67Bc	53,05Aa	49,54Bb	48,28Bc	48,54Bc	48,49Bc	47,78Bd	-
CV1(%) = 0,21; CV2(%) = 0,31; DMS1 = 0,09; DMS2 = 0,29								
Rendimento de óleo (kg ha^{-1})								
AR	-	-	-	-	-	-	-	3760,8A
AB	-	-	-	-	-	-	-	1794,4B
Médias	1784,9e	1800,5e	2402,8d	2920,7c	3219,7bc	3597,3ab	3717,3a	-
CV1(%) = 3,17; CV2(%) = 8,89; DMS3 = 310,14; DMS4 = 604,13								

[1]T0= sem adubação nitrogenada; T1 = 111 kg ha^{-1} de uréia; T2 = 3.1 t ha^{-1} de lodo de esgoto compostado como fonte de N (plantio) + 55 kg ha^{-1} de uréia (cobertura); T3, T4, T5 e T6 refere-se à 6.2, 9.3, 12.5 e 15.6 t ha^{-1} de lodo de esgoto compostado como fonte de N, respectivamente. * AR = água de residuária; AB = água de abastecimento (água potável); CV1 = coeficiente de variação da parcela; CV2 = coeficiente de variação da subparcela; DMS1 = diferença mínima significativa da parcela dentro da subparcela; DMS2 = diferença mínima significativa da subparcela dentro da parcela; DMS 3 e 4 = diferença mínima significativa da parcela e subparcela, respectivamente.**Médias seguidas de mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de tukey a 5% de probabilidade.

LOBO et al., (2006) estudando doses crescentes de nitrogênio (N) na cultura do girassol, verificaram que para o peso de 1000 sementes não houve variação com as doses de N de 50, 70, 90, 110 e 130 kg ha^{-1} , para o híbrido HELIO 251.

Silva et al., (2003) observaram que o tratamento que proporcionou a substituição parcial do N (lodo + químico) no sorgo obteve a melhor resposta em produção de matéria seca, aproximadamente de 82,51 ha^{-1} , valor muito acima do padrão, que varia de 15 a 45 t ha^{-1}, onde foi atingido essa média nessa pesquisa em alguns tratamentos que receberam logo de esgoto compostado como fonte a substituição do nitrogênio.

Para o teor de óleo nas sementes o T5 irrigado com água residuária e o T1 irrigado com água de abastecimento foram os tratamentos que apresentaram as maiores porcentagens de óleo nas sementes. Embora os resultados encontrados por Smiderle et al.,(2002), foi que com o aumento das doses de N no girassol houve uma redução do teor de óleo.

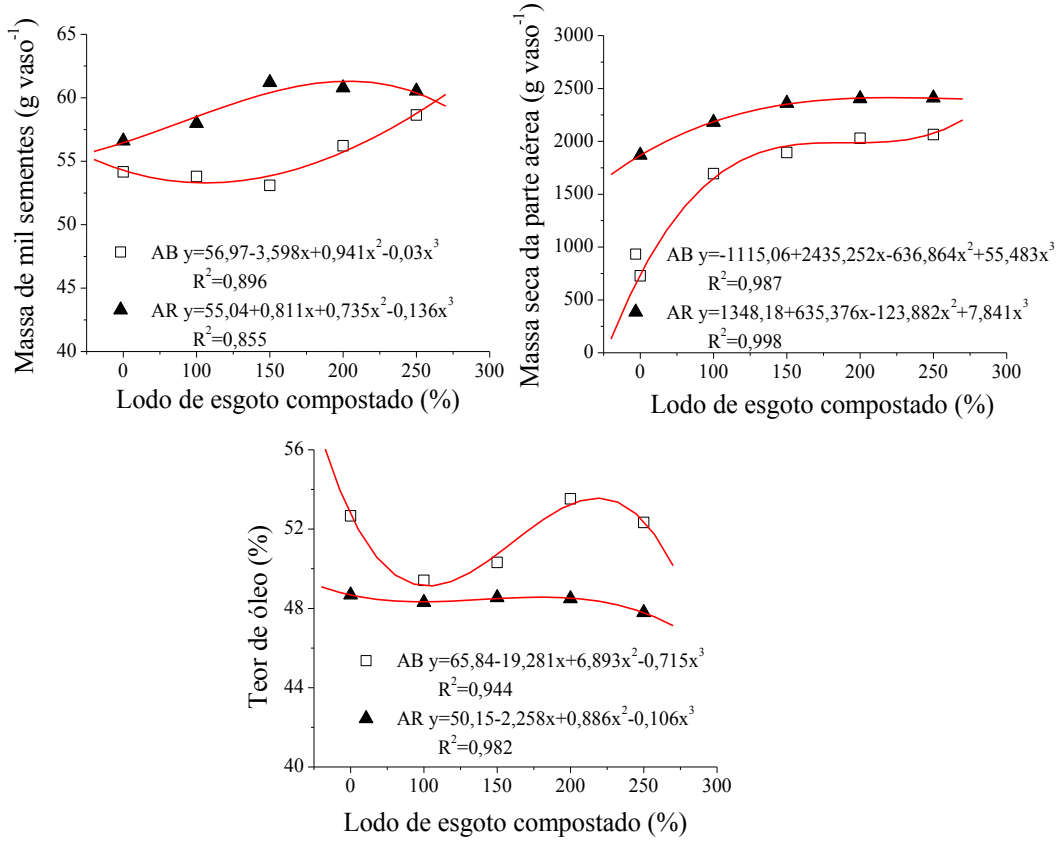


Figura 8. Peso de mil sementes, massa seca da parte aérea e teor de óleo em função da aplicação de 0, 100, 150, 200 e 250% de lodo de esgoto compostado, equivalente a 0 (zero), 6.2, 9.3, 12.5 e 15.6 t ha^{-1} de lodo de esgoto compostado como fonte de N, respectivamente.*AR – água residuária, AB – água de abastecimento (potável).

Quanto ao rendimento de óleo não houve interação significativa, porém as plantas tratadas com água residuária obtiveram maior rendimento (3760,8 kg ha^{-1}) quando comparada com a água de abastecimento. Em relação aos tratamentos, a maior

produtividade pode ser observada nos tratamentos que receberam logo de esgoto (T3, T4, T5 e T6).

As doses de lodo influenciaram os tratamentos irrigados com água residuária nas características, peso de mil sementes e massa seca da parte aérea (Figura 8), visto que apresentam uma linha de tendência exponencial, onde inicialmente é notado um aumento gradativo até a dose de 200% de lodo, logo após houve uma redução das médias das variáveis com o aumento da dose 250%.

A massa de mil sementes, em se tratando da água de abastecimento, foi decrescente até a dose de 150% de lodo, deste em diante, a medida que se aumentou as doses as médias tenderam a aumentar (Figura 8). A massa seca aumentou de acordo com o aumento das doses de lodo em conjunto com a água residuária.

As doses de lodo influenciaram na porcentagem do teor de óleo nas sementes que receberam água residuária, visto que a dose 0 e 200% de lodo, apresentaram um valor elevado para essa característica, no entanto, observa-se que não houve uma diferença entre as doses quando irrigadas com água de abastecimento. A maior média de rendimento de óleo foi a de 250%, quando as plantas foram irrigadas por água de abastecimento.

4.2 Diagnose foliar

4.2.1 Macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg e S)

Os teores médios foliares de macronutrientes encontrados em plantas de girassol são apresentados na Tabela 7. Verifica que a maioria das médias dos teores de macronutrientes não se ajustaram aos valores relatados por (OLIVEIRA, 2004), onde os teores de N, P, K, Ca, Mg e S considerados adequados para a cultura do girassol são: 30 –50 g kg^{-1} , 3 – 5 g kg^{-1}, 30 – 45 g kg^{-1}, 8 – 22 g kg^{-1}, 3 – 8 g kg^{-1}, 1,5 – 2,0 g kg^{-1}.

Os teores médios de N, P, K, Mg, Ca e S nas folhas de girassol, apresentaram diferença estatística em função dos níveis de adubação nitrogenada, fonte de fertilizante utilizada e irrigação com água de abastecimento (AB) e água residuária (AR), apresentando interação significativa entre parcela e subparcela.

Na Tabela 7, verifica-se que as concentrações de N, P, K na folha ficaram abaixo da faixa nutricional adequada para a cultura do girassol relatados por (OLIVEIRA, 2004), exceto para o T5 irrigado com água residuária que o teor de N na

interação (dose dentro da água) apresentou valor adequado, 31,63 g kg^{-1} de nitrogênio (Tabela 7).

O teor de Ca e Mg apresentou valores acima da faixa adequada para a cultura do girassol, entretanto, a concentração deste nutriente, mesmo acima do limite, não foi suficiente para afetar a produtividade ou causar qualquer sintoma visual de toxicidade. Os teores de S nos tratamentos T1, T2, T3, T4 e T5 da parcela irrigada com água de abastecimento ficaram dentro da faixa recomendada para a cultura.

Tabela 7. Teor foliar de macronutriente (N, P, K, Ca, Mg e S) em plantas de girassol.

