

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA

CAROLINA DE LIMA FRANÇA

**QUALIDADE BIOLÓGICA DO SOLO IRRIGADO COM ÁGUAS  
RESIDUÁRIAS**

Recife- PE  
Junho, 2021

CAROLINA DE LIMA FRANÇA

**QUALIDADE BIOLÓGICA DO SOLO IRRIGADO COM ÁGUAS  
RESIDUÁRIAS**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola na Área de Concentração em Engenharia de Água e Solo, da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), como requisito para obtenção do título de Doutor(a) em Engenharia Agrícola.

COMITÊ DE ORIENTAÇÃO:

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Elvira Maria Régis Pedrosa – Orientadora

Recife- PE  
Junho, 2021

F814q França, Carolina de Lima  
QUALIDADE BIOLÓGICA DO SOLO IRRIGADO COM ÁGUAS RESIDUÁRIAS / Carolina de Lima  
França. - 2021.  
117 f.

Orientadora: Elvira Maria Regis Pedrosa.  
Inclui referências.

Tese (Doutorado) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Recife, 2022.

1. Nematóide. 2. Fixação Biológica do Nitrogênio. 3. Diversidade Trófica. 4. *Crotalaria spectabilis*. 5. Efluente. I. Pedrosa, Elvira Maria Regis, orient. II. Título

CDD 630

---

CAROLINA DE LIMA FRANÇA

Tese apresentada em 29 de junho de 2021 ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal Rural de Pernambuco como parte das exigências para a obtenção do título de Doutor.

Qualidade biológica do solo irrigado com águas residuárias

COMISSÃO JULGADORA

ORIENTADORA:

---

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Elvira Maria Régis Pedrosa (UFRPE)

EXAMINADORES:

---

Prof. Dra. Andrea Chaves Fiuza Porto (UFRPE)

---

Prof. Dra. Andréa Cristina Baltar Barros (UNINASSAU)

---

Prof. Dra. Carolina Etienne de Rosália e Silva Santos (UFRPE)

---

Prof. Dr. Ênio Farias de França e Silva

Recife- PE  
Junho, 2021

Aos meus amados pais Antonio Luiz de França Filho e Vilma Maria de Lima França por todo amor, dedicação e orientação. A minha irmã Carla Catarina de Lima França por todo amor e afeto. Ao meu esposo amado Átyla de Paula Rego pela motivação, incentivo e todo o amor.

**Dedico**

## AGRADECIMENTOS

A deus e meus guias por ajudarem a trilhar e prosseguir em um caminho com tantos obstáculos.

À Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE) e em especial ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola (PGEA) pela oportunidade de realizar meus estudos e pesquisas.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) por todo apoio financeiro para a realização do doutorado.

Aos meus pais e irmã por toda abnegação, amor, dedicação e cuidados, por me encorajarem e mostrarem sempre apoio e cuidados.

Ao meu esposo Átyla por todo amor, apoio, orientação e encorajamento diante de toda a pressão e cansaço nesses anos árduos de estudos.

A minha querida orientadora Prof<sup>a</sup>. Dra. Elvira Maria Régis Pedrosa por sua real e presente orientação, postura profissional, pela paciência e dedicação aos meus dados, exemplo de ser humano digno e louvável.

A minha amada Prof<sup>a</sup>. Dra. Carolina Etienne por toda disponibilidade de orientação e ajuda na montagem do experimento em casa de vegetação, as orientações, conselhos, pelas mensagens seguidas de incentivo, meu eterno obrigada.

Ao colega Breno Leonan pela total ajuda na montagem e acompanhamento do experimento em campo, por todos conselhos e orientações, grata por tudo.

Ao Prof<sup>o</sup>. Dr. Ênio França pelas aulas desde a graduação, pelas sábias e incentivadoras palavras ditas na qualificação, por todas as orientações, meu muito obrigada.

A toda linda equipe do laboratório de Fitonematologia pela convivência, amizade e apoio, Emerson, Djayana, Diego, Karina, Sabrina, Alessandro, Thayná, Daniel, Thais, Alain, Gabriela, Bruno e Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup> Lílian.

As queridas e amadas Marilene, Carmem e Mariana pelos dias maravilhosos de convívio, apoio, amizade e muito amor.

Ao querido amigo que a vida me presenteou Rezanio, pelo apoio, amizade e incentivo.

A querida Sandra Maranhão pela amizade, apoio e incentivo desde o mestrado.

Aos colegas da Universidade Federal Rural de Pernambuco, Diêgo, Francisco, Eulampio, Denize, Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Laércia, pelos estudos, apoios e amizade.

Aos colegas UB Rebeca, Elaine, Fabiana, Wesley, Roberto, Priscilla e Antonio Wanderley, pela amizade e apoio durante o doutorado.

Ao amigo e Profº. Drº. Romildo Morant pela amizade, orientações e incentivos desde a graduação.

A amiga Thaís Patú pela amizade, incentivo e apoio para a realização desse doutorado.

## SUMÁRIO

RESUMO	5
ABSTRACT	7
CAPÍTULO I - Introdução Geral e Revisão Bibliográfica	9
Introdução Geral	10
Revisão Bibliográfica	12
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	26
CAPÍTULO II – Efeito de água residuária de esgoto doméstico tratado sobre atributos biológicos do solo e algodoeiro colorido	33
Resumo	34
Abstract	34
Introdução	35
Material e Métodos	36
Resultados e Discussão	46
Conclusões	58
Referências Bibliográficas	59
CAPÍTULO III - Água residuária de esgoto doméstico tratado e a fixação biológica do nitrogênio, crescimento da planta e qualidade do solo	78
Resumo	79
Abstract	79
Introdução	80
Material e Métodos	81
Resultados e Discussão	87
Conclusões	107
Referências Bibliográficas	107
CAPÍTULO IV-Conclusões Gerais	117



## RESUMO GERAL

França, Carolina de Lima. Universidade Federal Rural de Pernambuco. Junho de 2021. Qualidade biológica do solo irrigado com águas residuárias. Orientadora: Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Elvira Maria Régis Pedrosa.

A utilização de recursos descartáveis, a exemplo das águas residuárias, pode trazer grande benefício econômico e ambiental. Quando utilizadas em determinadas atividades agrícolas, podem proporcionar mudanças na dinâmica solo-planta além de aumentar a umidade do solo, essas águas podem servir de aporte de nutrientes para as plantas, especialmente se associada ao uso de plantas leguminosas. Os microrganismos respondem rapidamente a essas mudanças, sinalizando melhoria ou degradação do solo. O objetivo do estudo foi avaliar a influência da adição de efluentes de esgoto tratados no cultivo de algodoeiro BRS Rubi e *Crotalaria spectabilis* e os efeitos na qualidade biológica e microbiota do solo. Foram realizados dois experimentos. O primeiro experimento foi conduzido em Ibimirim - PE, em delineamento experimental inteiramente casualizado com quatro tratamentos (água de abastecimento, efluente do reator UASB, efluente do decanto digestor + filtro anaeróbico e efluente do filtro anaeróbico) e seis repetições em uma área de 228 m<sup>2</sup>. As análises fundamentaram-se no desenvolvimento e produtividade da cultivar de algodoeiro colorido BRS RUBI, umidade, evolução C-CO<sub>2</sub> do solo, comunidade de nematoides e índices ecológicos. A aplicação dos efluentes de esgoto tratados promoveram aumento no diâmetro do caule, área foliar e altura de plantas, sem afetar a produtividade da cultura, umidade e evolução C-CO<sub>2</sub> do solo em relação ao uso de água de abastecimento. Os nematoides bacteriófagos foram os mais abundantes e, os onívoros, os menos abundantes. O índice de parasito de planta foi o mais sensível ao distúrbio promovido pela aplicação dos efluentes. O segundo experimento foi realizado em casa de vegetação em delineamento inteiramente casualizado com os tratamentos em fatorial 4 (água de abastecimento e 50, 75 e 100% de esgoto doméstico tratado por reator UASB) × 4 (Um isolado de rizobio nativo da zona da mata de Pernambuco (CRO), a estirpe recomendada para adubo verde e feijão-caupi (BR-3267), um controle com nitrogênio fertilizante, na dose de 50 kg ha<sup>-1</sup>, na forma de ureia e o controle absoluto (sem inoculação e sem nitrogênio fertilizante), com quatro repetições.

As concentrações de esgoto doméstico tratado aplicadas e as duas estirpes de *Rhizobium* ou adubação nitrogenada não afetaram significativamente a maior parte dos parâmetros associados à microbiota do solo e crescimento da planta. A inoculação da estirpe BR 3267 foi menos eficiente do que a adubação nitrogenada na produção de biomassa fresca da planta. A nodulação de *C. spectabilis* foi eficiente a despeito das concentrações de esgoto doméstico aplicadas, exceto 100%.

**Palavras-chave:** *Crotalaria spectabilis*, Diversidade Trófica, Efluente, Filtro anaeróbico, Fixação Biológica do Nitrogênio, *Gossypium hirsutum*, Nematóide, Reator UASB.

## GENERAL ABSTRACT

França, Carolina de Lima. Universidade Federal Rural de Pernambuco. Junho de 2021. Biological quality of irrigated soil with residual water. Advisor: Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Elvira Maria Régis Pedrosa.

The use of deposable resources such as sewage wastewater could provide added economic and environmental benefit. Besides improve soil humidity in agricultural activities, the wastewater addition enhances nutrient apport to the crop, especially in association with leguminous plants. Microorganisms immediately response to the environmental shifts signing soil improvement or degradation. The objective of the work was to evaluate the effect of treated domestic sewage effluent on development of colored cotton BRS Rubi and *Crotalaria spectabilis* as well the effect on soil biological quality and microbiota. Two experiments were implemented. The first experiment was carried out in field, in Ibimirim - PE, Brazil, in a completely randomized design with four treatments (water supply, UASB (Upflow Anaerobic Sludge Blanket) reactor, decant-digester effluent + anaerobic filter, and effluent from anaerobic filter) and six replications, in a 228-m<sup>2</sup> area. Evaluations based on development and productive of colored cotton cultivar BRS RUBI, soil humidity and C-CO<sub>2</sub> evolution, nematode community, and ecological index. The treated domestic sewage effluent application increased stem diameter, leaf area, and plant height of the colored cotton, but did not affect crop production, soil humidity and C-CO<sub>2</sub> evolution comparing to water supply. The bacterivorous nematodes were the most abundant, and the omnivorous the less one. The plant-parasite index was the most sensitive to disturbers from the effluent application. The second experiment was carried out under greenhouse in a completely randomized design and factorial arrangement 4 (water supply and 50, 75, and 100% domestic sewage wastewater treated in UASB reactor) × 4 (a *Rhizobium* native stirp from the "Zona da Mata" of Pernambuco (CRO), a recommended stirp for green fertilization and cowpea (BR 3267), a control with nitrogen fertilizer (urea 50 kg ha<sup>-1</sup>), and an absolute control (without inoculant an nitrogen fertilizer), with four replications. All treated domestic sewage wastewater concentrations as well both *Rhizobium* stirpes and the nitrogen fertilizer did not significantly affect most of evaluated parameters of soil microbiota and plant growth. The inoculant BR 3267

was less successful in increasing the plant fresh biomass than the nitrogen fertilizer. The *C. spectabilis* nodulation was efficient despite domestic sewage wastewater concentration, except 100%.

**Keywords:** *Crotalaria spectabilis*, Trophic diversity, Effluent, Anaerobic filter, Biological nitrogen fixation, *Gossypium hirsutum*, Nematode, UASB reactor.

1 **CAPÍTULO I**

2 **INTRODUÇÃO GERAL E REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

---

### 3 1. INTRODUÇÃO GERAL

4

5 A aplicação de água de efluente tratado no solo é uma prática  
6 recomendada pelas agências de proteção ambiental, para a obtenção de uma  
7 agricultura mais sustentável, uma vez que a água potável é um recurso  
8 esgotável. Além disso, com a prática do reuso, podem-se atingir novos índices  
9 de produção devido à diminuição dos custos, menor dependência do clima,  
10 melhorias na qualidade do solo e redução da incidência de pragas e doenças  
11 nas culturas. Esses benefícios resultam em maior lucratividade, dinamismo na  
12 produção e melhoria na relação homem - meio ambiente, promovido pelo manejo  
13 adequado no ciclo produtivo (SAMMIS et al., 2013).

14 O cultivo de algodoeiro herbáceo (*Gossypium hirsutum* L.) com fibra  
15 diferenciada como a BRS Rubi é uma das opções para os pequenos agricultores  
16 agregarem valor à produção, principalmente na região Nordeste, onde a  
17 incidência de doenças foliares e de solo, para essa cultura, é baixa. O algodão  
18 de fibra colorida tem valor de mercado 20 a 30% maior do que o algodão branco,  
19 aumentando a rentabilidade dos produtores. A cadeia produtiva de algodão no  
20 Nordeste é constituída principalmente por pequenos produtores, com baixa  
21 rentabilidade, o que motivou o programa de melhoramento de algodões  
22 especiais da Embrapa a trabalhar no desenvolvimento de alternativas para  
23 agregar valor à produção (EMBRAPA, 2011).

24 Os indicadores biológicos de qualidade do solo como a respiração,  
25 biomassa microbiana, quociente metabólico, umidade e a microbiota do solo são  
26 imprescindíveis na ciclagem dos nutrientes, como também na aferição da  
27 capacidade do solo para o crescimento vegetal (DE ARAÚJO et al., 2012). Entre  
28 esses indicadores, os nematoides são sensíveis à intervenção humana e são  
29 constantemente utilizados para monitorar a qualidade do solo devido a distúrbios  
30 e alterações na qualidade de solos (ARIEIRA, 2012; CARDOSO et al., 2014).

31 As leguminosas, como as crotalárias, possuem muitas características  
32 importantes, a exemplo da atuação como adubos verdes, elevada produção de  
33 biomassa de fácil degradação, ciclo de cultivo curto em algumas espécies,  
34 capacidade de rápida germinação, controle de fitonematoides, rápido  
35 crescimento e desenvolvimento, e alta tolerância à escassez de água. Em  
36 especial, as leguminosas possuem a particularidade de participarem na

37 formação de associações simbióticas com bactérias fixadoras de nitrogênio  
38 (CORRÊA et al., 2014).

39 A Fixação Biológica do Nitrogênio (FBN), tem se tornado uma prática  
40 promissora, aumentando a produtividade, reduzindo os custos de produção e  
41 elevando a renda do agricultor, através da prática de inoculação de sementes  
42 com estirpes de bactéria do grupo rizóbio (ZILLI et al., 2009).

43 O objetivo do presente estudo foi avaliar a influência da adição de águas  
44 residuárias de esgotos tratado no cultivo de algodoeiro BRS Rubi e *Crotalaria*  
45 *spectabilis* e seus efeitos na qualidade biológica e na microbiota do solo.

## 46 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

47

### 48 2.1. A cultura do Algodoeiro

49

50 O algodão colorido desenvolvido pela Embrapa é uma alternativa  
51 econômica e ambiental no nordeste do Brasil. Seu valor é superior ao algodão  
52 de plumas brancas. Na questão ambiental, elimina a fase de tingimento,  
53 promovendo uma economia de água e reduzindo a quantidade de resíduos ao  
54 meio ambiente (CARDOSO et al., 2010). A cultura do algodoeiro tem a  
55 produtividade e o desenvolvimento afetados por diversos fatores, como a  
56 população de plantas, o que influencia a absorção de luz, nutrientes e água,  
57 alterando desse modo o crescimento da planta, partição de biomassa,  
58 distribuição de frutos e potencial produtivo (STEPHENSON et al., 2011);  
59 KAGGWAA-ASSIIMWE; ANDRADE-SANCHEZ; WANG et al., 2013).

60 De acordo com a EMBRAPA (2011), a cultura encontra-se bem adaptada  
61 à região nordeste, apresentando um excelente potencial de cultivo. O algodão  
62 colorido é uma exploração voltada ao cultivo orgânico, possibilitando assim,  
63 melhores condições socioeconômicas aos produtores, além das melhorias nas  
64 condições físicas, químicas e biológicas do solo (RIGON et al., 2011).

65 A produção Brasileira de algodão estimada para a safra 2018/2019  
66 é de 2,66 milhões de toneladas de pluma, onde ocorreu um aumento significativo  
67 de 32,6% relacionada a safra anterior. Mato Grosso e Bahia se destacam em  
68 crescimento de área plantada; juntas estas cidades dispõem de mais 88% de  
69 área estimada para a cotonicultura em 2018/2019. Na região Nordeste, a Bahia  
70 se destaca em área com 332 mil hectares de áreas plantadas, produtividade de  
71 1758 kg/ha e produção de 583,7 mil t (COMPANHIA NACIONAL DE  
72 ABASTECIMENTO, 2019).

73 Na região Nordeste ocorre a produção e comercialização da fibra  
74 colorida naturalmente, com base orgânica e agroecológica, levando a uma  
75 produção com objetivo ecológico (CARVALHO et al., 2011). A cultura do  
76 algodoeiro tem se destacado como uma das mais importantes para o  
77 desenvolvimento social e econômico das regiões semiáridas do nordeste  
78 brasileiro. Tem como finalidade matéria-prima para a cadeia têxtil, com fibras  
79 naturais, onde as sementes também são utilizadas (ECHER et al., 2010;  
80 JERÔNIMO et al., 2014).



81

## 82 **2.2. Nematoides como indicadores de Qualidade de solo e índices** 83 **ecológicos**

84

85 Conforme ARIEIRA (2012), os nematoides do solo asseguram com celeridade as  
86 mudanças no ambiente, podendo ser utilizados como indicadores ecológicos de  
87 distúrbios ambientais. CARRASCOSA et al. (2014) afirmam que as guildas da biota do  
88 solo estão associadas a diferentes funções sistêmicas. Os nematoides interagem com  
89 muitos organismos, como participantes em várias ligações da teia alimentar do solo,  
90 onde atuam desempenhando papéis importantes em processos essenciais do solo  
91 (como a ciclagem de nutrientes). Devido à elevada abundância e diversidade  
92 relacionadas às respostas aos distúrbios do solo, os nematoides são indicadores  
93 adequados da condição do solo e têm sido amplamente utilizados como indicadores de  
94 biodiversidade e funcionamento do solo (FERRIS; TUOMISTO, 2015).

95 Os nematoides influenciam nos processos de produção primária, ciclagem  
96 de nutrientes e decomposição da matéria orgânica do solo. Esses vermes  
97 representam vários grupos tróficos, desempenham papéis importantes em  
98 processos ecossistêmicos, e, respondem rapidamente às perturbações  
99 ambientais (GUTIÉRREZ et al., 2016; SÁNCHEZ-MORENO et al., 2018).

100 Os nematoides são reguladores significativos da decomposição de resíduos e  
101 liberação de nutrientes em ecossistemas naturais, através de sua alta rotatividade e de  
102 suas interações com a microflora (LU et al., 2016). Zhong; Zeng; Jin (2017), aplicando  
103 os índices ecológicos de riqueza de espécies (SR), índice de maturidade (MI) e índice  
104 de parasito de planta (PPI) para avaliar a condição do solo, com aplicações de resíduos,  
105 conseguiram refletir a perturbação das atividades humanas devido ao plantio e  
106 aplicação do resíduo. No estudo, os índices com maiores valores foram SR e MI,  
107 indicando uma tendência maior da biodiversidade de nematoides com um ambiente  
108 relativamente estável. Os índices: basal, canal, de enriquecimento e de estrutura podem  
109 fornecer informações sobre a estrutura da comunidade de nematoides em ambientes  
110 estruturados, estáveis e rapidamente degradados, além de indicar a dinâmica das teias  
111 alimentares do solo (FERRIS; TUOMISTO, 2015). Zhong; Zeng; Jin (2017) mostraram  
112 que as práticas de adição de resíduos promovem a abundância e a biomassa  
113 microbiana dos nematoides. A aplicação de resíduos resulta em uma via de  
114 decomposição com predominância bacteriana.

115 Os índices ecológicos no estudo de comunidades de nematoides foram  
116 analisados e caracterizados por Bongers (1990). O autor classificou os  
117 nematoides de solo como, “colonizadores” e “persistentes” criando uma escala

118 de classificação de 1 a 5 de acordo com a estratégia de vida dos nematoides,  
119 chamados valores *c-p* (colonizadores-persistentes). Esses valores são  
120 essenciais para a obtenção de índices ecológicos, a exemplo do índice de  
121 maturidade, índice de maturidade modificado, índice de maturidade para  
122 nematoides com valores *c-p* variando de 2 a 5 e índice de parasita de plantas e  
123 guildas funcionais.

124 O Índice de Maturidade (MI) avalia níveis de perturbação numa escala que  
125 vai desde valores menores que 2 em sistemas perturbados enriquecidos por  
126 nutrientes, a mais ou menos 4 em ambientes mais estáveis ou menos  
127 perturbados. Isso, sem levar em consideração nematoides parasitas de plantas,  
128 pois, sua ocorrência e abundância são em grande parte determinado pela  
129 estrutura da comunidade, assim como o vigor das plantas que crescem no solo  
130 (BONGERS; FERRIS, 1999).

131 O Índice de Maturidade (MI<sub>2-5</sub>) avalia a perturbação considerando apenas  
132 nematoides com valor *c-p* de 2 a 5. Por serem considerados oportunistas e  
133 aumentarem sua população quando há adição de nutrientes, os nematoides  
134 colonizadores *cp*=1 podem influenciar o cálculo do IM por não expressar  
135 adequadamente se houve mudança nas condições ecológicas do solo em longo  
136 prazo (BONGERS; KORTHALS, 1993). O índice de Parasita de Plantas (PPI) é  
137 calculado da mesma forma que o índice de maturidade, porém, considerando  
138 apenas nematoides parasitas de plantas. Esse índice tem uma relação inversa  
139 com o MI (Índice de maturidade) quando os sistemas são submetidos a maioria  
140 das atividades agrícolas (BONGERS; FERRIS, 1999). O índice de estrutura  
141 (“structure index”: SI) indica a localização da cadeia alimentar na trajetória da  
142 “estruturação” da comunidade e foi elaborado com ênfase em nematoides  
143 predadores, onívoros e bacteriófagos, de crescimento lento e baixa reprodução  
144 com valores *c-p* 3, 4 e 5, calculado pela fórmula:  $SI = 100 \times (s / (s + b))$  (FERRIS;  
145 BONGERS; DE GOEDE, 2001).

146 O Índice de enriquecimento (“enrichment index”: EI), que apresenta a  
147 localização da cadeia alimentar na trajetória de “enriquecimento” nutricional do  
148 solo, foi elaborado com ênfase em nematoides bacteriófagos e micófitos de  
149 crescimento rápido com valores *c-p* 1 e 2 e é calculado pela seguinte fórmula:  
150  $(EI = 100 \times (e / (e + b)))$ . O Índice Basal (BI), é baseado na abundância de  
151 nematoides oportunistas, é um indicador basal de condição perturbada da cadeia  
152 trófica do solo. O Índice de Canal (CI) sinaliza se a via de decomposição

153 predominante é fúngica (CI alto) ou bacteriana (CI baixo) (FERRIS; BONGERS;  
154 DE GOEDE, 2001).

155 Como o índice de Shannon-Weaver atribui pesos iguais a todos os  
156 nematoides, o índice Simpson (Ds) pode ser usado para avaliar a dominância,  
157 atribuindo-se pesos maiores aos nematoides mais abundantes (CARES;  
158 HUANG, 2008) e a sua transformação em loge (H2) oferece uma medida  
159 alternativa da diversidade (YEATES; BONGERS, 1999; GOULART, 2007).

160

### 161 **2.3. Atributos biológicos do solo**

162

163 A importância dos microrganismos do solo justifica-se em razão das  
164 funções que estes exercem, como na ciclagem e reciclagem de nutrientes,  
165 decomposição da matéria orgânica e sua incorporação às frações orgânicas  
166 presentes no solo, formação e estabilização de agregados de solo, controle  
167 biológico e a fixação de N<sub>2</sub>, entre outras. Funções estas, fundamentais para a  
168 qualidade do solo e sustentabilidade dos agroecossistemas (FRANCHINI et al.,  
169 2011).

170 A respiração basal juntamente com o quociente metabólico externa a  
171 eficiência de diferentes sistemas de manejo. Quando o quociente metabólico  
172 expressa altos valores indica que os microrganismos do solo, quando  
173 submetidos a condições de estresses, consomem mais carbono oxidável para  
174 sua manutenção (PARTELLI et al., 2012). Os parâmetros microbianos têm sido  
175 utilizados com êxito na avaliação da qualidade ambiental dos solos, a exemplo  
176 da biomassa microbiana do solo, sendo uma fonte de nutrientes instáveis,  
177 portanto um agente de transformação (BALOTA et al., 2015).

178 As avaliações relacionadas à atividade microbiana são importantes quando  
179 se pretende conhecer as transformações ocorridas no solo, as quais podem ser  
180 determinadas pela quantificação das frações de carbono e nitrogênio do solo,  
181 pois, participam do compartimento microbiano, atividade respiratória e  
182 enzimática (PEIXOTO, 2010). A biomassa microbiana do solo tem sido utilizada  
183 como indicador de alterações e de qualidade de ecossistema capaz de refletir as  
184 mudanças de uso do solo (FERNANDES et al., 2013). O carbono da biomassa  
185 microbiana constitui um reservatório de nutrientes disponíveis às plantas,  
186 representando a fração mais ativa da matéria orgânica do solo, sendo a principal

187 responsável pela decomposição de resíduos orgânicos, pela ciclagem e pelo  
188 fluxo de energia dentro do solo (CUNHA et al., 2011).

189 Quando se objetiva analisar qualitativamente um solo, indicadores  
190 microbiológicos como o carbono da biomassa microbiana, respiração e  
191 quociente metabólico são os mais sensíveis aos impactos ocasionados pelo  
192 manejo, tendo em vista que influenciam a atividade metabólica dos  
193 microrganismos do solo (ALVES et al., 2011). Estudando os atributos biológicos  
194 do solo, Mendes et al. (2012) e Cunha et al. (2011) verificaram que estes  
195 atributos apresentam um bom desempenho como indicador de mudança na  
196 qualidade de um solo e ressaltaram a importância dos microrganismos do solo  
197 como principais reguladores na ciclagem de nutrientes.

198

#### 199 **2.4. *Crotalaria spectabilis*: Ciclo do Nitrogênio, Fixação Biológica do** 200 **Nitrogênio, Formação dos Nódulos, Potencial de Nodulação pela Simbiose** 201 **Rizóbio-leguminosa e Efeito da Planta no Controle dos Nematoides**

202

203 No ciclo do Nitrogênio, a comunidade microbiana do solo é influenciada por:  
204 tipo de solo, conteúdo de água, temperatura, pH, oxigênio, intensidade de uso  
205 da terra e cobertura vegetal. Esta comunidade (bactérias) presente no solo é  
206 responsável pelas várias transformações no ciclo de nitrogênio, como a fixação  
207 de N<sub>2</sub>, N-mineralização, nitrificação, oxidação da amônia e a desnitrificação,  
208 impactando diretamente as plantas presentes no ecossistema.