Tipos de Água	Tratamentos [1]						
	T0	**T1**	**T2**	**T3**	**T4**	**T5**	**T6**
	Nitrogênio (g kg^{-1}) teor adequado: 30-50						
AR	20,72Af	22,58Ae	29,44Ab	27,04Ac	24,36Ad	31,63Aa	28,60Ab
AB	16,48Bab	16,64Bab	14,29Bcd	14,29Bd	17,28Ba	15,52Bbc	14,50Bcd
	CV1(%) = 2,49; CV2(%) = 2,47; DMS1 = 0,44; DMS2 = 0,95						
	Fósforo (g kg^{-1}) teor adequado: 3-5						
AR	1,84Ba	1,62Bb	1,88Ba	1,45Bc	1,46Bc	1,88Ba	1,50Bbc
AB	2,15Ab	2,13Ab	2,05Ab	2,34Aa	2,43Aa	2,13Ab	2,42Aa
	CV1(%) = 0,81; CV2(%) = 2,50; DMS1 = 0,01; DMS2 = 0,09						
	Potássio (g kg^{-1}) teor adequado 30-45						
AR	8,05Bc	7,45Bc	14,65Aa	14,75Aa	12,25Bb	14,50Aa	14,50Aa
AB	17,60Aa	10,40Ac	4,70Be	7,35Bd	13,40Ab	10,40Bc	11,60Bc
	CV1(%) = 5,14; CV2(%) = 4,45; DMS1 = 0,50; DMS2 = 0,95						
	Cálcio (g kg^{-1}) teor adequado 8-22						
AR	24,60Bd	26,60Ac	32,50Ba	27,35Bc	32,25Ba	31,50Ba	30,25Bb
AB	28,25Af	23,30Bg	45,25Ac	46,50Ab	37,60Ad	34,50Ae	48,25Aa
	CV1(%) = 0,88; CV2(%) = 1,42; DMS1 = 0,25; DMS2 = 0,88						
	Magnésio (g kg^{-1}) teor adequado 3-8						
AR	15,60Be	25,85Aa	16,90Bd	23,55Bb	26,60Aa	20,40Ac	20,50Bc
AB	17,40Ae	19,90Bc	25,10Aab	26,00Aa	19,70Bcd	18,95Bd	24,35Ab
	CV1(%) = 1,62; CV2(%) = 1,62; DMS1 = 0,29; DMS2 = 0,64						
	Enxofre (g kg^{-1}) teor adequado 1,5 - 2						
AR	1,90Be	2,19Ad	2,45Abc	2,67Aab	2,62Aab	2,32Acd	2,83Aa
AB	2,12Aa	1,84Bb	1,78Bb	1,73Bb	1,87Bb	1,74Bb	2,15Ba
	CV1(%) = 3,82; CV2(%) = 4,11; DMS1 = 0,07; DMS2 = 0,16						

[1]T0= sem adubação nitrogenada; T1 = 111 kg ha^{-1} de uréia; T2 = 3.1 t ha^{-1} de lodo de esgoto compostado como fonte de N (plantio) + 55 kg ha^{-1} de uréia (cobertura); T3, T4, T5 e T6 refere-se à 6.2, 9.3, 12.5 e 15.6 t ha^{-1} de lodo de esgoto compostado como fonte de N, respectivamente. * AR = água residuária; AB = água de abastecimento (água potável); CV1 = coeficiente de variação da parcela; CV2 = coeficiente de variação da subparcela; DMS1 = diferença mínima significativa da parcela dentro da subparcela; DMS2 = diferença mínima significativa da subparcela dentro da parcela.**Médias seguidas de mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de tukey a 5% de probabilidade.

De forma geral, todos os tratamentos irrigados com água residuária apresentaram aumento no teor de N nas folhas de girassol (mesmo ficando abaixo da faixa

estabelecida para a cultura) em comparação aos tratamentos irrigados com água de abastecimento.

Esses resultados encontrados no teor de N não se assemelham aos encontrados por Lobo (2010), que estudando as culturas de trigo e triticale, encontrou teores foliares elevados de N em função do uso de lodo de esgoto.

Comparando os resultados obtidos com o de Lobo & Grassi Filho, (2009), trabalhando com lodo de esgoto na cultura girassol e os tratamentos parecidos aos descritos com esse trabalho, os teores foliares de todos os macronutrientes apresentaram-se mais altos que os encontrados neste trabalho, exceto para Ca e Mg onde os valores menores.

Quando comparadas as doses de lodo as concentrações de N, P e K nas folhas foram abaixo do recomendado para a cultura, exceto para a dose de 200% de logo de esgoto compostado irrigada com água residuária que atingiu a faixa ideal de N para a cultura (Figura 9).

Lobo (2010), concluiu que não houve relação significativa entre os teores P encontrados em folhas do triticale e também observou acúmulo linear crescente de N em folhas em função do aumento das doses de lodo. Kummer (2013) concluiu que não houve relação significativa entre os teores de K na cultura do trigo.

Os teores foliares de Ca e Mg encontrados foram elevados em todos os tratamentos, porém esses níveis elevados, não foi suficiente para afetar a cultura. Resultados diferentes encontrados por Lobo & Grassi Filho, (2009) que encontraram níveis adequados de Ca e Mg na cultura do girassol utilizando lodo de esgoto compostado com tratamentos parecidos com o desse estudo.

O enxofre teve sua maior concentração na dose 250% quando se utilizou a água residuária, porém esse nível atingido com a dose máxima está acima do teor permitido para a cultura. As doses 100%, 150% e 200% em conjunto com a água de abastecimento atingiram os teores de enxofre recomendado para a cultura.

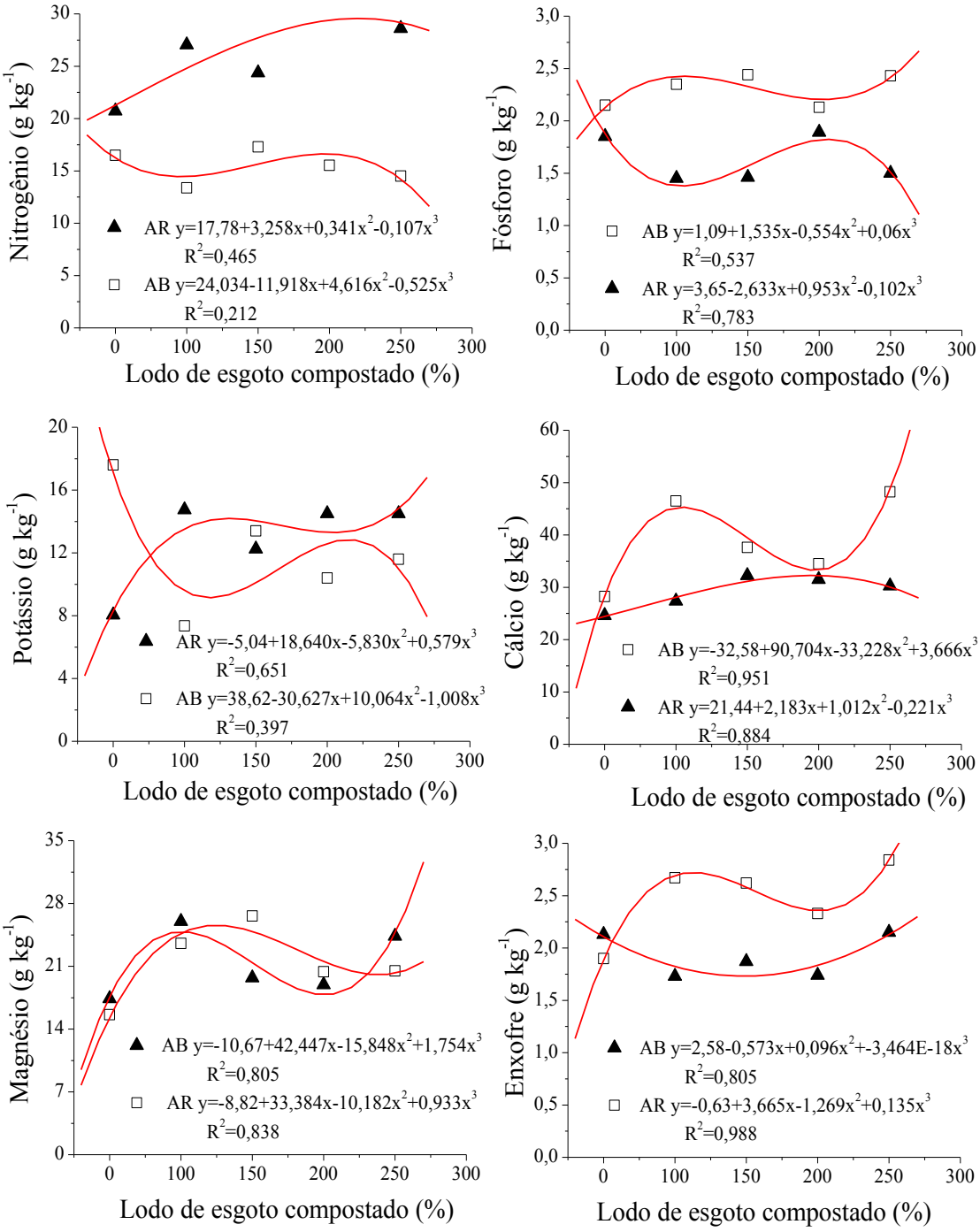


Figura 9. Teor foliar de macronutriente (N, P, K, Ca, Mg e S) em função da aplicação de 0, 100, 150, 200 e 250% de lodo de esgoto compostado, equivalente a 0 (zero), 6.2, 9.3, 12.5 e 15.6 t ha^{-1} de lodo de esgoto compostado como fonte de N, respectivamente.*AR – água residuária, AB – água de abastecimento (potável).

4.2.2 Micronutrientes (B, Cu, Fe, Mn e Zn)

Os teores foliares de B, Cu, Fe, Mn, Zn, considerados adequados para a cultura do girassol são respectivamente 35 – 80 mg kg^{-1}, 25 - 100 mg kg^{-1}, 80 – 120 mg kg^{-1}, 10 – 20 mg kg^{-1}, 30 – 80 mg kg^{-1} (OLIVEIRA, 2004).

A concentração do micronutriente B em quase todos os tratamentos ficaram dentro da faixa adequada, exceto para o T1 da parcela irrigada com água de abastecimento que ficou abaixo do teor recomendado (Tabela 8).