209 A fixação biológica do nitrogênio, onde ocorre a conversão do gás N<sub>2</sub> a  
210 amônia biologicamente disponível, fornece nitrogênio para os ecossistemas. A  
211 oxidação autotrófica da amônia é um processo que ocorre em duas etapas: a  
212 primeira etapa consiste na conversão da amônia em nitrito, sendo realizada por  
213 bactérias oxidantes de amônia e *Archaea*; a segunda etapa em sua subsequente  
214 conversão em nitrato, é realizada por bactérias oxidantes de nitrito. As bactérias  
215 oxidantes da amônia e *Archaea* executam um passo limitador na taxa de  
216 nitrificação e possuem papel na regulação da dinâmica do nitrogênio no solo  
217 (HAYDEN et al., 2010).

218 Dentre os ciclos existentes na natureza, o do Nitrogênio é um dos mais  
219 importantes e inclui quatro principais processos microbiológicos: Fixação do N<sub>2</sub>,  
220 mineralização, nitrificação e desnitrificação. Supunha-se inicialmente que a  
221 produção microbiana de óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) e nitrogênio molecular (N<sub>2</sub>) no

222 decurso do N cíclico ocorresse apenas entre os procariontes, através da  
223 nitrificação autotrófica (ex. *Nitrosomonas* sp.), para produzir N<sub>2</sub>O durante a  
224 oxidação aeróbia da amônia (NH<sub>3</sub>), limitando a disponibilidade de oxigênio (O<sub>2</sub>);  
225 ou que ocorresse por desnitrificação heterotrófica (ex. *Pseudomonas* sp.), para  
226 produzir ambos os gases, durante a redução anaeróbia de Nitrato (NO<sub>3</sub>) via  
227 nitrito (NO<sub>2</sub>) e óxido nítrico (NO) para NO<sub>2</sub> e, finalmente, a N<sub>2</sub> (SPOTT;  
228 RUSSOW; STANGE, 2011).

229 Kelley (2012) sugeriu que a nitrificação era o processo dominante no ciclo  
230 do nitrogênio. Os principais processos microbiológicos da transformação de N  
231 nos solos, como amonificação, nitrificação, desnitrificação heterotrófica e  
232 quimiodenitrificação abiótica são consideradas importantes vias de produção e  
233 consumo do solo. A quimiodenitrificação, descreve o estritamente químico, ou,  
234 conversão não enzimática de nitrito (NO<sub>2</sub>) ou nitrato (NO<sub>3</sub>) em Nitrogênio gasoso,  
235 neste processo requer a presença de amônio (NH<sub>4</sub>), aminas ou metais reduzidos,  
236 bem como alta matéria orgânica do solo (BRU et al., 2010); MEDINETS et al.,  
237 2015).

238 O ciclo do nitrogênio envolve um conjunto de compostos de N  
239 transformados por plantas e microbiota do solo. Alguns destes compostos de N,  
240 tais como o óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) ou o nitrato (NO<sub>3</sub>), são poluentes ambientais que  
241 comprometem a biodiversidade, a saúde humana e o clima atmosférico global.  
242 A conversão do N<sub>2</sub> em nitrogênio reativo, apoia diretamente ou indiretamente o  
243 crescimento da biomassa. Os compostos do nitrogênio reativo, incluem o  
244 nitrogênio oxidado, tais como o óxido nítrico (NO), dióxido de nitrogênio (NO<sub>2</sub>),  
245 óxido nitroso (N<sub>2</sub>O), nitrato (NO<sub>3</sub>), nitrito (NO<sub>2</sub>), bem como a redução das  
246 espécies de nitrogênio, amônia (NH<sub>3</sub>) e amônio (NH<sub>4</sub>), sais, bem como  
247 orgânicos, na sua forma mais simples de ureia, derivados de amina ou N orgânico  
248 em proteínas. Os principais processos naturais que criam biologicamente o N  
249 disponível são a fixação espontânea (relâmpagos) e a fixação biológica do  
250 nitrogênio em ecossistemas aquáticos e terrestres (FOWLER et al., 2013; DENK  
251 et al., 2017).

252 Uma das fases do ciclo de nitrogênio, a nitrificação, é um processo  
253 biologicamente responsável por enormes perdas de fertilizantes nitrogenados, e,  
254 vem contribuindo para a poluição ambiental. Através de inibidores seletivos,  
255 demonstra-se que os nitrificadores heterotróficos podem contribuir no processo  
256 de nitrificação, podendo ser executado por bactérias e fungos. A nitrificação no

257 solo é geralmente considerada um processo que ocorre em duas etapas: em que  
258 a amônia é primeiramente oxidada em nitrito por oxidantes de amônia e, logo em  
259 seguida, ao nitrato por bactérias nitriteoxidizante.

260 A nitrificação pode levar a lixiviação de nitrato, perdas de fertilizantes  
261 nitrogenados e ao aumento da emissão de gases de efeito estufa. Estudos  
262 recentes sugerem que a nitrificação pode ocorrer em valores de pH muito baixo  
263 em torno de 3,0 LI et al.(2018a). No decorrer do ciclo do nitrogênio, o óxido  
264 nitroso é emitido durante os processos microbiológicos de conversão de  
265 nitrogênio, quando a produção de  $N_2O$  excede o consumo de  $N_2O$ . A magnitude  
266 da produção de  $N_2O$  em detrimento ao consumo, varia com o pH (BLUM et al.,  
267 2018).

268 A fixação biológica do nitrogênio é uma das principais vias de N para  
269 ecossistemas terrestres, e, é realizada por organismos de vida livre e  
270 simbióticos. A relação simbiótica ocorre entre as plantas e a raiz vegetal para  
271 ocorrência da fixação, resultando no surgimento de nódulos (LI et al., 2018 b)

272 No ciclo do nitrogênio, as bactérias diazotróficas atuam estimulando o  
273 crescimento das plantas, contribuindo para o metabolismo do vegetal de  
274 diferentes formas. Por exemplo: além da fixação adequada de  $N_2$  atmosférico,  
275 as bactérias diazotróficas também podem modificar indiretamente a captação de  
276 nutrientes do solo, aumentando o sistema radicular, ou diretamente, estimulando  
277 o transporte de nitrogênio as plantas. Estas bactérias que se encontram isoladas  
278 na rizosfera, tendo capacidade de produção de reguladores de crescimento, que  
279 estimulam o desenvolvimento radicular, aumentando a capacidade de absorção  
280 de nutrientes pelas plantas (PEDULA et al., 2016).

281 O nitrogênio é um dos elementos essenciais para a vida. Contudo, apenas  
282 suas duas formas inorgânicas, a amônia e o nitrato, são utilizadas pelos  
283 organismos para a geração de novas fontes de biomassa. As transformações  
284 ocorridas do nitrogênio dentro do seu ciclo são: fixação biológica (Conversão de  
285  $N_2$  em Nitrogênio biologicamente disponível), nitrificação (processo que converte  
286 amônia em nitrito e depois nitrato), denitrificação (processo que converte o nitrato  
287 em gás nitrogenado, removendo o nitrogênio biodisponível e devolvendo-o à  
288 atmosfera), oxidação anaeróbica de amônia (em que as bactérias de oxidação  
289 atuam oxidando a amônia, usando o nitrito como aceptor do elétron para produzir  
290 o nitrogênio gasoso) e amonificação (disponibilidade da amônia para

291 aproveitamento das plantas e microrganismos, através da decomposição de  
292 tecidos de um organismo que morreu).

293         Conforme Ward (2011), a fixação biológica do nitrogênio é a redução do  
294 gás atmosférico do nitrogênio à amônia, e a nitrificação, uma das fases do ciclo  
295 do nitrogênio, seria a oxidação da amônia a nitrato, através do nitrito. Nesta fase,  
296 dois grupos de microrganismos atuam em parceria para realizar este processo:  
297 a bactéria amoníaco-oxidante e a *Archaea*, convertendo a amônia ao nitrito, e as  
298 bactérias nitrito-oxidantes, que convertem nitrito a nitrato. Palatinszky (2015)  
299 sugere que a nitrificação é um processo que ocorre em duas etapas, na primeira  
300 etapa, as bactérias e *Archaea* oxidam a amônia (NH<sub>3</sub>) ao Nitrito (NO<sub>2</sub>), a amônia  
301 é fornecida por bactérias que fixam o gás nitrogênio (N<sub>2</sub>). Na outra etapa, o nitrito  
302 é então oxidado ao nitrato (NO<sub>3</sub>), por outras bactérias.

303         A nitrificação remove a amônia e produz nitrato, ocorrendo também o  
304 retorno do gás nitrogênio à atmosfera (GALLOWAY, 2013). Esta fase tem efeitos  
305 indesejáveis no meio ambiente, pois, ocasiona a acidificação do solo, toxicidade  
306 do nitrato na água potável, eutrofização e esgotamento do oxigênio nos sistemas  
307 marinhos, contribuindo para o aquecimento global.

308         A simbiose leguminosa-rizóbio, ocorre para a formação dos nódulos,  
309 através da associação das bactérias fixadoras de nitrogênio, genericamente  
310 chamadas de rizóbios, com as raízes das plantas. O exsudato das raízes das  
311 plantas leguminosas, como flavonoides, isoflavonas, entre outros, servem como  
312 um sinal para certas espécies de *rizóbios*. Este sinal atrai a bactéria para a raiz  
313 e uma série complexa de eventos são realizadas. Em seguida, a captação das  
314 bactérias na raiz desencadeia o processo da fixação biológica do nitrogênio em  
315 nódulos formados (BERNHARD, 2010). A formação dos nódulos ocorre através  
316 da invasão das bactérias fixadoras de nitrogênio ou diazotróficas que possuem  
317 a enzima nitrogenase.

318         O processo de nodulação inicia-se quando acontece o reconhecimento  
319 da combinação adequada, por parte da planta e bactéria, dando-se em seguida  
320 a adesão da bactéria aos pelos radiculares e a invasão destes, através do pelo  
321 radicular, ocorrendo o deslocamento das bactérias para as células corticais  
322 através do cordão de infecção (hilo). Ao chegar às células corticais dá-se a  
323 diferenciação das bactérias em um novo tipo de bactérias, os bacteroides,  
324 iniciando-se a fixação do nitrogênio, com a ativação da enzima nitrogenase, nos

325 bacteroides e a formação da leghemoglobina (hemoglobina das leguminosas)  
326 (DENARDIN, 2007).

327 As leguminosas, como as crotalárias, possuem um papel fundamental nos  
328 ecossistemas naturais, uma vez que são responsáveis por uma parte do fluxo de  
329 nitrogênio atmosférico para formas assimiláveis (MARSCHNER, 2011). São excelentes  
330 devido à capacidade de fixar N<sub>2</sub> em simbiose com o rizóbios, como adubo verde em  
331 sistemas agrícolas sustentáveis, contribuindo com quantidades elevadas de N fixo (300-  
332 350 kg N ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>), favorecendo o crescimento da planta, e, eliminação de  
333 fitonematoides (KIMENJU et al., 2009; DEEPHA et al., 2014).

334 O sucesso no processo de nodulação após a inoculação com rizóbio é  
335 determinado por vários fatores tais como fertilidade do solo e competitividade  
336 das estirpes dos inoculantes, avaliadas pela capacidade de sobreviver e  
337 colonizar as raízes das plantas em um ambiente com abundância de  
338 microrganismos nativos produzindo nódulos capazes de prover fixação de N<sub>2</sub>  
339 (MELCHIORRE et al., 2011). O estudo da diversidade e a seleção de rizóbios  
340 nativos eficientes adaptados em cada região são essenciais para o sucesso da  
341 fixação biológica do nitrogênio nas condições em que se pretende cultivar a  
342 leguminosa (ELBOUTAHIRI; THAMI-ALAMI; UDUPA, 2010; LORITE et al., 2010;  
343 CHANG et al., 2011; FONTOURA et al., 2011; MARTINS et al., 2011).

344 A crotalária é uma planta da subfamília papilionoideae (papilionáceas)  
345 capaz de fixar o N<sub>2</sub> atmosférico, sendo utilizada como adubo verde para várias  
346 finalidades (cobertura de solo, consórcio, rotação, sucessão, pré cultivo,  
347 forrageiras) nas mais diversas condições edafoclimáticas (LIMA, 2016). A  
348 utilização de adubos verdes é uma alternativa utilizada no controle, e, ou,  
349 minimização de comunidades de fitonematoides (FILHO et al., 2014).

350 Utilizando plantas antagonistas como a *Crotalaria spectabilis* e o feijão  
351 guandu (*Cajanus cajan* (L.) Millsp.) para manejo de *Pratylenchus zaei*, Melo  
352 Santana et al. (2012a) confirmaram que estas plantas foram eficientes para o  
353 controle populacional do nematoide após 60 e 110 dias de cultivo,  
354 independentemente do tipo de solo onde foram cultivadas. Aumento de 38 e 56%  
355 na massa das raízes infectadas com o nematoide foram alcançados com a  
356 aplicação de extratos de *Crotalaria breviflora* e *C. spectabilis*, respectivamente,  
357 em comparação à testemunha (GARDIANO et al., 2010).

358



359 **2.5. Reuso de água na agricultura: Qualidade de água para irrigação,**  
360 **Implicações negativas e positivas nas relações entre os microrganismos**  
361 **do solo e nas relações no sistema solo-planta.**

362

363 O uso de águas residuárias tratadas mostra-se uma alternativa em  
364 potencial, de baixo custo, como fonte de nutrientes às plantas. Além de diminuir  
365 as restrições na utilização da água, uso desse resíduo traz vários benefícios  
366 ambientais, incluindo a absorção e a reciclagem dos nutrientes. Os efluentes  
367 garantem o aumento na produtividade das culturas irrigadas e a possibilidade de  
368 aumento do valor agregado do produto, devido à diminuição dos custos de  
369 produção com irrigação e fertilizantes além de servir de suprimento nutricional  
370 às plantas (OLIVEIRA et al., 2012); OLIVEIRA et al., 2013).

371 Efluentes tratados de esgoto representam uma fonte de água e nutrientes  
372 disponível para uso em irrigação durante os períodos de estiagem (SHAER-  
373 BARBOSA et al., 2014). A utilização de esgotos tratados na agricultura requer  
374 práticas tecnicamente adequadas de tratamentos e de disposições no ambiente,  
375 pois, as águas residuárias, apresentam concentrações de íons dissolvidos como  
376 sódio, boro e cloretos (DEON et al., 2010). O efluente possui altos valores de  
377 razão de adsorção de sódio (RAS), elevando a percentagem de sódio trocável  
378 (PST) dos solos irrigados, o que pode provocar redução da condutividade  
379 hidráulica e drenagem (GONÇALVES et al., 2007).

380 Uma desvantagem própria aos processos anaeróbios é a produção de um  
381 efluente que contém fração remanescente de matéria orgânica, expressa como,  
382 DQO (demanda química de oxigênio), compostos reduzidos, como íons amônio  
383 e sulfeto, além de fosfatos (SOARES, 2014). Há necessidade de precauções  
384 quanto ao manejo do efluente, a fim de não causar efeitos nocivos, como a  
385 salinização do solo e contaminação das águas subterrâneas, bem como a  
386 transmissão de patógenos e parasitas causadores de doenças (BARROSO;  
387 WOLFF, 2011). No entanto, os nutrientes presentes nas águas residuárias  
388 proporcionaram melhor crescimento e desenvolvimento das culturas, a exemplo  
389 do algodoeiro (FIDELIS FILHO et al., 2005; SOUSA NETO et al., 2012).

390 As concentrações de cloretos presentes nas águas de irrigação podem ser  
391 absorvidas pelas raízes, movimentados pelo caule e acumulando nas folhas, ou,  
392 diretamente pelas folhas durante a irrigação por aspersão, causando  
393 queimaduras nas plantas mais sensíveis. O cloreto causa o desequilíbrio

394 nutricional, já que estes íons impedem a absorção de elementos essenciais para  
395 o desenvolvimento das plantas, como exemplo, o nitrato, proporcionando  
396 deficiências de nitrogênio (BERNARDO; SOARES; MANTOVANI, 2008).

397 A reutilização de águas residuais tratadas, proveniente de estações de  
398 tratamento de esgoto, em particular para a irrigação, é uma prática cada vez  
399 mais comum, incentivado por governos e entidades oficiais em todo o mundo. A  
400 irrigação com água residuária pode ter implicações em dois níveis diferentes:  
401 alterar as propriedades físico-químicas e microbiológicas do solo e/ou introduzir  
402 e contribuir para o acúmulo de contaminantes químicos e biológicos no solo. O  
403 primeiro pode afetar a produtividade e fertilidade do solo; o segundo pode  
404 representar sérios riscos à saúde humana e ambiental. A reutilização de águas  
405 residuais na agricultura sustentável deve impedir os dois tipos de efeitos,  
406 exigindo uma avaliação holística e integrada de risco (CASTRO et al., 2015).

407 A utilização de métodos alternativos (como o reuso de água proveniente de  
408 estações de tratamento de esgoto) no fornecimento de água para irrigação tem  
409 se tornado opção economicamente viável e ambientalmente sustentável, já que  
410 é grande a utilização de água pelo setor agrícola (ANA, 2017). Os sistemas de  
411 tratamento de esgoto por lagoas de estabilização são reconhecidos como o único  
412 processo biológico capaz de promover elevados níveis de desinfecção dos  
413 esgotos. Porém, quando se tem apenas lagoas anaeróbias (tratamento primário)  
414 e facultativas (tratamento secundário), a remoção de coliformes é parcial e  
415 dificilmente se obtém concentrações de coliformes fecais no EET abaixo de  $10^5$   
416 NMP/100 ml, o que por sua vez gera restrições para o lançamento em corpos  
417 d'água e para o uso agrícola, onde as concentrações desejáveis são inferiores a  
418  $10^3$  NMP/100 ml (GONÇALVES, 2003).

419 Águas residuais urbanas tratadas são compostas principalmente por  
420 partículas e matéria orgânica dissolvida, e substâncias inorgânicas (por exemplo,  
421 N, P, K, Na, Ca, Mg, Cl e B), contendo também microrganismos, incluindo  
422 organismos patogênicos e bactérias (VARELA; MANAIA, 2013). A análise da  
423 água de um manancial pode evidenciar o uso inadequado no solo, os efeitos do  
424 lançamento de efluentes, as limitações de uso e o potencial de autodepuração,  
425 isto é, sua capacidade de restabelecer o equilíbrio após o recebimento de  
426 efluentes (VON SPERLING, 2005).

427 As condições geológicas e geomorfológicas da cobertura vegetal da bacia  
428 de drenagem, do comportamento dos ecossistemas terrestres e de águas doces

429 e das ações do homem também são determinantes para a qualidade da água  
430 (HESPANHOL, 2002). A vantagem do reuso de efluente, por exemplo, de esgoto  
431 doméstico tratado, é permitir a melhor conservação dos corpos hídricos e aportar  
432 consideráveis quantidades de nutrientes ao solo, refletindo-se em melhoria de  
433 sua fertilidade o que eleva a produtividade das culturas e redução dos custos  
434 com adubação mineral (SOUZA et al., 2012).

435 O Brasil dispõe de elevada quantidade de água, porém, a sequência de  
436 períodos secos e a má gestão e execução dos planejamentos hídricos tem  
437 agravado a crise hídrica. Um bom planejamento implica em melhorar a captação  
438 de recursos hídricos e reduzir o efluente de esgoto doméstico, o que representa  
439 uma estratégia eficaz para a conservação dos recursos naturais. A demanda por  
440 água e o volume de efluente de esgoto doméstico têm crescido a cada ano  
441 (PINHEIRO et al., 2015).

442 Entre os vários benefícios ambientais da irrigação com esgoto tratado  
443 inclui-se a absorção e a reciclagem dos nutrientes em plantas secas e a  
444 prevenção de acúmulo excessivo de nutrientes no solo, especialmente nitrogênio  
445 e potássio (ERTHAI et al., 2010; DE LEMOS et al., 2018). Outra vantagem é,  
446 devido à escassez de água, a redução da eliminação de grandes volumes de  
447 águas residuais e os benefícios econômicos, decorrente da não utilização de  
448 água potável para irrigação da cultura. A irrigação com efluentes tratados fornece  
449 às plantas nutrientes de baixo custo, diminui as restrições na utilização da água  
450 e custos de energia, ocasionando também uma menor emissão de carbono.

451 Cautela deve ser adotada em relação ao meio ambiente e saúde dos  
452 consumidores, pois, podem ocorrer a contaminação por patógenos, sais e metais  
453 pesados oriundos do esgoto tratado (KESER; BUYUK, 2012; UZEN et al., 2016).  
454 Além do mais, o excesso de nutrientes, advindos dos efluentes, pode ter efeito  
455 adverso no solo, com o excesso de fósforo e nitrato, que podem ser lixiviados e  
456 se infiltrarem até as águas subterrâneas, contaminando-as e ocasionando  
457 eutrofização e toxicidade em outros habitats. O acúmulo de nitrogênio afeta a  
458 atividade catabólica da microbiota, em particular a biodegradação dos  
459 compostos de carbono presentes no solo (TRUU; HEINSON, 2009; SIMÕES  
460 et al., 2013).

461 A salinidade excessiva oriunda dos nutrientes dos efluentes, limita o  
462 crescimento, desenvolvimento e produtividade da planta, e, na microbiota do  
463 solo, está relacionada com a alteração da estrutura do solo e com a diminuição

464 do potencial osmótico. A salinidade e sodicidade também exercem influência na  
465 comunidade fúngica, reduzindo a diversidade e biomassa desses  
466 microrganismos, como também, aumentando os níveis de estresses e redução  
467 do metabolismo microbiano. Na planta a salinidade tem influência na  
468 mineralização do carbono e nitrogênio, retardando também o processo de  
469 nitrificação (KE et al.,2013).

470 Uzen et al. (2016) constataram acúmulo de metais pesados no solo após a  
471 irrigação com o efluente, evidenciando este acúmulo com a redução da atividade  
472 da fosfatase alcalina e teor de ATP no solo, como também a supressão e  
473 alteração da esporulação e da diversidade de fungos micorrízicos arbusculares  
474 e o surgimento de resistência metálica em bactérias. Um aspecto negativo  
475 evidenciado por Magesan et al. (1999) foi que o crescimento bacteriano  
476 estimulado pela irrigação por efluente levou à formação de biofilmes, ocorrendo  
477 o entupimento dos espaços porosos entre as partículas, afetando a  
478 condutividade elétrica do solo.

479 Embora os efluentes tratados possam fornecer nutrientes em excesso às  
480 necessidades da planta, causando problemas relacionados com o crescimento  
481 vegetativo, atraso na maturação e redução da qualidade (UZEN et al., 2016),  
482 tem sido verificado que efluente tratado atende, se não todos, pelo menos à  
483 maioria das necessidades nutricionais das plantas, favorecendo o crescimento e  
484 o índice morfológico (REBOUÇAS et al., 2010; RODRIGUES et al., 2013; DE  
485 LIMA RODRIGUES et al., 2016; BRITO et al., 2018)

486 Nos estudos realizados por Pereira et al. (2011) foi verificado que em  
487 relação à composição do efluente de esgoto doméstico, cerca de 66% dos  
488 macros e micronutrientes estão sob a forma prontamente disponível para  
489 absorção pelas plantas. Em algodoeiro, a irrigação com efluente tratado  
490 aumentou significativamente a percentagem de germinação, o índice de  
491 velocidade de emergência, a altura de plantas, o diâmetro do caule e a área foliar  
492 (SOUSA NETO et al., 2012). Segundo Freitas et al. (2013), os incrementos no  
493 potencial produtivo das plantas devem-se ao aumento dos teores de nitrogênio  
494 promovido pelo efluente tratado.

495 A aplicação de esgoto doméstico tratado afeta a microbiota do solo,  
496 aumentando geralmente a atividade metabólica da biomassa e respiração  
497 microbiana ativa (através da liberação de CO<sub>2</sub>), provavelmente devido à maioria  
498 dos microrganismos do solo ser heterotrófica e o aporte de fontes de carbono

499 orgânico e nitrogênio total oriundas do efluente promover aumento da população  
500 microbiana (TRUU; HEINSON, 2009; SIMÕES et al., 2013; GATTA et al.,  
501 2014).

502 De outra forma, o efeito salino do efluente tratado pode favorecer o  
503 aumento da condutividade elétrica do solo, reduzindo a capacidade da cultura  
504 em absorver água, causando impactos negativos sobre os fatores  
505 microbiológicos do solo, como a redução no estoque de carbono, carbono da  
506 biomassa microbiana, quociente metabólico e quociente microbiano  
507 (CHOWDHURY et al., 2011; SETIA et al., 2013).

508 Avaliando a qualidade de um solo irrigado com efluente tratado, Barbosa et  
509 al. (2018) verificaram que o efluente influenciou nas alterações dos indicadores  
510 relacionadas à acidificação do solo, H + Al e pH, reduzindo a qualidade da função  
511 em relação ao desenvolvimento radicular, aumentou a condutividade elétrica do  
512 extrato de saturação, teor de Na<sup>+</sup> e teor de sódio trocável. O carbono da  
513 biomassa microbiana e o quociente microbiano foram os atributos de maior  
514 sensibilidade às alterações nos dois primeiros.

515 O uso de efluente tratado favoreceu o desenvolvimento das comunidades  
516 biológicas do solo (por exemplo, as cianobactérias, líquenes), o que aprimorou  
517 a disponibilidade de nitrogênio, mas teve pouco efeito nos processos de  
518 decomposição microbiana em solos (HEINZEN et al., 2014). Gatica; Cytryn  
519 (2013) verificaram que a irrigação com efluentes tratados estimulou  
520 significativamente o desenvolvimento de bactérias e fungos copiotróficos,  
521 enquanto a microbiota original do solo foi dominada por bactérias oligotróficas  
522 (requerem menos nutrientes para o crescimento). Os autores também  
523 observaram que a longo prazo essa irrigação resultou em maior abundância  
524 microbiana do solo, induzindo nova composição radicular das comunidades  
525 bacterianas e fúngicas. Contudo, com a suspensão da irrigação, a atividade  
526 microbiana retornou aos níveis de solo irrigado com água de abastecimento,  
527 demonstrando a alta resiliência do microbioma do solo.

528 De Paula et al. (2010) mostraram que o excesso de irrigação de pastagens  
529 de efluentes no Brasil causou pequenos aumentos no estado fisiológico da  
530 comunidade microbiana do solo, mas nenhum dano detectável à pastagem ou  
531 ao solo. A dinâmica microbiana pode mudar gradualmente quando os solos são  
532 irrigados com efluentes tratados, por fornecer ao solo nutrientes extra e  
533 microrganismos benéficos, mas pode igualmente introduzir elementos de traço

534 potencialmente prejudiciais e constituintes orgânicos, tais como metais pesados,  
535 inseticidas e hidrocarbonetos aromáticos polycíclicos, aos solos (CHEN et al.,  
536 2015).

537 Considerando o crescente aumento de geração de resíduos, o uso  
538 responsável dos efluentes apresenta alto potencial como alternativa sustentável  
539 para fins agrícolas e poderá contribuir efetivamente para a segurança dos  
540 recursos hídricos do planeta (WWAP, 2012; SUBRAMANI;  
541 MANGAIYARKARASI; KATHIRVEL, 2014).