O teor foliar de Cu nos tratamentos T2, T3, T4, T5 e T6 da parcela irrigada com água residuária ficaram dentro da faixa adequada. Na parcela irrigada com água de abastecimento os tratamentos que atingiram a faixa adequada para a cultura foram os T2, T3, T5 e T6.

Tabela 8. Teor foliar de micronutrientes (B, Cu, Fe, Mn e Zn) em plantas de girassol.

Tipos de Água	Tratamentos [1]						
	T0	**T1**	**T2**	**T3**	**T4**	**T5**	**T6**
	Boro (mg kg^{-1}) teor adequado 35-80						
AR	51,85Aa	35,93Ae	46,31Ac	48,63Ab	46,60Bc	40,59Bd	48,25Bb
AB	47,47Bd	31,37Bf	42,34Be	45,63Bd	70,61Ab	69,24Ab	74,46Aa
	CV1(%) = 2,10; CV2(%) = 0,82; DMS1 = 0,89; DMS2 = 0,76						
	Cobre (mg kg^{-1}) teor adequado 25-100						
AR	11,50Bd	10,50Bd	34,50Aa	29,50Ab	34,50Aa	30,50Ab	25,50Ac
AB	18,50Ac	13,50Ad	25,50Ba	25,50Ba	20,50Bb	25,00Ba	24,50Ba
	CV1(%) = 1,27; CV2(%) = 2,15; DMS1 = 0,25; DMS2 = 0,93						
	Ferro (mg kg^{-1}) teor adequado 80-120						
AR	265,50Aa	190,50Ad	166,50Be	215,50Bc	245,50Bb	190,50Bd	141,00Bf
AB	188,50Bf	105,50Bg	194,50Ae	237,50Ad	310,50Ac	352,50Aa	331,00Ab
	CV1(%) = 0,49; CV2(%) = 0,21; DMS1 = 0,94; DMS2 = 0,85						
	Manganês (mg kg^{-1}) teor adequado 10-20						
AR	21,50Ag	34,50Af	166,50Aa	42,50Ae	62,50Ab	45,50Ad	47,50Bc
AB	26,50Be	20,50Bf	154,50Ba	27,50Be	40,50Bc	29,50Bd	51,50Ab
	CV1(%) = 0,28; CV2(%) = 0,78; DMS1 = 0,16; DMS2 = 0,99						
	Zinco (mg kg^{-1}) teor adequado 30-80						
AR	25,50Bg	48,50Af	373,50Aa	148,50Ae	171,00Ad	181,00Ac	185,00Ab
AB	45,50Af	24,50Bg	325,00Ba	75,50Be	111,50Bc	90,50Bd	135,50Bb
	CV1(%) = 0,82; CV2(%) = 0,41; DMS1 = 0,97; DMS2 = 1,06						

[1]T0= sem adubação nitrogenada; T1 = 111 kg ha^{-1} de uréia; T2 = 3.1 t ha^{-1} de lodo de esgoto compostado como fonte de N (plantio) + 55 kg ha^{-1} de uréia (cobertura); T3, T4, T5 e T6 refere-se à 6.2, 9.3, 12.5 e 15.6 t ha^{-1} de lodo de esgoto compostado como fonte de N, respectivamente. * AR = água residuária; AB = água de abastecimento (água potável); CV1 = coeficiente de variação da parcela; CV2 = coeficiente de variação da subparcela; DMS1 = diferença mínima significativa da parcela dentro da subparcela; DMS2 = diferença mínima significativa da subparcela dentro da parcela.**Médias seguidas de mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de tukey a 5% de probabilidade.

Os teores de Fe foram acima do limite da faixa permitido, exceto para o tratamento T1 irrigado com água de abastecimento que atingiu a faixa adequada para cultura.

O teor de Mn foi elevado em todos os tratamentos, os teores ficaram acima do recomendado.

As concentrações do teor foliar de Zn foram muito elevadas em quase todos os tratamentos, exceto o T0 da parcela irrigado com água residuária e o T1 da parcela irrigada com água de abastecimento que atingiram os níveis adequados estabelecidos.

A aplicação do lodo de esgoto compostado em conjunto com os dos dois tipos de água promoveu aumento de B nas folhas ficando os níveis do elemento adequado para a cultura (Figura 10).

A concentração de Cu nas folhas variou entre as doses estudadas ficando dentro da faixa estabelecida, exceto para a dose 0% das duas parcelas que receberam a os dois diferentes tipos de água (água residuária e água de abastecimento) e 150% da parcela irrigada com água de abastecimento que ficaram abaixo do recomendado para a cultura.

As concentrações de Fe nas folhas foram influenciados pela aplicação do lodo de esgoto, pois houve aumento da disponibilidade do teor de Fe com o aumento da dose de lodo de esgoto compostado. Todos os teores médios observados estavam acima do recomendado para o girassol.

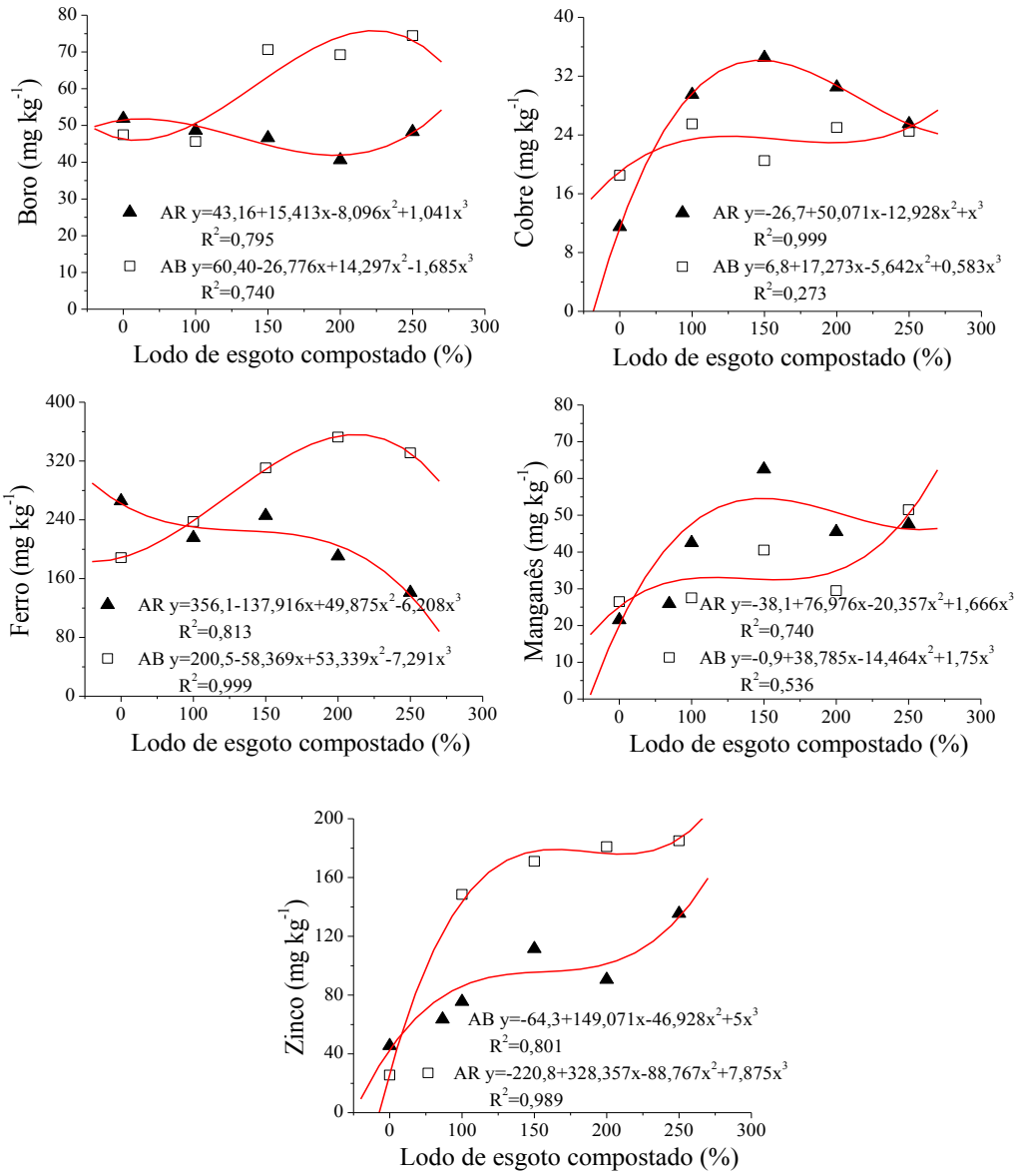


Figura 10. Teor foliar de micronutrientes (B, Cu, Fe, Mn e Zn) em função da aplicação de 0, 100, 150, 200 e 250% de lodo de esgoto compostado, equivalente a 0 (zero), 6.2, 9.3, 12.5 e 15.6 t ha^{-1} de lodo de esgoto compostado como fonte de N, respectivamente.*AR – água residuária, AB – água de abastecimento (potável).

Os teores foliares de Mn foram acima do limite permitido, a aplicação do lodo de esgoto promoveu aumento do teor de Mn nas plantas de girassol. O teor de Zn foi influenciado pela aplicação do lodo de esgoto, observa-se que nas parcelas nas quais não foi aplicado o resíduo, os teores de zinco na dose 0% foram menores.

4.2.3 Metais pesados (Al, Cr, Mo, Ni)

O cromo obteve seus maiores teores quando as plantas de girassol foram cultivadas na parcela irrigada com água de abastecimento, os tratamentos T1, T2, T3, T5 e T6 tiveram níveis acima do recomendado, e ficaram fora da faixa recomendada (Tabela 9). Na parcela irrigada com água residuária o T0 apresentou níveis elevados do metal, situando-se fora da faixa aceitável.