542

## 543 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

544

545 ALVES, T. S.; CAMPOS, L. L.; ELIAS NETO, N.; MATSUOKA, M.;  
546 LOUREIRO, M. F. Biomassa e atividade microbiana de solo sob vegetação  
547 nativa e diferentes sistemas de manejos. **Acta Scientiarum Agronomy**, v.33,  
548 p.341-347, 2011.

549 ARIEIRA, G. O. Diversidade de nematoides em sistemas de culturas e  
550 manejo do solo. Universidade Estadual de Londrina: Londrina, 2012. 98 f.  
551 Dissertação (Mestrado em Agronomia) -Universidade Estadual de Londrina.  
552 Centro de Ciências Agrárias, Londrina, 2012.

553 BALOTA, E.L; YADA, I. F. U; AMARAL, H. A; NAKATANI, A. S;  
554 HUNGRIA, M; DICK, R. P; COYNE, M.S. Soil Quality in Relation to Forest  
555 Conversion to Perennial or Annual Cropping in Southern Brazil. **Revista**  
556 **Brasileira Ciência do Solo**, v. 39, p. 1003-1014, 2015.

557 BARBOSA, E. A. A.; MATSURA, E.E.; DOS SANTOS, L.N.; NAZÁRIO  
558 A.A.; GONÇALVES, I.Z.; Feitosa, D.R.C. **Revista Brasileira de Engenharia**  
559 **Agrícola e Ambiental**, v.22, p.137-142, 2018.

560 BECERRA-CASTRO, C., LOPES, A. R., VAZ-MOREIRA, I., SILVA, E. F.,  
561 MANAIA, C. M., NUNES, O. C. Wastewater reuse in irrigation: A microbiological  
562 perspective on implications in soil fertility and human and environmental  
563 health. **Environment international**, v. 75, p. 117-135, 2015.

564 BONGERS, T. The maturity index: An ecological measure of  
565 environmental disturbance based on nematode species composition.

566 **Oecologia**, v. 83, p. 14-19, 1990.

567 BONGERS, T.; KORTHALS, G. The maturity index, an instrument to  
568 monitor changes in the nematode community structure. Summaries of the 45 th  
569 international symposium on Crop protection, Gent, Belgium. P.80, 1993.

570 BONGERS, T.; FERRIS, H. Nematode community structure as a  
571 bioindicator in environmental monitoring. **Trends in Ecology & Evolution**, v.  
572 14, p. 224-229, 1999.

573 BRITO, R. F., NETO, M. F., MORAIS, M. A., DA SILVA DIAS, N., & DE  
574 LIRA, R. B. Uso de água residuárias na produção de mudas de a  
575 aroeira. **Revista caatinga**, v. 31, p. 687-694, 2018.

576 CARDOSO, G.D.; ALVES, P.L.C.A.; BELTRÃO, N.E.M.; VALE, L.S.  
577 Períodos de interferência das plantas daninhas em algodoeiro de  
578 fibra colorida BRS Safira. **Revista Ciência Agronômica**, v. 41, p. 456-462,  
579 2010.

580 CARES, J.E; HUANG, S.P. Nematoides de solo. In: MOREIRA, F.M.S;  
581 HUISING, E.J; BIGNELL, D.E. Manual de biologia dos solos tropicais:  
582 Amostragem e caracterização da biodiversidade. Lavras, UFLA, 151p., 2010.

583 CARRASCOSA, M., SANCHEZ-MORENO, S., ALONSO-PRADOS, J.L.  
584 Relationships between nematode diversity, plant biomass, nutrient cycling and  
585 soil suppressiveness in fumigated soils. **European Journal of Soil Biology**, v.  
586 62, p.49-59, 2014.

587 CARVALHO, L. P.; ANDRADE, F. P.; SILVA FILHO, J. L. Cultivares de  
588 algodão colorido no Brasil. **Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas**,  
589 v.15, p.37-44, 2011.

590 CHEN, W.; LU, S; PAN, N.; WANG, W.; WU, L. Impact of reclaimed water  
591 irrigation on soil health in urban green areas. **Chemosphere**, v. 119 p. 654-661,  
592 2015.

593 CHOWDHURY, N.; MARSCHNER, P.; BURNS, R. G. Soil microbial  
594 activity and community composition: Impact of changes in matric and osmotic  
595 potential. **Soil Biology and Biochemistry**, v.43, p.1229- 1236, 2011.

596 CORRÊA, A. L., DE SOUZA ABOUD, A. C., MARINHO GUERRA, J. G.,  
597 DE AGUIAR, L. A., DUARTE RIBEIRO, R. D. L. Adubação verde com crotalária  
598 consorciada ao minimilho antecedendo a couve folha sob manejo orgânico.  
599 **Revista Ceres**, v.61, p. 956-963, 2014.

600 CUNHA, E. Q.; STONE, L. F.; FERREIRA, E. P. B.; DIDONE, A. D.;  
601 MOREIRA, A. A.; LEANDRO, W. M. Sistemas de preparo do solo e culturas de

602 cobertura na produção orgânica de feijão e Milho. II - Atributos biológicos do  
603 solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 35, p. 603-611, 2011.

604 DE ARAÚJO, E. A.; KER, J. C.; NEVES, J. C. L.; LANI, J. L. Qualidade do  
605 solo: conceitos, indicadores e avaliação. **Applied Research &**  
606 **Agrotechnology**, v. 5, p. 187-206, 2012.

607 DEEPHA, V.; PRAVEENA, R.; SIVAKUMAR, R.; SADASIVAM, K.  
608 Experimental and theoretical investigations on the antioxidant activity of  
609 isoorientin from *Crotalaria globosa*. *Spectrochimica Acta Part A: **Molecular and***  
610 ***Biomolecular Spectroscopy***, v. 121, p. 737-745, 2014.

611 DE LEMOS, M.; FERREIRA NETO, M.; DE MEDEIROS, J.F.; DIAS, N.S.;  
612 SILVA, E.F.F.; LIRA, R.B.; NETO, M.F.; MEDEIROS, J.F. Nutritional evaluation  
613 of forage cactus fertigated with domestic sewage effluent. **Revista Caatinga**, v.  
614 31, p. 476 – 486, 2018.

615 DENK, T. R. et al. The nitrogen cycle: A review of isotope effects and  
616 isotope modeling approaches. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 105, p. 121-  
617 137, 2017.

618 DE PAULA, A. M.; DA FONSECA, A. F.; CARDOSO, E. J. B. N.; MELFI,  
619 A. J. Microbial metabolic potential affected by surplus wastewater irrigation in  
620 tropical soil cultivated with Tifton 85 Bermuda grass (*Cynodon dactylon* Pers. X  
621 *C. niemfuensis* Vanderyst). **Water, air, and soil pollution**, v. 205, p. 161, 2010.

622 ECHER, F. R. et al. Estresse hídrico induzido por manitol em cultivares de  
623 algodão. **Revista Ciência Agronômica**, v. 41, p. 638-645, 2010.

624 EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária.  
625 Algodão Colorido: “Tecnologia Embrapa para a geração de emprego e  
626 renda na agricultura familiar do Brasil”. EMBRAPA-CNPQ, Campina Grande,  
627 Brasil, p.2, 2011. (Circular Técnico, 17).

628 ERTHAL, V. J., FERREIRA, P. A., de MATOS, A. T.; PEREIRA, O. G.  
629 Alterações físicas e químicas de um Argissolo pela aplicação de água  
630 residuária de bovinocultura. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e**  
631 **Ambiental**, v. 14, p. 467-477, 2010.

632 FERNANDES, M. M.; SILVA, M. D.; VELOSO, M. E. C.; OLIVEIRA, T. M.;  
633 FERNANDES, M. R. M.; SAMPAIO, F. M. T. Biomassa microbiana e matéria  
634 orgânica em áreas desertificadas revegetadas com pinhão-manso solteiro e  
635 consorciado com gramínea no Sui do Piauí. **Revista Brasileira de Ciências**  
636 **Agrárias**, v. 8: p. 464-469, 2013.



637 FERRIS, H.; BONGERS, T.; GOEDE, R.G.M. A framework for soil food  
638 web diagnostics: extension of the nematode faunal analysis concept. **Applied**  
639 **Soil Ecology**, v. 18, p. 13-29, 2001.

640 FERRIS, H.; TUOMISTO, H. Unearthing the role of biological diversity in  
641 soil health. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 85, p. 101-109, 2015.

642 FOWLER, D. et al. The global nitrogen cycle in the twenty-first century.  
643 **Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B,**  
644 **Biological Sciences**, v. 368 (1621), 2013.

645 FRANCHINI, J. C; COSTA, J. M; TORRES, H. D. E. Importância da  
646 rotação de culturas para a produção agrícola sustentável no Paraná. Empresa  
647 Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Embrapa Soja, Ministério da Agricultura,  
648 Pecuária e Abastecimento. Documentos 327. ISSN 2176-2937. Jun. 2011.

649 FREITAS, C. A., da SILVA, A. R., BEZERRA, F. M., MOTA, F. S.,  
650 GONÇALVES, L. R., BARROS. Reuse of treated domestic sewage effluent as  
651 an alternative water source for the production of sugarcane. **Revista Brasileira**  
652 **de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, p. 727-734, 2013.

653 GARDIANO, C. G.; DALLEMOLE-GIARETTA, R.; LOPES, E. A.; ZOOCA,  
654 R. J. F.; FERRAZ, S.; FREITAS, L. G. D. Atividade nematicida de extratos de  
655 sementes de espécies de *Crotalaria* sobre *Meloidogyne javanica*. **Revista**  
656 **Trópica: Ciências Agrárias e Biológicas**, v. 4, p. 1-7, 2010.

657 GARRIDO, M. D. S.; SOARES, A. C. F.; COIMBRA, J. L.; SOUSA, C. D.  
658 S. Management of crotalaria and pigeon pea for control of yam nematode  
659 diseases. **Summa phytopathologica**, v. 34, p. 222-227, 2008.

660 GATTA, G. A.; LIBUTTI, A. GAGLIARDI, L.; BENEDEUCE, L.; BRUSETTI, L.;  
661 BORRUSO, G.; DISCIGLIO, E. Tarantino treated agro-industrial wastewater  
662 irrigation of tomato crop: effects on qualitative/quantitative characteristics of  
663 production and microbiological properties of the soil. **Agricultural Water**  
664 **Management**, v. 149, p. 33-43, 2014.

665 GATICA, J.; CYTRYN, E. Impact of treated wastewater irrigation on  
666 antibiotic resistance in the soil microbiome. **Environmental Science and**  
667 **Pollution Research**, v. 20, p. 3529-3538, 2013.

668 GUTIÉRREZ, C.; FERNÁNDEZ, C.; ESCUER, M.; CAMPOS-HERRERA,  
669 R.; RODRÍGUEZ, M.E.B.; CARBONELL, G.; MARTÍN, J. A. R. Effect of soil  
670 properties, heavy metals and emerging contaminants in the soil nematodes  
671 diversity. **Environmental Pollution**, v. 213, p. 184–194, 2016.

672 HAYDEN, H. L., DRAKE, J., IMHOF, M., OXLEY, A. P., NORNG, S., &  
673 MELE, P. M. The abundance of nitrogen cycle genes amoA and nifH depends  
674 on land-uses and soil types in South-Eastern Australia. **Soil Biology and**  
675 **Biochemistry**, v. 42, p. 1774-1783, 2010.

676 HEINZE, S.; CHEN, Y.; EL-NAHHAL, Y.; HADAR, Y.; JUNG, R.; SAFI, J.;  
677 MARSCHNER, B. Small scale stratification of microbial activity parameters in  
678 Mediterranean soils under freshwater and treated wastewater irrigation. **Soil**  
679 **Biology and Biochemistry**, v. 70, p. 193-204, 2014.

680 HESPANHOL, I. Potencial de reuso de água no Brasil: agricultura,  
681 indústria, município e recarga de aquíferos. **Revista Brasileira de Recursos**  
682 **Hídricos**, v. 7, n. 4, p. 75-95, 2002.

683 JERÔNIMO, J. F. et al. Qualidade da semente e fibra de algodão na  
684 caracterização do descaroçador de 25 serras. **Revista Brasileira de**  
685 **Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 18, n. 6, p. 664- 671, 2014.

686 KAGGWA-ASIIMWE R.; ANDRADE-SANCHEZ, P.; WANG, G. Plant  
687 architecture influences growth and yield response of upland cotton to population  
688 density. **Field Crops Research**, v. 145, p.52-59, 2013.

689 KIMENJU, J. W.; KARANJA, N. K.; MUTUA, G. K.; RIMBERIA, B. M.;  
690 WACHIRA, P. M. Nematode community structure as influenced by land use and  
691 intensity of cultivation. **Tropical and Subtropical Agroecosystems**, v.11,  
692 p.353-360, 2009.

693 LI, Y.; CHAPMAN, S. J.; NICOL, G. W.; YAO, H. Nitrification and nitrifiers  
694 in acidic soils. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 116, p. 290-301, 2018.

695 LU, Z. B.; DONG, D. F.; YANG, B.; LI, L. L.; YU, Y.; OUYANG, F.; MEN, X.  
696 Y. Effects of crop species richness on the community of soil nematodes in an  
697 experimental agroecosystem. **European journal of soil biology**, v. 73, p. 26-  
698 33, 2016.

699 MAGESAN, G. N.; SPARLING, G. P., WILLIAMSON, J. C.; SCHIPPER, L.  
700 A.; LLOYD-JONES, A. R. Hydraulic conductivity in soils irrigated with  
701 wastewaters of differing strengths: Field and laboratory studies. **Soil Research**,  
702 v. 37, p. 391-402, 1999.

703 MEDINETS, S.; SKIBA, U.; RENNENBERG, H.; BUTTERBACH-BAHL, K.  
704 A review of soil NO transformation: associated processes and possible  
705 physiological significance on organisms. **Soil Biology and Biochemistry**, v.  
706 80, p. 92-117, 2015.

707 MENDES, I. C.; FERNANDES, M. F.; CHAER, G. M.; REIS JUNIOR, F.B.  
708 dos. Biological functioning of Brazilian Cerrado soils under different vegetation  
709 types. **Plant and Soil**, v. 359, p. 183–195, 2012.

710 PALATINSZKY, M.; HERBOLD, C.; JEHLICH, N.; POGODA, M.; HAN,  
711 P.; VON BERGEN, M.; BERRY, D. Cyanate as an energy source for  
712 nitrifiers. **Nature**, v. 524, p. 105, 2015.

713 PARTELLI, F. L.; VIEIRA, H. D.; FERREIRA, E. P. B.; VIANA, A. P.;  
714 MARTINS, M. A.; URQUIAGA, S. Chemical and microbiological soil  
715 characteristics under conventional and organic coffee production systems.  
716 **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 43, n. 2, p. 847-864,  
717 2012.

718 PEIXOTO, F. G. T. Biomassa microbiana e atividade enzimática em solos  
719 do estado de São Paulo sob vegetação nativa e cultivados. Universidade  
720 Estadual Paulista Júlio Mesquita Filho Faculdade de Ciências Agrárias e  
721 Veterinárias Jaboticabal, São Paulo, 2010. 69f. Dissertação.

722 PEREIRA, B.F.F.; HE, Z.L.; SILVA, M.S.; HERPIN, U.; NOGUEIRA, S.F.;  
723 MONTES, C.R.; MELFI, A.J. Reclaimed wastewater: impact on soil-plant  
724 system under tropical conditions. **Journal of Hazardous Materials**, v.192,  
725 p.54-61, 2011.

726 PINHEIRO, M.I.T; CAMPO, J.N.B; STUDART, T.M.C; LUNA, R.M;  
727 SANTOS, E.M.A. Programas de segurança da água: conceitos e práticas. 85  
728 SANTOS, MATSURA, SANTOS. **Revista de Ingeniería y Ciencias**  
729 **Ambientales: Investigación, desarrollo y práctica**, v.8, p.131-146, 2015.

730 RIGON, J. C. S.; de BRITO NETO, J. F.; BELTRÃO, N. D. M; SILVA, F. D.  
731 F. Utilização da torta de mamona e de fontes de nitrogênio durante o  
732 crescimento inicial do algodão colorido. In: Embrapa Algodão-Artigo em anais  
733 de congresso (ALICE). In: CONGRESSO BRASILEIRO DO ALGODÃO;  
734 COTTON EXPO, 1., 2011, São Paulo. Evolução da cadeia para construção de  
735 um setor forte: Anais. Campina Grande, PB: Embrapa Algodão, 2011.

736 SAMMIS, T. W.; PICCHIONI, J. G; MEXAL, G.; SAUCEDO, D.  
737 Management Model for Land Application of Wastewater, p. 261-273, 2013.

738 SÁNCHEZ-MORENO, S.; CANO, M.; LÓPEZ-PÉREZ, A.; BENAYAS, J.  
739 M. R. Microfaunal soil food webs in Mediterranean semi-arid agroecosystems.  
740 Does organic management improve soil health? **Applied Soil Ecology**, v. 125,  
741 p. 138-147, 2018.

742 SETIA, R.; GOTTSCHALK, P.; SMITH, P.; MARSCHNER, P.; BALDOCK,  
743 J.; SETIA, D.; SMITH, J. Soil salinity decreases global soil organic carbon  
744 stocks. **Science of The Total Environment**, v. 465, p. 267-272, 2013.

745 SPOTT, O.; RUSSOW, R.; STANGE, C. F. Formation of hybrid N<sub>2</sub>O and  
746 hybrid N<sub>2</sub> due to codenitrification: First review of a barely considered process of  
747 microbially mediated N-nitrosation. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 43, p.  
748 1995-2011, 2011.

749 SOUSA NETO, O. N.; ANDRADE FILHO, J.; DIAS, N. D. S.; REBOUÇAS,  
750 J. R.; OLIVEIRA, F. R.; DINIZ, A. A. Fertigation of cotton with treated domestic  
751 sewage. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 16, p.  
752 200-208, 2012.

753 STEPHENSON, D. O.; BARBER, T.; BOURLAND, F. M. Effect of twin-row  
754 planting pattern and plant density on cotton growth, yield, and fiber quality.  
755 **Journal of Cotton Science**, v. 15, p. 243-250, 2011.

756 TRUU, M.; TRUU, J.; HEINSOO, K. Changes in soil microbial community  
757 under willow coppice: the effect of irrigation with secondary-treated municipal  
758 wastewater. **Ecological engineering**, v. 35, p. 1011-1020, 2009.

759 UZEN, N.; CETIN, O.; UNLU, M. Effects of domestic wastewater treated  
760 by anaerobic stabilization on soil pollution, plant nutrition, and cotton crop  
761 yield. **Environmental monitoring and assessment**, v. 188, p. 664, 2016.

762 WARD, Bess B.; ARP, Daniel J.; KLOTZ, Martin G. (Ed.). **Nitrification**.  
763 American Society for Microbiology Press, 2011.

764 WWAP – World Water Assessment Programme. The United Nations  
765 World Water Development Report 4: Managing Water under Uncertainty and  
766 Risk. (4<sup>th</sup> ed.). Paris: UNESCO. 2012.

767 YEATES, G.W.; BONGERS, T. Nematodes diversity in agroecosystems.  
768 **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 74, p. 113-135, 1999.

769 ZILLI, J. E.; MARSON, L. C.; MARSON, B. F.; RUMJANEK, N. G.;  
770 XAVIER, G. R. Contribuição de estirpes de rizóbio para o desenvolvimento e  
771 produtividade de grãos de feijão-caupi em Roraima. **Acta Amazonica**, v.39,  
772 p.749-758, 2009.

773 ZHONG, S.; ZENG, H.C.; JIN, Z.Q. Influences of different tillage and  
774 residue management systems on soil nematode community composition and  
775 diversity in the tropics. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 107, p. 234-243,  
776 2017.

777

**CAPÍTULO II**

778

---

**EFEITO DE ÁGUA RESIDUÁRIA DE ESGOTO DOMÉSTICO TRATADO**

779

**SOBRE ATRIBUTOS BIOLÓGICOS DO SOLO E ALGODOEIRO COLORIDO**

780           **EFEITO DE ÁGUA RESIDUÁRIA DE ESGOTO DOMÉSTICO TRATADO**  
781           **SOBRE ATRIBUTOS BIOLÓGICOS DO SOLO E ALGODOEIRO COLORIDO**

782

783

**RESUMO**

784

785 A principal vantagem do aproveitamento de efluentes de esgoto doméstico  
786 tratado, com finalidade agrícola, consiste na conservação da água disponível e  
787 na reciclagem de nutrientes. O objetivo do trabalho foi avaliar o efeito da água  
788 residuária de esgoto doméstico tratada sobre o desenvolvimento e produtividade  
789 do algodoeiro colorido e atributos biológicos do solo em condições semiáridas.  
790 O experimento foi conduzido em Ibimirim - PE, em delineamento experimental  
791 inteiramente casualizado com quatro tratamentos (água de abastecimento,  
792 efluente do reator UASB, efluente do decanto digestor + filtro anaeróbio e  
793 efluente do filtro anaeróbio) e seis repetições, em uma área de 228 m<sup>2</sup>. As  
794 análises fundamentaram-se no desenvolvimento e produtividade da cultivar de  
795 algodoeiro colorido BRS RUBI, umidade e evolução C-CO<sub>2</sub> do solo, comunidade  
796 de nematoides e índices ecológicos. A aplicação dos efluentes de esgoto  
797 tratados promoveram aumento no diâmetro do caule, área foliar e altura de  
798 plantas, umidade e evolução C-CO<sub>2</sub> do solo em relação ao uso de água de  
799 abastecimento. Os nematoides bacteriófagos foram os mais abundantes e, os  
800 onívoros, os menos abundantes. O índice de parasito de planta foi o mais  
801 sensível ao distúrbio promovido pela aplicação dos efluentes.

802

803 **Palavras-chave:** Diversidade trófica, Filtro Anaeróbico, *Gossypium hirsutum*,  
804 Nematóide, Reator UASB.

805

806           **EFFECT OF TREATED DOMESTIC SEWAGE WASTEWATER ON SOIL**  
807           **BIOLOGICAL ATTRIBUTES AND COLORFUL COTTON**

808

809

**ABSTRACT**

810

811 The main advantage of treated domestic sewage effluent reuse for agricultural  
812 purpose consist in water conservation and nutrients recycling. The objective of  
813 the work was to evaluate the effect of treated domestic sewage effluent on  
814 development and production of colored cotton and biological soil attributes under

815 semiarid conditions. It was implemented two experiments. The first experiment  
816 was carried out in field, in Ibimirim – PE, Brazil, through completely randomized  
817 design with four treatments (water supply, UASB (Upflow Anaerobic Sludge  
818 Blanket) reactor, decant-digester effluent + anaerobic filter, and effluent from  
819 anaerobic filter) and six replicates, in a 228-m<sup>2</sup> area. Analysis based on  
820 development and productive of colored cotton cultivar BRS RUBI, soil humidity  
821 and C-CO<sub>2</sub> evolution, nematode community, and ecological index. The treated  
822 domestic sewage effluent application increased stem diameter, leaf area, and  
823 plant height, but did not affect crop production, soil humidity and C-CO<sub>2</sub> evolution  
824 comparing to water supply. The bacterivorous nematodes were the most  
825 abundant, and the omnivorous the less one. The plant-parasite index was the  
826 most sensitive to disturbers came from the effluent application.

827

828 **Keywords:** Trophic diversity, Anaerobic filter, *Gossypium hirsutum*, Nematode,  
829 UASB reactor.

830

## 831 INTRODUÇÃO

832

833 O Algodoeiro herbáceo (*Gossypium hirsutum*) é cultivado nas regiões  
834 semiáridas desempenhando importante papel econômico e social. É utilizado em  
835 indústrias têxtil, na produção de óleo comestível e tem função de  
836 complementação alimentar para animais (ALVES et al., 2008; CARDOSO et al.,  
837 2010). O algodoeiro colorido BRS Rubi possui ciclo médio de 130 dias após a  
838 emergência, tem vigor de crescimento médio, peso médio de um capulho em  
839 torno de 4,8 gramas, é moderadamente suscetível ao nematoide das galhas,  
840 *Meloidogyne* spp., e tem indicação geográfica para plantio na região Nordeste  
841 (EMBRAPA, 2019).

842 O reuso de água na agricultura apresenta-se como uma alternativa para a  
843 escassez de água, como também, para agregar ganhos sociais e ambientais, devido à  
844 possibilidade de minimizar a poluição dos mananciais e direcionar a liberação dos  
845 recursos hídricos para outras atividades (ANA, 2011). A utilização das águas residuárias  
846 de esgoto tratado na irrigação garante a reciclagem de nutrientes, reduz a quantidade  
847 de fertilizantes e ajuda a preservação do meio ambiente (SOUZA et al., 2010;  
848 ASGHARIPOUR; AZIZMOGHADDAM, 2012; SARAIVA; KONIG, 2013).

849 A utilização de água residuária tratada promove melhorias nas  
850 características de comprimento, índice de fibras e finura das fibras do algodoeiro.  
851 De acordo com Lima (2018), o esgoto tratado é uma fonte hídrica para o cultivo  
852 de algodoeiro de fibra colorida no sertão do Estado de Pernambuco,  
853 economizando 100% de água de boa qualidade.

854 Em se tratando da microbiota do solo, as respostas das influências dos efluentes  
855 sobre os microrganismos são variadas, incluem aumento da biomassa e da atividade de  
856 microrganismos e promovem diferentes tipos de alterações na estrutura da comunidade  
857 microbiana (ADROVER et al., 2012). A atividade biológica do solo irrigado com efluente  
858 doméstico tratado é afetada principalmente pelo conteúdo de matéria orgânica do solo  
859 (GATTA et al., 2015).

860 Conseqüentemente, a aplicação de água residuária tratada em longo prazo afeta  
861 a dinâmica e abundância da microbiota e microfauna do solo, incluindo-se os  
862 nematoides. A diversidade e abundância dos nematoides reflete a comunidade  
863 microbiana do solo que pode ser estimulada, pelo aumento de carbono e nutrientes  
864 disponíveis, bem como inibida, devido à presença de antagonistas ou poluentes (GATTA  
865 et al., 2014).

866 O objetivo do trabalho foi avaliar o efeito de água residuária de esgoto doméstico  
867 tratado sobre o desenvolvimento e produtividade do algodoeiro colorido e atributos  
868 biológicos do solo.

869

## 870 **MATERIAL E MÉTODOS**

871

### 872 **Localização da área geográfica**

873 O experimento foi conduzido no período de 15 de abril de 2016 a 2 de  
874 setembro de 2016, em condições de campo, na Unidade Piloto de Reuso  
875 Hidroagrícola de Esgoto Doméstico, Município de Ibimirim – PE (latitude de 8°  
876 32' 26" Sul, longitude de 37° 41' 25" com altitude média de 401 m na região  
877 semiárida do Estado de Pernambuco, a 333,0 km de Recife.

878

### 879 **Caracterização da área experimental**

880 O clima da região, de acordo com a classificação de Köppen (1948), é do  
881 tipo BSw'h', semiárido muito quente, com precipitação média anual de 454,0 mm  
882 e temperatura média anual em torno de 24,7 °C. Os meses mais quentes do ano  
883 possuem registros máximos de temperatura que variam de 35 a 40 °C,  
884 principalmente nos meses de novembro e dezembro, enquanto a temperatura



885 mínima média é de aproximadamente 23,0 °C, especialmente nos meses de  
886 julho a agosto.