Tabela 9. Teor foliar de metais pesados (Al, Cr, Mo, Ni e Na) em plantas de girassol.

Tipos de Água	Tratamentos (1)						
	T0	T1	T2	T3	T4	T5	T6
Alumínio (mg planta^{-1}) teor adequado < 300mg kg^{-1}							
AR	278,15Aa	171,23Ad	155,71Be	214,55Bb	280,75Aa	101,31Bc	150,43Be
AB	206,95Bd	88,25Bf	184,50Ae	235,75Ac	204,75Bd	362,55Aa	332,95Ab
CV1(%) = 3,07; CV2(%) = 1,84; DMS1 = 5749,73; DMS2 = 7442,95							
Crômo (mg planta^{-1})							
AR	1,04Aa	0,81Bb	0,57Bd	0,69Bc	0,87Bb	0,59Bd	0,44Be
AB	0,80Bf	1,13Ad	1,28Ac	1,31Ac	0,90Ae	1,45Ab	1,75Aa
CV1(%) = 4,67; CV2(%) = 3,40; DMS1 = 39,18; DMS2 = 61,67							
Molibdênio (mg planta^{-1})							
AR	0,21Bg	0,68Ae	0,39Af	2,56Ab	1,61Ad	2,25Ac	2,71Aa
AB	0,40Ade	0,43Bd	0,31Be	1,10Bc	1,44Bb	2,04Ba	2,11Ba
CV1(%) = 4,47; CV2(%) = 2,97; DMS1 = 50,14; DMS2 = 71,94							
Níquel (mg planta^{-1})							
AR	0,60Ab	0,43Bd	0,72Ba	0,40Be	0,46Bc	0,34Bf	0,32Bg
AB	0,51Bf	0,62Ae	0,93Aa	0,75Ad	0,48Ag	0,83Ac	0,88Ab
CV1(%) = 0,11; CV2(%) = 0,09; DMS1 = 0,55; DMS2 = 0,99							

(1)T0= sem adubação nitrogenada; T1 = 111 kg ha^{-1} de uréia; T2 = 3.1 t ha^{-1} de lodo de esgoto compostado como fonte de N (plantio) + 55 kg ha^{-1} de uréia (cobertura); T3, T4, T5 e T6 refere-se à 6.2, 9.3, 12.5 e 15.6 t ha^{-1} de lodo de esgoto compostado como fonte de N, respectivamente. * AR = água residuária; AB = água de abastecimento (água potável); CV1 = coeficiente de variação da parcela; CV2 = coeficiente de variação da subparcela; DMS1 = diferença mínima significativa da parcela dentro da subparcela; DMS2 = diferença mínima significativa da subparcela dentro da parcela; DMS 3 e 4 = diferença mínima significativa da parcela e subparcela, respectivamente.**Médias seguidas de mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de tukey a 5% de probabilidade.

Quando ao Mo, não foram encontrados valores de referência que pudessem ser comparados com os obtidos nesse trabalho. As concentrações do Ni, em todos os tratamentos, ficaram dentro da faixa nutricional adequada para a cultura.

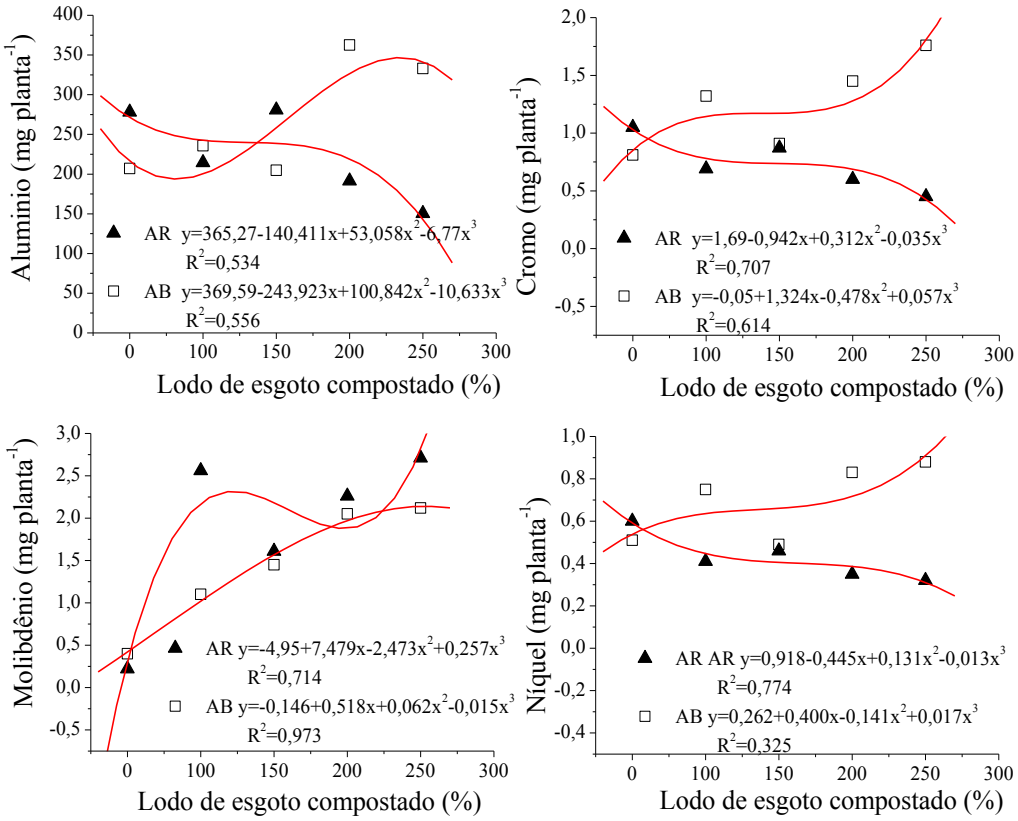


Figura 11. Teor foliar de metais pesados (Al, Cr, Mo, Ni) em função da aplicação de 0, 100, 150, 200 e 250% de lodo de esgoto compostado, equivalente a 0 (zero), 6.2, 9.3, 12.5 e 15.6 t ha^{-1} de lodo de esgoto compostado como fonte de N, respectivamente.*AR – água residuária, AB – água de abastecimento (potável).

Além dos metais apresentados na Tabela 9, foram analisados os teores de cádmio (Cd), chumbo (Pb), mercúrio (Hg) e selênio (Se), os quais não puderam ser determinados, porque suas concentrações estavam abaixo do limite de detecção (APÊNDICE).

4.3 Acúmulo de nutrientes e metais pesados nas sementes

4.3.1 Macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg, S)

Na Tabela 10, Observa-se que houve interação entre parcela e subparcela para N, P, K, Mg e S, exceto para o Ca que não houve diferença estatística.

As concentrações de N nas sementes foram maiores no T6 da parcela irrigada com água de abastecimento e o T1 da parcela irrigada com efluente. O teor P apresentou a maior concentração nas sementes no T1 utilizando água residuária, e na parcela com água de abastecimento os T0 e T6 se destacaram dos demais.

O acumulo de potássio nas sementes foi observado em maiores quantidade no T4 e T5 da parcela com efluente e o T0 da parcela com água de abastecimento (Tabela 10).

Tabela 10. Acúmulos de macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg e S) nas sementes de girassol.

Tipos de Água	Tratamentos [(1)]							
	T0	**T1**	**T2**	**T3**	**T4**	**T5**	**T6**	**Médias**
				Nitrogênio (g kg^{-1})				
AR	25,25Bb	30,34Aa	18,41Bd	21,93Bc	17,28Bd	18,04Bd	17,36Bd	-
AB	28,53Ab	27,79Bbc	27,75Abc	26,38Ac	28,63Ab	29,06Ab	32,41Aa	-
	CV1(%) = 3,65; CV2(%) = 2,12; DMS1 = 0,77; DMS2 = 0,97							
				Fósforo (g kg^{-1})				
AR	6,36Abc	8,91Aa	6,37Abc	6,02Ae	6,44Ab	6,25Acd	6,18Ade	-
AB	6,04Ba	4,87Bd	4,49Be	5,12Bc	5,20Bbc	5,33Bb	5,87Ba	-
	CV1(%) = 0,38; CV2(%) = 1,21; DMS1 = 0,01; DMS2 = 0,13							
				Potássio (g kg^{-1})				
AR	10,00Bab	9,25Aab	9,95Aab	8,70Ab	10,40Aa	10,10Aa	9,75Aab	-
AB	10,75Aa	7,60Bc	8,80Bbc	9,10Ab	9,00Bb	8,80Bbc	9,05Ab	-
	CV1(%) = 3,53; CV2(%) = 5,99; DMS1 = 0,28; DMS2 = 1,04							
				Cálcio (g kg^{-1})				
AR	-	-	-	-	-	-	-	2,39A
AB	-	-	-	-	-	-	-	2,07A
Médias	2,37a	2,32ab	2,30abc	2,20abc	2,15bc	2,17bc	2,12c	
	CV1(%) = 33,53; CV2(%) = 4,77; DMS3 = 1,21; DMS4 = 1,09							
				Magnésio (g kg^{-1})				
AR	3,25Bcd	4,35Aa	3,40Ab	3,15Ad	3,30Abc	3,30Abc	3,25Acd	-
AB	3,45Aa	2,85Bc	2,80Bc	2,80Bc	2,80Bc	2,90Bc	3,15Bb	-
	CV1(%) = 0,42; CV2(%) = 1,74; DMS1 = 0,01; DMS2 = 0,10							
				Enxofre (g kg^{-1})				
AR	1,69Aa	1,70Aa	1,58Ab	1,66Aa	1,41Bc	1,32Bd	1,43Bc	-
AB	1,48Bc	1,41Bc	1,59Ab	1,61Bab	1,65Aab	1,66Aa	1,62Aab	-
	CV1(%) = 1,74; CV2(%) = 1,88; DMS1 = 0,02; DMS2 = 0,05							

[(1)]T0= sem adubação nitrogenada; T1 = 111 kg ha^{-1} de uréia; T2 = 3.1 t ha^{-1} de lodo de esgoto compostado como fonte de N (plantio) + 55 kg ha^{-1} de uréia (cobertura); T3, T4, T5 e T6 refere-se à 6.2, 9.3, 12.5 e 15.6 t ha^{-1} de lodo de esgoto compostado como fonte de N, respectivamente. *AR = água residuária; AB = água de abastecimento (água potável); CV1 = coeficiente de variação da parcela; CV2 = coeficiente de variação da subparcela; DMS1 = diferença mínima significativa da parcela dentro da subparcela; DMS2 = diferença mínima significativa da subparcela dentro da parcela, DMS 3 e 4 = diferença mínima significativa da parcela e subparcela, respectivamente.**Médias seguidas de mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de tukey a 5% de probabilidade.

Para o Ca observa-se que interação entre parcela e subparcela, e o melhor tratamento foi o T0 (testemunha). Foi observado que os teores de Mg e S foram maiores no T1 da parcela irrigada com efluente. Os maiores acúmulos de macronutrientes foram observados quando foi utilizados as maiores doses de lodo de esgoto em conjunto com a água de abastecimento (Figura 12).

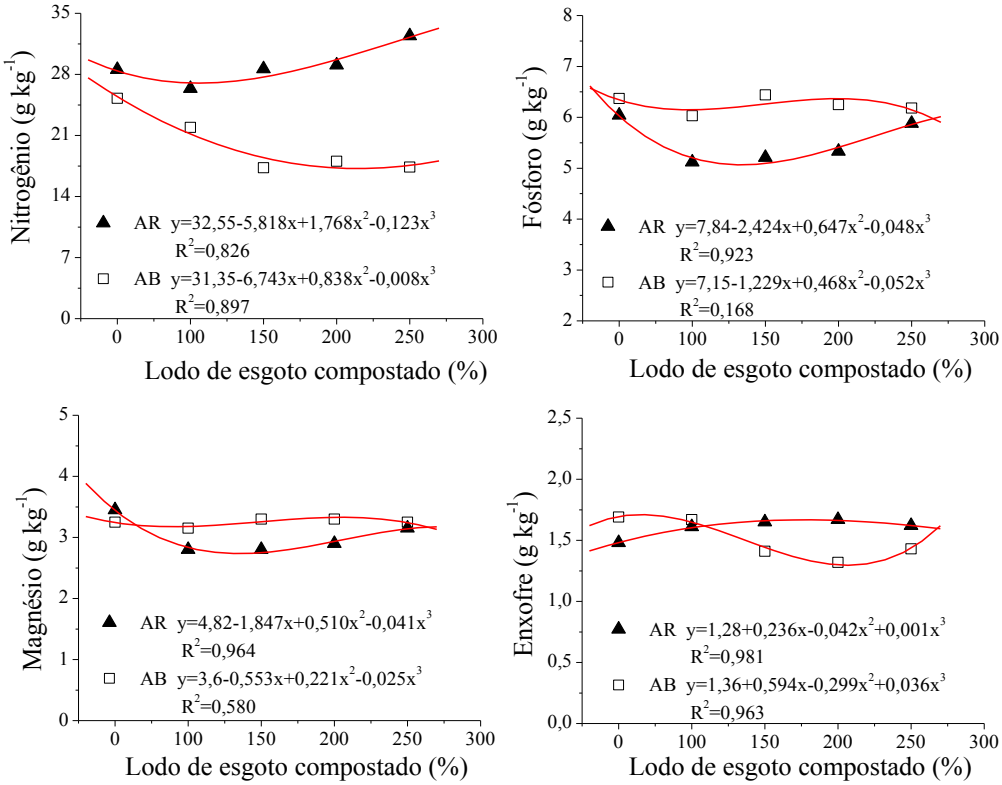


Figura 12. Acúmulos de macronutrientes (N, P, Mg e S) nas sementes em função da aplicação de 0, 100, 150, 200 e 250% de lodo de esgoto compostado, equivalente a 0 (zero), 6.2, 9.3, 12.5 e 15.6 t ha^{-1} de lodo de esgoto compostado como fonte de N, respectivamente.*AR – água residuária, AB – água de abastecimento (potável).

4.3.2 Micronutrientes (B, Cu, Fe, Mn, Zn)

Ao se tratar do acumulo de micronutrientes nas sementes de girassol, pode-se observar na Tabela 11, que o boro, obteve suas maiores concentrações quando as plantas foram irrigadas com água residuária nos tratamentos T1 e T3, não diferindo estatisticamente entre si. Porém não foi encontrado na literatura valores de referência de B, Cu e Fe nas sementes de girassol.

O teor de zinco apresentou níveis de concentração acima do permitido em todos os tratamentos tanto com o uso de água de abastecimento quanto ao uso do efluente tratado.

Tabela 11. Acúmulos de micronutrientes (B, Cu, Fe, Mn e Zn) nas sementes de girassol.

Tipos de Água	Tratamentos [1]						
	T0	**T1**	**T2**	**T3**	**T4**	**T5**	**T6**
	Boro (mg kg^{-1})						
AR	12,50Ad	15,25Aa	12,00Bcd	15,25Aa	13,91Abc	14,75Aab	14,75Aab
AB	12,33Acd	11,75Bd	12,00Ad	13,41Bbc	14,00Ab	15,58Aa	13,25Bbc
CV1(%) = 5,59; CV2(%) = 2,56; DMS1 = 0,65; DMS2 = 0,65							
	Cobre (mg kg^{-1})						
AR	21,50Ab	26,50Aa	20,50Abc	20,00Bc	18,50Bd	17,50Bd	18,00Bd
AB	17,00Bc	18,50Bb	19,50Ab	22,00Aa	22,00Aa	21,50Aa	22,00Aa
CV1(%) = 3,35; CV2(%) = 1,47; DMS1 = 0,58; DMS2 = 0,55							
	Ferro (mg kg^{-1})						
AR	78,50Ab	85,00Aa	63,50Bd	66,50Bc	54,50Bf	50,50Bg	58,50Be
AB	52,50Bg	54,50Bf	66,00Ac	70,50Aa	68,50Ab	58,50Ae	62,50Ad
CV1(%) = 0,59; CV2(%) = 0,75; DMS1 = 0,32; DMS2 = 0,88							
	Manganês (mg kg^{-1}) teor adequado: 15 e 18 mg						
AR	20,50Ab	32,50Aa	15,50Bc	15,00Bc	14,00Bd	14,00Bd	13,50Bd
AB	15,00Bd	20,50Ba	18,00Ab	18,00Ab	18,50Ab	16,50Ac	18,00Ab
CV1(%) = 1,68; CV2(%) = 2,03; DMS1 = 0,25; DMS2 = 0,67							
	Zinco (mg kg^{-1}) teor adequado: 50 mg						
AR	58,50Af	131,50Aa	81,50Bd	78,50Be	84,00Bc	84,00Bc	88,50Bb
AB	45,50Bg	86,00Bf	101,00Ae	110,50Ad	123,50Ac	125,00Ab	133,50Aa
CV1(%) = 0,51; CV2(%) = 0,41; DMS1 = 0,41; DMS2 = 0,71							

[1]T0= sem adubação nitrogenada; T1 = 111 kg ha^{-1} de uréia; T2 = 3.1 t ha^{-1} de lodo de esgoto compostado como fonte de N (plantio) + 55 kg ha^{-1} de uréia (cobertura); T3, T4, T5 e T6 refere-se à 6.2, 9.3, 12.5 e 15.6 t ha^{-1} de lodo de esgoto compostado como fonte de N, respectivamente. * AR = água residuária; AB = água de abastecimento (água potável); CV1 = coeficiente de variação da parcela; CV2 = coeficiente de variação da subparcela; DMS1 = diferença mínima significativa da parcela dentro da subparcela; DMS2 = diferença mínima significativa da subparcela dentro da parcela.**Médias seguidas de mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de tukey a 5% de probabilidade.

O comportamento dessas variáveis em função somente do lodo de esgoto, visto que apresentam uma linha de tendência exponencial, onde inicialmente é notado um aumento gradativo do teor de B até a dose de 200% de lodo, logo após houve uma redução das médias das variáveis com o aumento da dose. Para as demais variáveis houve uma redução no teor com o aumento da dose (Figura 13).