887 O solo da área é classificado como Neossolo Quartzarênico Órtico típico  
888 A moderado e o relevo é predominantemente plano. A coleta foi realizada na  
889 camada de 0-20 e 20-40 cm do solo, conforme metodologia proposta por  
890 Donagema et al. (2011). A textura do solo é franco arenosa com 760, 80 e 160  
891 g kg<sup>-1</sup> de areia, silte e argila, respectivamente. A caracterização química do solo  
892 da área experimental, o número de dias para cada fase de desenvolvimento da  
893 cultura, e os valores diários de ETo, ETc e Kc durante o período experimental  
894 encontram-se nas Tabelas 1, 2 e Figura 1, respectivamente.

895

896 **Tabela 1.** Caracterização química do solo da área experimental em Ibimirim, PE  
897 2015.

Prof. (m)	P (mg. dm <sup>-3</sup> )	pH (H <sub>2</sub> O)	Ca	Mg	Na	K	Al	H	CTC	S	m	V
			(cmolc.dm <sup>-3</sup> )						(%)			
0,00-0,20	25	4,60	1,25	0,75	0,03	0,19	0,15	1,41	3,80	2,20	6	59
0,20-0,40	19	4,30	1,40	0,70	0,04	0,24	0,40	1,74	4,50	2,40	14	53

898 Fonte: Instituto Agrônomo de Pernambuco (IPA), 2015

899

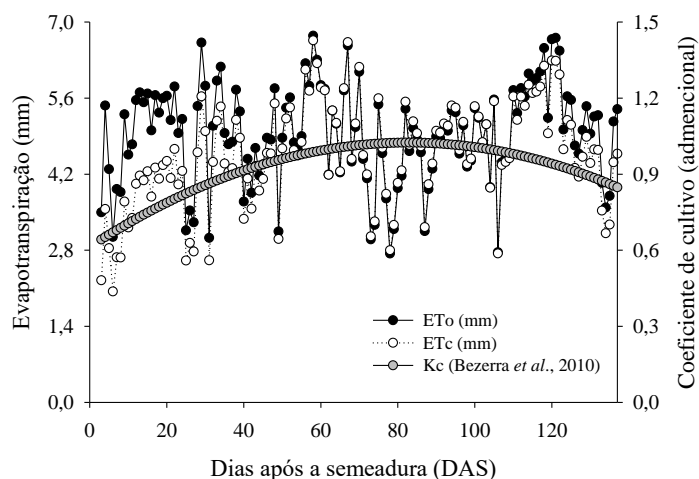
900 **Tabela 2.** Ciclo fenológico do algodoeiro colorido, cv. BRS Rubi, durante o  
901 período experimental em Ibimirim, PE

Fases	Estádios de desenvolvimento <sup>1</sup>	DAE <sup>2</sup>	Duração <sup>3</sup>
I	Emergência a 10% de cobertura do solo	1-19	19
II	10% de cobertura do solo ao início da floração	20-41	22
III	Início da floração ao início da maturação	42-88	48
IV	Início ao final da maturação	89-130	41

902 <sup>(1)</sup> Determinado de acordo com observações diárias de campo; <sup>(2)</sup> Dias após a

903 emergência; <sup>(3)</sup> em dias. Fonte: Lima, 2018

904



905

906 **Figura 1:** Médias mensais da evapotranspiração de referência (ETo), da cultura  
 907 (ETc) e coeficiente de cultivo (Kc) do algodoeiro colorido BRS Rubi durante o  
 908 período experimental. Fonte: Lima, 2018.

909

### 910 **Delineamento Experimental e Tratamentos**

911 A cultivar utilizada no experimento foi BRS RUBI fornecida pela Embrapa  
 912 Algodão. A semeadura foi realizada manualmente, com espaçamento de 1,00 m  
 913 entre fileiras e 0,20 m entre plantas, deixando-se após o desbaste duas plantas  
 914 por cova (10 plantas). Cada parcela foi composta de três fileiras simples de  
 915 plantas de 3 m<sup>2</sup> de comprimentos, totalizando uma área experimental de 216 m<sup>2</sup>.  
 916 A área útil foi formada pela fileira central, deixando-se como bordadura 0,5 m em  
 917 cada extremidade.

918 O experimento foi conduzido com o delineamento experimental  
 919 inteiramente casualizado com quatro tratamentos e seis repetições. Os  
 920 tratamentos foram constituídos por aplicação de irrigação com: esgoto doméstico  
 921 tratado por método híbrido = UASB (T1); esgoto doméstico tratado por método  
 922 decanto digestor + filtro anaeróbio (T2); esgoto doméstico tratado por filtro  
 923 anaeróbio (T3), água de abastecimento (testemunha); totalizando 24 parcelas  
 924 experimentais (Figura 2). Foram analisadas as três plantas centrais de cada  
 925 parcela.

926



927

928

929 **Figura 2:** Área experimental. Fonte: Autor, 2019.

930

### 931 **Origem e características dos efluentes de esgoto doméstico tratado**

932 O esgoto bruto foi proveniente do sistema de esgotamento condominial  
933 implantado para o atendimento de 500 habitações, cerca de 3.000 habitantes,  
934 em torno das proximidades do bairro Lajes, Ibimirim, PE. O tratamento do esgoto  
935 bruto foi realizado na área experimental e compreende a passagem deste, por  
936 um tratamento preliminar composto por uma grade de barras de ferro (Figura  
937 3A), onde, foi realizado o tratamento preliminar, seguindo depois para a  
938 barragem adjacente para sedimentação (Figura 3B), e em seguida para a caixa  
939 de areia associada a uma calha Parshall (Figura 3C) para conduzir o efluente ao  
940 poço úmido (Figura 4D), respectivamente.

941



942



943



944

945 **Figura 3-** Tratamento preliminar. Fonte: Autor, 2016.

946

947 Após esta etapa, o efluente seguiu para um poço úmido e estação  
948 elevatória de onde foi bombeado para os sistemas de tratamento secundário. As  
949 três configurações de tratamento de esgoto doméstico são as seguintes: Reator  
950 de manta de lodo e fluxo ascendente (UASB) dotado de um compartimento  
951 aeróbio com fluxo descendente associado a uma lagoa de polimento (LP);  
952 Decanto-digestor (DG) associado em série com um filtro anaeróbio e em série  
953 com uma lagoa de estabilização (LE); e Filtro anaeróbio (FA) em série com uma  
954 lagoa de estabilização (LE). Tanto o decanto-digestor, quanto o filtro anaeróbio,  
955 possuem capacidade de tratamento de  $8,0 \text{ m}^3 \text{ dia}^{-1}$ , com tempo de detenção  
956 hidráulica de 2,2 h. Tanto a lagoa de polimento quanto as lagoas de estabilização  
957 foram dimensionadas de modo a apresentar as dimensões de 3,0 m de largura,  
958 7,0 m de comprimento e 1,0 m de profundidade.

959

### 960 **Manejo de Irrigação**

961 O manejo da irrigação foi realizado via clima ao longo do desenvolvimento  
962 da cultura. O cálculo da  $ET_c$  foi determinado com base na evapotranspiração  
963 diária de referência ( $ET_o$ ) estimada pelo modelo de Penman-Monteith - FAO  
964 (Allen et al., 1998) (Equação 1) com coeficiente de cultivo ( $K_c$ ) adotado de  
965 Bezerra et al. (2010) (Equação 2). Os dados climáticos para a determinação da  
966  $ET_o$  foram obtidos em estação meteorológica de observação de superfície  
967 automática (marca Campbell Scientific, modelo CR1000, Logan, Utah, USA)  
968 instalada nas proximidades da área experimental.

$$969 \quad ET_o = \frac{0,408(Rn - G) + \gamma \frac{900}{T_2 + 273} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0,34u_2)} \quad \text{eq. (1)}$$

970 Em que:

971  $ET_o$  – evapotranspiração de referência,  $\text{mm dia}^{-1}$ ;

972  $Rn$  – radiação líquida na superfície da cultura,  $\text{MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$ ;

973  $G$  – densidade de fluxo de calor no solo,  $\text{MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$ ;

974  $T_2$  – temperatura do ar a 2 m de altura,  $^{\circ}\text{C}$ ;

975  $u_2$  – velocidade do vento a 2 m de altura,  $\text{m s}^{-1}$ ;

976  $e_s$  – pressão de saturação de vapor,  $\text{KPa}$ ;

977  $e_a$  – pressão atual de vapor, KPa;  
978  $(e_s - e_a)$  – déficit de pressão de saturação de vapor, KPa;  
979  $\Delta$  – declividade da curva de pressão de vapor de saturação versus  
980 temperatura, KPa °C<sup>-1</sup>;  
981  $\gamma$  – constante psicrométrica, KPa °C<sup>-1</sup>.

$$982 K_c = 0,632 + 0,009 * DAE - 0,00006 * DAE^2 \quad \text{eq. (2)}$$

983 Em que:

984  $K_c$  – coeficiente de cultivo adotado, adimensional;

985 DAE – dias após a emergência das plantas.

986 Para o cálculo da  $ET_o$ , foram utilizados dados diários de temperatura média  
987 do ar, umidade relativa média, velocidade do vento e radiação solar. A estimativa  
988 da  $ET_c$  foi realizada com os dados de  $ET_o$ ,  $K_c$  e o coeficiente de localização  
989 médio ( $K_L$ ), que varia de 0 a 1, para a correção da  $ET_c$  conforme Equação 3.

$$990 ET_C = ET_o K_C K_{L_{méd}} \quad \text{eq. (3)}$$

991 Em que:

992  $ET_c$  – evapotranspiração da cultura, mm dia<sup>-1</sup>;

993  $ET_o$  – evapotranspiração de referência, mm dia<sup>-1</sup>;

994  $K_c$  – coeficiente de cultivo, de acordo com a fase fenológica da cultura,  
995 adimensional;

996  $K_{L_{méd}}$  – coeficiente de localização médio, dependente da percentagem de  
997 área sombreada, adimensional.

998 O coeficiente de localização médio ( $K_{L_{méd}}$ ) foi determinado considerando a  
999 projeção da área sombreada ( $S$ ) da planta ao meio-dia, ao longo do seu  
1000 desenvolvimento conforme Aljibury; Marsh; Huntamer (1974) (Equação 4),  
1001 Decroix (1978) (Equação 5), Hoare; Garzoli; Blackwell (1974) (Equação 6), Keller  
1002 (1978) (Equação 7) e Keller; Bliesner (1990) (Equação 8), e obtido pela média  
1003 aritmética destes:

$$1004 K_L = 1,34 * S \quad \text{eq. (4)}$$

$$1005 K_L = 0,10 + S \quad \text{eq. (5)}$$

$$1006 K_L = S + 0,50 * (1 - S) \quad \text{eq. (6)}$$

$$1007 K_L = S + 0,15 * (1 - S) \quad \text{eq. (7)}$$

$$1008 K_L = 0,10 * \sqrt{S} \quad \text{eq. (8)}$$

1009 Os valores de coeficiente de localização médio ( $K_{L_{méd}}$ ) adotados no manejo  
1010 da irrigação para o algodoeiro encontram-se na Tabela 3.

1011

1012

1013 A diferenciação das lâminas de irrigação foi caracterizada pelo tempo de  
1014 irrigação ( $T_i$ ) estabelecido para cada tratamento, com  $T_i$  calculado pela Equação  
1015 9 e adoção de turno de rega (TR) diário.

$$1016 \quad T_i = \frac{(ET_C)(E_{LL} E_g)}{q_g E_a} 60 \quad \text{eq. (9)}$$

1017 onde:

1018  $T_i$  – tempo de irrigação, min;

1019  $ET_C$  – evapotranspiração da cultura, mm dia<sup>-1</sup>;

1020  $E_{LL}$  – espaçamento entre linhas laterais, m;

1021  $E_g$  – espaçamento entre gotejadores na linha lateral, m;

1022  $q_g$  – vazão do emissor, L h<sup>-1</sup>;

1023  $E_a$  – eficiência do sistema de irrigação, decimal.

1024 A diferenciação das lâminas de irrigação ocorreu a partir do  
1025 estabelecimento da cultura por ocasião do desbaste, 25 dias após a emergência  
1026 (DAE). Ao final do experimento, 135 DAE, a lâmina total de irrigação acumulada  
1027 para cada tratamento foi de 615,49mm ( $L_3$ ).

1028

### 1029 **Caracterização do sistema de irrigação**

1030 A irrigação foi realizada por gotejamento. Nas linhas laterais de distribuição  
1031 de água foram utilizadas fitas gotejadoras autocompensantes de carga hidráulica  
1032 (marca Netafim, modelo Dripnet PC 16250) com diâmetro e vazão nominais de  
1033 16 mm e 2,0 L h<sup>-1</sup>, respectivamente. Para a sucção e recalque do efluente,  
1034 utilizou-se uma bomba centrífuga de eixo horizontal (marca Schneider, com  
1035 potência de 1,0 cv.).

1036

### 1037 **Análises nematológicas e índices ecológicos de nematoides**

1038 As amostras de solos deformadas foram processadas com o auxílio de  
1039 duas peneiras de 60 e 400 mesh para extração, a partir de 300 cm<sup>3</sup> de solo pelo  
1040 método da flotação centrífuga em solução de sacarose por 4 min JENKINS  
1041 (1964). As suspensões obtidas foram mantidas refrigeradas em torno de 6° para  
1042 posterior identificação e contagem.