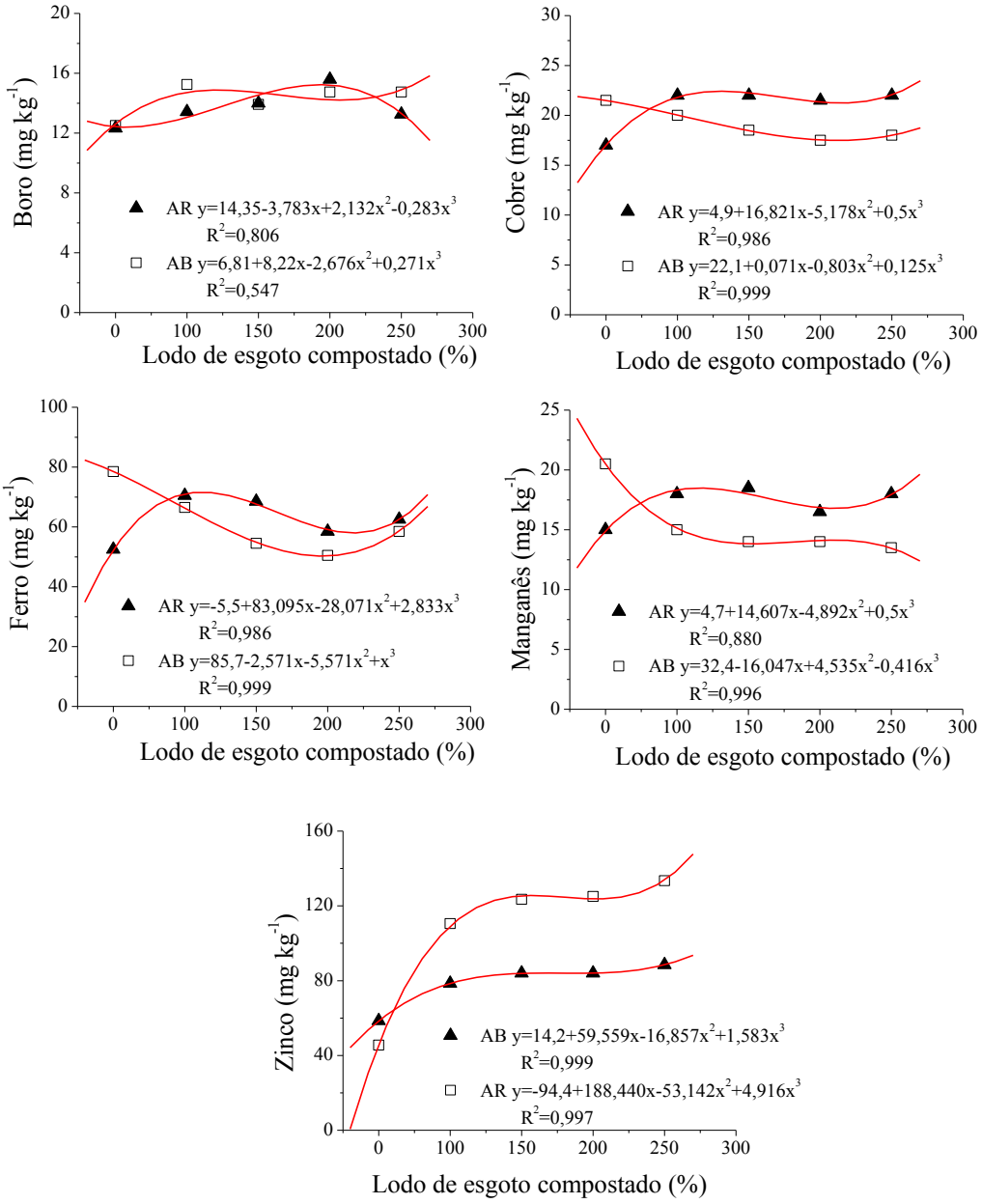


Figura 13. Acúmulos de micronutrientes (B, Cu, Fe, Mn e Zn) nas sementes em função da aplicação de 0, 100, 150, 200 e 250% de lodo de esgoto compostado, equivalente a 0 (zero), 6.2, 9.3, 12.5 e 15.6 t ha^{-1} de lodo de esgoto compostado como fonte de N, respectivamente.*AR – água residuária, AB – água de abastecimento (potável).

4.3.3 Metais pesados (Cr, Mo e Ni)

Os maiores teores de Cr foram observados no T0 irrigado com água resíduária e no T2 irrigado com efluente (Tabela 12).

Tabela 12. Acúmulos de metais pesados (Cr, Mo, Ni) nas sementes de girassol.

Tipos de Água	Tratamentos (1)						
	T0	T1	T2	T3	T4	T5	T6
	Cromo (mg kg^{-1})						
AR	4,04Aa	2,57Ad	3,50Ab	3,28Ac	2,42Ad	2,22Ae	3,63Ab
AB	2,42Bc	1,22Be	3,31Aa	3,09Ab	2,52Ac	1,86Bd	1,86Bd
CV1(%) = 4,90; CV2(%) = 1,14; DMS1 = 113,97; DMS2 = 57,19							
	Molibdênio (mg kg^{-1})						
AR	0,27Bg	0,31Bf	0,43Be	0,52Bd	0,89Ac	1,04Aa	1,00Ab
AB	0,43Af	0,42Ag	0,52Ae	0,53Ad	0,82Bc	0,87Bb	0,96Ba
CV1(%) = 0,13; CV2(%) = 0,07; DMS1 = 0,75; DMS2 = 0,89							
	Níquel (mg kg^{-1})						
AR	2,15Ad	2,44Abc	2,68Aa	2,38Bc	1,82Be	2,06Ad	2,58Aab
AB	1,45Be	1,40Be	2,70Aa	2,73Aa	2,31Ab	1,90Bc	1,74Bd
CV1(%) = 3,65; CV2(%) = 2,45; DMS1 = 68,06; DMS2 = 98,97							

(1)T0= sem adubação nitrogenada; T1 = 111 kg ha^{-1} de uréia; T2 = 3.1 t ha^{-1} de lodo de esgoto compostado como fonte de N (plantio) + 55 kg ha^{-1} de uréia (cobertura); T3, T4, T5 e T6 refere-se à 6.2, 9.3, 12.5 e 15.6 t ha^{-1} de lodo de esgoto compostado como fonte de N, respectivamente. * AR = água residuária; AB = água de abastecimento (água potável); CV1 = coeficiente de variação da parcela; CV2 = coeficiente de variação da subparcela; DMS1 = diferença mínima significativa da parcela dentro da subparcela; DMS2 = diferença mínima significativa da subparcela dentro da parcela.**Médias seguidas de mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de tukey a 5% de probabilidade.

Os maiores valores de Mo foi observado no T5 irrigado com água residuária e no T6 irrigado com efluente de esgoto tratado.

Os maiores teores de Ni foi observado no T2 e T3 e quando irrigado com água de abastecimento. Na parcela irrigada com água residuaria o T2 se destacou dos demais.

Pode-se observar que as maiores doses de lodo proporcionaram uma redução do teor de Cr quando irrigada com água de abastecimento (Figura 14). Para o Mo as maiores doses de lodo proporcionaram um aumento no teor das sementes. O teor de Ni foi maior até a dose de 100%, depois houve um decréscimo nos níveis.

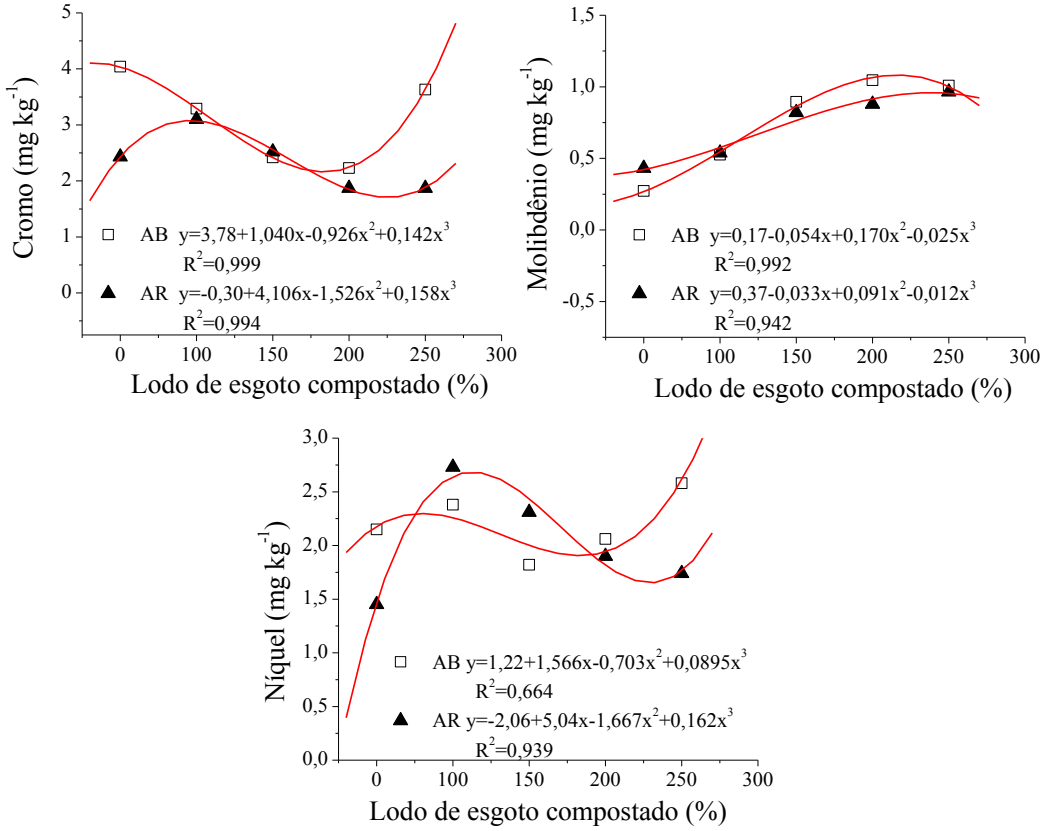


Figura 14. Acúmulos de metais pesados (Cr, Mo, Ni) nas sementes em função da aplicação de 0, 100, 150, 200 e 250% de lodo de esgoto compostado, equivalente a 0 (zero), 6.2, 9.3, 12.5 e 15.6 t ha^{-1} de lodo de esgoto compostado como fonte de N, respectivamente.*AR – água residuária, AB – água de abastecimento (potável).

Além dos metais apresentados na Tabela 12, foram analisados os teores de alumínio (Al), cádmio (Cd), chumbo (Pb), mercúrio (Hg) e selênio (Se), os quais não puderam ser determinados, porque suas concentrações estavam abaixo do limite de detecção (APÊNDICE).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A irrigação com água residuária proporcionou aumento na maioria das variáveis analisadas devido às características químicas do efluente de esgoto tratado, principalmente em relação ao N.

Verificou que as doses crescentes de lodo de esgoto compostado no solo proporcionaram incrementos significativos, principalmente de Zn nas folhas e sementes do girassol.

Foi observado nesse estudo que o lodo de esgoto pode ser uma boa alternativa de substituição á adubação nitrogenada convencional.

6 CONCLUSÃO

Para as características produtivas o T4 (150% de lodo de esgoto compostado) em conjunto com a água residuária elevou as médias, proporcionando maiores rendimentos.

O acúmulo de metais pesados, principalmente o Zn, nas plantas e sementes de girassol, foi significativo com a aplicação das doses de lodo.

Os teores foliares e o acumulo de nutrientes apresentaram incrementos significativos com a aplicação das doses de lodo.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BANZATTO, D. A.; KRONKA, S. do N. **Experimentação Agrícola**. 4 ed. Jaboticabal: Funep, 2008. 237 p.

BARBOSA, G. M. C. & TAVARES FILHO, J. 2006. **Uso agrícola do biossólido: influência nas propriedades químicas e físicas do solo, produtividade e recuperação de áreas degradadas**. Ciências Agrárias, v. 27, n. 04, p. 565-580.

BERNARDI, C. C. Reuso de água para irrigação. 2003. 52f. **Monografia (Pós Graduação MBA) – Gestão Sustentável da Agricultura Irrigada – Planejamento Estratégico)**, ISEAFGV/ Ecobusiness School, Brasília, DF, 2003.

BERTONCINI, E. I. **Tratamento, uso e impacto de resíduos urbanos e agroindustriais na agricultura**. Pesquisa & Tecnologia, vol. 11, n. 1, Jan-Jun 2014, APTA Regional. São Paulo, p. 1 - 6, 30 abr. 2014.

BETTIOL, W. & CAMARGO, O. A. 2006. **Lodo de esgoto: impactos ambientais na agricultura.** Jaguariúna, ed. Embrapa Meio Ambiente, 394p.

BETTIOL, W. & GHINI, R. 2011. **Impacts of sewage sludge in tropical soil: a case study in Brazil.** Applied and Environmental Soil Science, New York, v. 2011, n. 1, p. 1-11.

BETTIOL, W.; CARVALHO, P. C. T.; FRANCO, B. J. D. C. **Utilização do lodo de esgoto como fertilizante**. O Solo, Piracicaba, v.75, n.1, p.44-54, 1983.

BOLLARD, E.G. **Involvement of unusual elements in plant growth and nutrition**. In: Lauchli, A and Brelesk, R.L. eds. Enciclopedia of Plant Physiology p. 695-744.1983.

BRASIL. **Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. Secretaria Nacional de Defesa Agropecuária.** Departamento Nacional de Defesa Vegetal. (1992). Regras para análise de sementes. Brasília, 1992. 365p.

CANET, R.; POMARES, F. & TARAZONA, F. **Chemical extractability and availability of heavy metals after seven years application of organic wastes to a citrus soil**. Soil Use Manag., 13:117-121, 1997.

CASTRO C.de, OLIVEIRA, F.A.de **Nutrição e Adubação do Girassol**. In: Girassol no Brasil. Londrina, PR. Editora EMBRAPA – SOJA, 2005. cap. 13, p 317- 374.

CONAB. (Companhia Nacional de Abastecimento). **Acompanhamento de Safra Brasileira: Grãos, Primeiro Levantamento, outubro 2012. Brasília**: CONAB, 2012.

CONAB. (Companhia Nacional de Abastecimento). **Acompanhamento de Safra Brasileira: Grãos, Sexto Levantamento,** março 2013. Brasília: CONAB, 2013.

CONAB. Conjuntura mensal Março, 2015 <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/15_04_13_14_03_39_girassolconjuntura_mensalmarco2015.pdf>. Acesso em: 19 de Março. 2015.

CONAMA – BRASIL: Conselho Nacional do Meio Ambiente. 2012. **Resoluções do Conama: Resoluções vigentes publicadas entre setembro e 1984 e janeiro de 2012.** / Ministério do Meio Ambiente. Brasília: MMA,1126 p.

COSCIONE, A. R.; PIRES, A. M. & NOGUEIRA, T. 2010. **Uso Agrícola de Lodo de Esgoto: Avaliação Após a Resolução No. 375 do CONAMA**. São Paulo, ed. FEPAF, p. 407.

CUNHA, A. R., MARTINS, D. **Classificação climática para os municípios de Botucatu e São Manuel, SP**. Irriga, Botucatu, V. 14, n.1, p.1-11, janeiro-março, 2009.

DESHAMPS C, NEPJLDE, F. 1997. **Efeito do lodo de esgoto complementado com fertilizante mineral na produtividade e desenvolvimento da cultura de feijoeiro e do girassol**. Revista Técnica da Sanepar, Curitiba - PR, v.8, n.8, p. 33 - 38, dez.

EMBRAPA. **Cultura do girassol na agricultura familiar**. Aracajú, março 2010. Disponível em: < http://hotsites.sct.embrapa.br/prosarural/programacao/2010/a-cultura do-girassol-naagricultura-familiar>. Acesso em: 17 Dez. 2014.

EPSTEIN, E. & BLOOM, A.J. (2004) **Mineral nutrition of plants: principles and perspectives.** 2 ed. Sunderland. Sinauer Associates, 380 p.

FOLEGATTI, M. V. **Fertirrigação: citrus, flores, hortaliças**. Guaíba: Agropecuária, 1999. 460p.

FREITAS, C. A. S.; SILVA, A. R. A.; BEZERRA, F. M. L.; ANDRADE, R. R.; MOTA, F. S. B.; AQUINO, B. F. **Crescimento da cultura do girassol irrigado com diferentes tipos de água e adubação nitrogenada**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. V.16, n.10, p.1031–1039, 2012.

KUMMER, A. C. B. **Efeito de efluente de esgoto tratado e lodo de esgoto compostado no solo e nas culturas de trigo e soja.** 194 f. 2013. Tese (Doutorado) – Agricultura, Universidade estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agronômicas, Botucatu, 2013.

LOBO, T.F.; GRASSI FILHO, H.; SA, R.O.; BARBOSA L. 2006. **Manejo da adubação nitrogenada na cultura do girassol avaliando os parâmetros de produtividade e qualidade de óleo.** In: 3º Congresso Brasileiro de Plantas Oleaginosas, Óleos, Gorduras e Biodisel, Lavras: UFLA.

LOBO, T. F.; GRASSI FILHO, H. **Níveis de lodo de esgoto na produtividade do girassol.** Revista Ciencia del Suelo e Nutricíon Vegetal, v.7, p.16-25, 2007.

LOBO, T. F.; GRASSI FILHO, H. **Sewage sludge levels on the development and nutrition of sunflower plants.** Revista de la Ciencia del Suelo y Nutrición Vegetal, v.9, p.245-255, 2009.

LOBO, T. F.; GRASSI FILHO, H.; COELHO, H. A. **Crescimento e produtividade do girassol na segunda aplicação de lodo de esgoto em diferentes manejos.** Científica, Jaboticabal, v.40, n.1, p.69-76, 2012.

MALANO, H. M.; HOFWEGEN, P. J. M. **Management of irrigation and drainage systems**. Rotterdam: A Service Approch, 1999. IHE Monograph 3.

MALAVOLTA, E. (2006). **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo. Editora Agronômica Ceres, 631 p.

MANTOVANI, A.; ERNANI, P.R.; SANGOI, L. (2007). **Adição de superfosfato triplo e a percolação de nitrogênio no solo.** Revista Brasileira de Ciências do Solo, v. 31, n. 5, p. 887-895.

OLIVEIRA, F.C. **Disposição de "resíduo orgânico" e composto de lixo urbano num Latossolo Vermelho-Amarelo cultivado com cana-de-açúcar.** Piracicaba, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", 2000. 247p. (Tese de Doutorado).

OLIVEIRA, S. A. ANÁLISE FOLIAR. IN: SOUZA, D. M. G.; LOBADO, E. CERRADO: **Correção do solo e adubação. 2.ed**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. cap.10, p.245- 255.

PEGORINI, E.S.; ANDREOLI, C.V.; SOUZA, M.L. & FERREIRA, A. **Qualidade do lodo de esgoto utilizado na reciclagem agrícola na região metropolitana de Curitiba** – PR. In:

PIVELI, R. P. et al**. Utilização de esgoto tratado na agricultura: aporte de água e nutrientes**. In: MOTA, S. B.; SPERLING, M. Nutrientes de esgoto sanitário: utilização e remoção. Rio de Janeiro: ABES, 2009.

RAIJ, B. Van et al. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas Instituto Agronômico, 2001. 285p.

RAIJ, B. Van et al. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2.ed. Campinas: Instituto Agronômico/ Fundação IAC. 1997. 285p.

SANTOS E.J., & E. OLIVEIRA D. 2001: **Determination of mineral nutrients and toxic elements in Brazilian soluble coffee by ICP-AES**. Journal of Food Composition and Analysis, 14: 523–531

SENTELHAS, P.C.; NOGUEIRA, S.S.S.; PEDRO Jr.; SANTOS, R.R. **Temperatura base e graus-dia para cultivares de girassol.** Revista Brasileira de Agrometeorologia, v.2, p.43 49,1994.

SENTELHAS, P.C.; NOGUEIRA, S.S.S.; PEDRO Jr.; SANTOS, R.R. **Temperatura base e graus-dia para cultivares de girassol.** Revista Brasileira de Agrometeorologia, v.2, p.43 49, 1994.

SILVA, P.R.F. da; SANGOI, L. **Época da semeadura em girassol: I. Efeitos no rendimento de grãos, componentes do rendimento, teor de e rendimento de óleo.** Lavoura Arrozeira, v.38, n.361, p.20-27,1985.

SILVA E. P., MOTA S., AQUINO B. F. 2003. **Potencial do lodo de esgoto de industria textil como fertilizante agrícola.** Vol. 8 - n° 1 - jan/mar 2003 e n° 2 -abr/junp. 69-76.

SILVEIRA, M.L.A.; ALLEONI, L.R.F. & GUILHERME, L.R.G. **Biosolids and heavy metals in bsoils.** Sci. Agric., 60:793-806, 2003.

SMIDERLE, O.J.; GIANLUPPI, D.; GIANLUPPI, V. 2002. **Adubação nitrogenada, espaçamento e época de semeadura de girassol nos Cerrados de Roraima**. In: EMBRAPA. Resultados de pesquisa da EMBRAPA Soja-2001: girassol e trigo. Londrina: Embrapa Soja, p. 33-39 (Embrapa Soja. Documentos, 218).

SIMPÓSIO LATINO AMERICANO DE BIOSSÓLIDOS, 1., **São Paulo, 2003**. Anais. São Paulo, jun., 2003. 11p. Não Publicado.

SNYDER, R. L. **Equation for evaporation pan to evapotranspiration conversion.** Journal of Irrigation and Drainage Enginnering of ASCE, New York, v. 118, n. 6, p. 977 980,1992.

SOUZA, R. M. DE; NOBRE, R. G.; GHEYI, H. R.; DIAS, N. DA S.; SOARES, F. A. L. **Utilização de água residuária e de adubação orgânica no cultivo do girassol.** Revista Caatinga, v.23, p.125-133, 2010.

TSUTIYA, M. T. 2001. **Alternativas de disposição final de biossólidos.** In: TSUTIYA, M.T.et al.(Ed.). Biossólidos na Agricultura. São Paulo: SABESP, p.133 180.

APÊNDICE

Tabela 1. Resultado do monitoramento da água residuária durante o experimento.

Tipo de Água	Data da coleta	N	P	K	Ca	Mg	S	Cu	Fe	Mn	Zn	pH	C.E mS
			---------- mg L^{-1} ----------										
AR	16/09/2013	17	7	16	11	2	10	0,00	0,15	0,04	0,02	7,27	0,666
	24/09/2013	13	7	17	13	2	16	0,00	0,53	0,06	0,03	7,26	0,600
	01/10/2013	21	8	19	14	3	16	0,00	0,50	0,07	0,02	7,52	0,671
	11/10/2013	15	8	23	19	4	13	0,00	0,36	0,03	0,00	7,54	0,706
	30/10/2013	14	8	27	23	5	18	0,00	0,92	0,04	0,00	7,42	0,754
	06/11/2013	16	6	23	23	5	16	0,00	0,82	0,06	0,00	7,32	0,590
	12/11/2013	12	4	22	21	3	8	0,01	0,50	0,11	0,01	7,77	0,619
	14/11/2013	12	3	21	21	3	10	0,02	0,30	0,09	0,00	7,74	0,627
	18/11/2013	10	6	20	15	3	9	0,02	0,63	0,09	0,00	7,71	0,599
	22/11/2013	10	5	21	15	3	9	0,02	0,56	0,09	0,00	7,70	0,640
	02/12/2013	11	5	20	15	3	11	0,03	0,65	0,10	0,01	7,49	0,647
	05/12/2013	12	6	20	17	3	13	0,01	0,87	0,12	0,01	7,53	0,623
	13/12/2013	15	4	22	17	3	12	0,02	0,84	0,12	0,00	7,85	0,667
	16/12/2013	10	5	25	22	3	8	0,00	1,10	0,15	0,00	7,30	0,617
	19/12/2013	10	3	25	25	3	9	0,00	0,81	0,11	0,00	7,32	0,633
	23/12/2013	5	1	14	20	2	2	0,00	0,08	0,02	0,00	7,50	0,115
	30/12/2013	8	2	19	22	2	5	0,00	1,50	0,09	0,00	7,14	0,327

Tabela 2. Resultados da análise do teor de alumínio (Al), Cádmio (Cd), chumbo (Pb), mercúrio (Hg), selênio (Se) em sementes de girassol.

Parc.	Sub.	Rep.	Al	Cd	Pb	Hg	Se
			---------- μ kg^{-1}----------				
AB	T0	1	2278	< 20	< 460	< 100	< 1000
AB	T0	2	2376	< 20	< 460	< 100	< 1000
AB	T0	3	2534	< 20	< 460	< 100	< 1000
AB	T1	1	2390	< 20	< 460	< 100	< 1000
AB	T1	2	2145	< 20	< 460	< 100	< 1000
AB	T1	3	2765	< 20	< 460	< 100	< 1000
AB	T2	1	544	83	< 460	< 100	< 1000
AB	T2	2	534	78	< 460	< 100	< 1000
AB	T2	3	538	89	< 460	< 100	< 1000
AB	T3	1	< 100	79	< 460	< 100	< 1000
AB	T3	2	< 100	72	< 460	< 100	< 1000
AB	T3	3	< 100	80	< 460	< 100	< 1000
AB	T4	1	580	79	< 460	< 100	< 1000
AB	T4	2	578	68	< 460	< 100	< 1000
AB	T4	3	573	76	< 460	< 100	< 1000
AB	T5	1	732	109	< 460	< 100	< 1000
AB	T5	2	722	98	< 460	< 100	< 1000
AB	T5	3	730	116	< 460	< 100	< 1000
AB	T6	1	< 100	142	< 460	< 100	< 1000
AB	T6	2	< 100	138	< 460	< 100	< 1000
AB	T6	3	< 100	133	< 460	< 100	< 1000
AR	T0	1	768	< 20	< 460	< 100	< 1000
AR	T0	2	764	< 20	< 460	< 100	< 1000
AR	T0	3	820	< 20	< 460	< 100	< 1000
AR	T1	1	340	27	< 460	< 100	< 1000
AR	T1	2	336	10	< 460	< 100	< 1000
AR	T1	3	348	20	< 460	< 100	< 1000
AR	T2	1	< 100	82	< 460	< 100	< 1000
AR	T2	2	< 100	91	< 460	< 100	< 1000
AR	T2	3	< 100	88	< 460	< 100	< 1000
AR	T3	1	< 100	98	< 460	< 100	< 1000
AR	T3	2	< 100	87	< 460	< 100	< 1000
AR	T3	3	< 100	96	< 460	< 100	< 1000
AR	T4	1	< 100	169	< 460	< 100	< 1000
AR	T4	2	< 100	161	< 460	< 100	< 1000
AR	T4	3	< 100	172	< 460	< 100	< 1000
AR	T5	1	< 100	188	< 460	< 100	< 1000
AR	T5	2	< 100	182	< 460	< 100	< 1000
AR	T5	3	< 100	184	< 460	< 100	< 1000
AR	T6	1	< 100	208	< 460	< 100	< 1000
AR	T6	2	< 100	203	< 460	< 100	< 1000
AR	T6	3	< 100	199	< 460	< 100	< 1000

*Parc = parcela; Sub: subparcelas (tratamentos); Rep: repetição. AB – água de abastecimento; AR – água residuária.

Tabela 3. Resultados da análise do teor de Cádmio (Cd), chumbo (Pb), mercúrio (Hg), selênio (Se) em folhas de girassol.

Parc.	Sub.	Rep.	Cd	Pb	Hg	Se
			---------- μ kg^{-1}----------			
AB	T0	1	< 20	< 460	< 100	< 1000
AB	T0	2	< 20	< 460	< 100	< 1000
AB	T0	3	< 20	< 460	< 100	< 1000
AB	T1	1	< 20	< 460	< 100	< 1000
AB	T1	2	< 20	< 460	< 100	< 1000
AB	T1	3	< 20	< 460	< 100	< 1000
AB	T2	1	574	< 460	< 100	< 1000
AB	T2	2	568	< 460	< 100	< 1000
AB	T2	3	571	< 460	< 100	< 1000
AB	T3	1	95	< 460	< 100	< 1000
AB	T3	2	89	< 460	< 100	< 1000
AB	T3	3	97	< 460	< 100	< 1000
AB	T4	1	200	< 460	< 100	< 1000
AB	T4	2	197	< 460	< 100	< 1000
AB	T4	3	203	< 460	< 100	< 1000
AB	T5	1	159	< 460	< 100	< 1000
AB	T5	2	162	< 460	< 100	< 1000
AB	T5	3	155	< 460	< 100	< 1000
AB	T6	1	122	< 460	< 100	< 1000
AB	T6	2	119	< 460	< 100	< 1000
AB	T6	3	126	< 460	< 100	< 1000
AR	T0	1	34	< 460	< 100	< 1000
AR	T0	2	39	< 460	< 100	< 1000
AR	T0	3	28	< 460	< 100	< 1000
AR	T1	1	43	< 460	< 100	< 1000
AR	T1	2	49	< 460	< 100	< 1000
AR	T1	3	38	< 460	< 100	< 1000
AR	T2	1	475	< 460	< 100	< 1000
AR	T2	2	469	< 460	< 100	< 1000
AR	T2	3	465	< 460	< 100	< 1000
AR	T3	1	227	< 460	< 100	< 1000
AR	T3	2	221	< 460	< 100	< 1000
AR	T3	3	230	< 460	< 100	< 1000
AR	T4	1	289	< 460	< 100	< 1000
AR	T4	2	281	< 460	< 100	< 1000
AR	T4	3	293	< 460	< 100	< 1000
AR	T5	1	226	< 460	< 100	< 1000
AR	T5	2	221	< 460	< 100	< 1000
AR	T5	3	219	< 460	< 100	< 1000
AR	T6	1	206	< 460	< 100	< 1000
AR	T6	2	119	< 460	< 100	< 1000
AR	T6	3	202	< 460	< 100	< 1000

*Parc = parcela; Sub: subparcelas (tratamentos); Rep: repetição. AB – água de abastecimento; AR – água residuária.