1043 A estimativa populacional foi obtida por meio da contagem em lâminas de  
1044 Peters por meio de uma alíquota de 1 ml com o auxílio de um microscópio óptico,  
1045 em duas repetições. Os nematoides foram classificados quanto ao hábito

1046 alimentar em cinco grupos tróficos (parasitas de plantas, bacteriófagos,  
1047 micófagos, predadores e onívoros) baseado na morfologia do estoma e esôfago,  
1048 segundo YEATES et al. (1993). Os nematoides parasitas de plantas foram  
1049 identificados a nível de gênero de acordo com MAI et al. (1996) e os nematoides  
1050 de vida livre foram identificados a nível de família conforme a chave de  
1051 identificação de TARJAN et al. (1977).

1052 Alguns nematoides no período anterior ao tratamento não foram verificados  
1053 em nenhuma amostra e, portanto, não foi realizada a ANOVA, como também  
1054 não se efetuou a ANCOVA tendo como covariável estes dados. Por isso para  
1055 alguns nematoides apenas foi analisado o número de espécimes depois.

1056 Os nematoides também foram classificados em guildas funcionais com  
1057 base em hábitos alimentares em cinco grupos de colonizador-persistente (c-p)  
1058 que varia de 1 a 5 onde representam o histórico de vida, características e  
1059 sensibilidade à perturbação ambiental (BONGERS, 1990); BONGERS;  
1060 BONGERS, 1998).

1061 Através das características da comunidade de nematoides do solo foram  
1062 descritos os seguintes índices ecológicos: índice de maturidade (IM), que  
1063 corresponde aos nematoides de vida livre com cp de 1 a 5 de acordo com  
1064 BONGERS (1990); YEATES (1994),  $IM_{2-5}$  para nematoides de vida livre com cp  
1065 de 2 a 5 (BONGERS; KORTHALS, 1993), índice de parasito de planta (IPP) para  
1066 nematoides parasitas de plantas (BONGERS, 1990). Os índices Basal (IB), de  
1067 estrutura (IS), de enriquecimento (IE) e canal (IC) foram calculados segundo  
1068 FERRIS; BONGERS; DE GOEDE (2001).

1069 O cálculo dos índices acima foi realizado pelo programa NINJA – Indicador  
1070 de análise conjunta de nematoides. Alguns nematoides no período anterior ao  
1071 tratamento não foram verificados em nenhuma amostra portanto não foi  
1072 realizada a ANOVA nem a ANCOVA tendo como covariável estes dados. Por  
1073 essa razão, para alguns nematoides, foi determinado apenas o número de  
1074 nematoide depois.

1075

### 1076 **Evolução C-CO<sub>2</sub> do solo**

1077 Foram coletados 100 g de solo em cada parcela na profundidade entre 5-  
1078 20 cm, totalizando 48 amostras nas duas coletas. A respiração do solo foi  
1079 estimada segundo metodologia descrita por GRISI (1978). Neste método, a  
1080 absorção do CO<sub>2</sub> foi feita por uma solução de KOH 0,5 N e, posteriormente,

1081 titulada com HCl 0,1 N, utilizando-se como indicadores a fenolftaleína e o  
1082 alaranjado de metila a 1 %.

1083

#### 1084 **Umidade do solo e desenvolvimento da planta**

1085 Para determinação da umidade do solo as 24 amostras foram pesadas para  
1086 obtenção da massa úmida (g) e depois levadas à estufa a 105 °C por 24 h para  
1087 obtenção da massa seca (g); a umidade (g g<sup>-1</sup>) foi calculada pelo método  
1088 gravimétrico, dividindo-se a massa de água pela massa seca do solo.

1089 A avaliação da altura de planta, diâmetro do caule e área foliar foi realizada  
1090 em quatro plantas de cada parcela, usando-se uma trena, paquímetro digital e  
1091 uma régua, respectivamente. A área foliar foi baseada na equação proposta por  
1092 GRIMES; CARTER (1969).

$$1093 \quad Y = 0,4322 X^{2,3002} \quad \text{eq. (10)}$$

1094 Onde Y= área foliar por folha<sup>-1</sup>; X - comprimento da nervura principal da  
1095 folha do algodoeiro, a área foliar por planta foi determinada pelo somatório da  
1096 área foliar de cada folha. A massa da matéria fresca da parte aérea (folha +  
1097 caule) foi acondicionada em papel Kraft e pesados em balança analítica com  
1098 precisão de 0,01 g. Para determinação da massa seca, as partes das plantas  
1099 foram colocadas em sacos de papel, identificadas e levadas a uma estufa de  
1100 circulação de ar forçado à 65°C (±1) até obtenção de massa constante, sendo  
1101 então pesados em balança digital com precisão de 0,01g.

1102 A colheita ocorreu quando a maioria dos capulhos (70%) se encontravam  
1103 abertos e foi realizada manualmente. Esta avaliação ocorreu na planta  
1104 intermediária da parcela através das seguintes variáveis: número de capulhos  
1105 por planta (ncpp) e peso de um capulho (Pumcap).

1106

#### 1107 **Análises das águas de irrigação**

1108 Para a avaliação da qualidade da água foram determinadas as  
1109 propriedades físico-químicas e microbiológicas da água de abastecimento e dos  
1110 efluentes dos três sistemas de tratamentos (UASB, Decanto Digestor + Filtro  
1111 Anaeróbio e Filtro Anaeróbio). Três amostras simples foram coletadas  
1112 diretamente na saída de cada uma das bombas. Adicionalmente foi determinada  
1113 a densidade dos diferentes tipos de água utilizados. As amostras para as  
1114 variáveis físicas e químicas foram recolhidas em recipientes plásticos de 250 ml  
1115 e, as que foram coletadas para análise microbiológica, em recipientes plásticos



1116 específicos para essa finalidade, foram conservadas sob baixas temperaturas  
 1117 (4°C – 19°C) e transportadas até o laboratório num período menor a 24 horas.  
 1118 Foram analisados os parâmetros: DQO, DBO, SST, CE, pH, dureza total, cálcio,  
 1119 sulfatos, sódio e magnésio, coliformes totais e termotolerantes.

1120

1121 **Tabela 4.** Parâmetros físico-químicos dos tipos de águas usados no  
 1122 experimento.

Parâmetro	Unidades	UASB	Digestor+Filtro anaeróbio	Filtro anaeróbio	Água
DQO	mg de O <sub>2</sub> L <sup>-1</sup>	154,0	436,0	712,0	34,0
DBO	mg de O <sub>2</sub> L <sup>-1</sup>	39,0	99,0	250,0	6,5
CE	µS cm <sup>-1</sup>	2,1	1,9	2,0	0,3
pH	-	7,2	7,1	7,2	9,2
O <sub>2</sub> dissolvido	(%)	46,0	13,1	13,2	85,5
SST	mg L <sup>-1</sup>	-	-	-	-
S dissolvidos	mg L <sup>-1</sup>	-	-	-	-
Dureza Total	mg de CaCO <sub>3</sub> L <sup>-1</sup>	273,4	285,2	306,7	153,3
Cálcio	mg L <sup>-1</sup>	74,9	86,3	89,5	54,4
Sódio	mg L <sup>-1</sup>	133,1	120,9	116,9	19,0
Potássio	mg L <sup>-1</sup>	43,6	38,6	47,6	10,6
Fósforo	mg L <sup>-1</sup>	13,7	12,9	15,5	8,5
Nitrogênio	mg L <sup>-1</sup>	126,0	21,0	28,0	-
Magnésio	mg L <sup>-1</sup>	21,0	17,0	20,2	4,3
Manganés	mg L <sup>-1</sup>	1,30	1,33	1,27	1,28
Ferro	mg L <sup>-1</sup>	9,2	9,0	10,1	10,3
Enxofre	mg L <sup>-1</sup>	5,3	7,8	6,9	4,0
Coliformes totais	NMP/100mL	2,2 x 10 <sup>7</sup>	1,6 x 10 <sup>10</sup>	1,6 x 10 <sup>10</sup>	-
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	1,4 x 10 <sup>7</sup>	3,5 x 10 <sup>9</sup>	1,1 x 10 <sup>9</sup>	-

1123 Fonte: Elaborado pelo autor.

1124

#### 1125 **Análise estatística**

1126 Os dados foram submetidos a análises de variância e covariância, sendo  
 1127 esta última utilizada quando da presença de uma covariável influenciando os  
 1128 resultados (antes e depois). Conjuntamente nas análises, os pressupostos  
 1129 estatísticos (normalidade dos resíduos e homocedasticidade das variâncias)  
 1130 foram verificados por meio do teste de Shapiro-Wilk e teste de Bartlett,  
 1131 respectivamente, ambos a 1% de significância. Na presença de efeito

1132 significativo dos tratamentos ( $p < 0,05$ ), as médias foram comparadas pelo teste  
1133 de Tukey.

1134 Nas ocasiões em que os pressupostos não foram atendidos, optou-se pelo  
1135 teste não paramétrico de Kruskal-Wallis e comparação de médias pelo teste de  
1136 Dunn. Todos os procedimentos realizados foram conduzidos no software (R  
1137 Core Team, 2019), exceto o de Umidade que utilizou o pacote estatístico SAS  
1138 9.0 para Windows (SAS Institute, Inc., Cary, NC, USA, 2001) com os  
1139 procedimentos PROC GLM, para análise de covariância.

1140

## 1141 RESULTADOS E DISCUSSÃO

1142

1143 No que se refere aos componentes da produção para os diferentes tipos de  
1144 água para irrigação não foram observados efeitos significativos para os  
1145 tratamentos testados ( $p > 0,05$ ) (Tabela 5). Dantas et al (2014) obtiveram  
1146 resultados de produtividade similares, avaliando rabanete irrigado com água  
1147 residuária tratada. Essa resposta pode estar relacionada ao tipo de efluente  
1148 tratado aplicado e à condição ambiental da área de cultivo. Os tratamentos com  
1149 águas residuárias e os dados de produtividade também não apresentaram  
1150 efeitos significativos em estudos conduzidos por Gatta et al. (2014); Dos Santos;  
1151 Nascimento; Fidelis Filho (2015).

1152

1153 **Tabela 5.** Produtividade do algodoeiro BRS Rubi após irrigação com água  
1154 residuária no semiárido de Pernambuco.

Tratamento	Número de Capulhos(g)	Peso (capulho)(g)	Massa fresca (caule+folhas) (g)	Massa seca (folha) (g)	Massa seca (caule) (g)
UASB	40,83	184,32	12,89	38,10	212,85
D + AF	24,17	147,02	11,08	25,40	129,70
AF	31,33	147,97	8,99	25,41	159,07
Control	30,67	124,58	9,84	26,71	145,17
F (p)	0,92 (0,45)	0,95 (0,43)	0,69 (0,57)	0,73 (0,55)	1,21 (0,33)
CV (%)	55,24	41,08	46,43	61,16	49,78
Bartlett – p	0,34 ns	0,91 ns	0,22 ns	0,32 ns	0,24 ns

1155 Bartlett – teste de homocedasticidade das variâncias.

1156 (\*\*), (\*) e (NS) significativo a 1 e 5% de probabilidade e não significativo,  
1157 respectivamente.

1158

1159 A irrigação com águas residuárias pode ter impacto na dissolução dos  
1160 nutrientes no solo, resultando em uma liberação mais lenta dos nutrientes  
1161 disponíveis para as plantas (SHAMMI et al., 2016). Resultados diferentes  
1162 ocorreram nos estudos de Deon et al (2010) em que ocorreu ganho de  
1163 produtividade nas plantas que receberam esgoto tratado, evidenciando que a  
1164 utilização dos esgotos tratados pode proporcionar benefícios à cultura.

1165 Avaliando o número de capulhos, Medeiros et al (2007) evidenciaram que  
1166 o uso de efluentes domésticos tratados potencializou a produtividade da gérbera,  
1167 embora a matéria seca das folhas e dos caules não apresentassem diferenças  
1168 significativas entre os tratamentos analisados. Ao contrário, Freitas et al. (2012)  
1169 confirmaram que o esgoto doméstico proporcionou aumento na matéria seca em  
1170 cultivo do girassol, possivelmente, proporcionado pelos nutrientes encontrados  
1171 nos esgotos.

1172 A não ocorrência de efeito significativo na matéria seca pode estar  
1173 associada a uma desordem nutricional (GHOULAM et al., 2002), inibição da  
1174 atividade enzimática (BLAHA et al., 2000) ou redução da capacidade  
1175 fotossintética (ERICE et al., 2011). Muitos estudos apresentam melhor  
1176 adaptação da cultura em águas residuais tratadas. Essa conclusão segue  
1177 quando as plantas se beneficiaram dos nutrientes presentes no esgoto tratado,  
1178 especialmente nitrogênio e fósforo. Esses nutrientes contribuem para o  
1179 crescimento das plantas em comparação com o crescimento associado à água  
1180 de abastecimento.

1181 Contrariando a maior parte dos trabalhos, e, corroborando meus  
1182 resultados, Peres (2004) também não observou ganhos de produtividade  
1183 comparando meloeiro irrigado com esgoto tratado e água de abastecimento.  
1184 Quando o sistema solo-planta é manejado adequadamente promove uma ótima  
1185 absorção e retenção dos nutrientes das águas residuárias fazendo com que  
1186 ocorra incorporação desses nutrientes à massa seca da cultura, promovendo  
1187 ciclagem dos nutrientes, ocorrendo uma menor demanda por fertilização (PIVELI  
1188 et al., 2009).

1189 Não houve diferença significativa entre os nematoides do solo e raiz  
1190 (Tabelas 6 e 7) antes e após a irrigação com águas residuárias. Na Tabela 7, o

1191 F covariável não apresentou efeitos sobre os valores das variáveis analisadas.  
 1192 Ao contrário do observado no presente trabalho, PAN et al (2016) obtiveram  
 1193 resultados significativos para a comunidade de nematoides do solo em estudos  
 1194 com solos incorporados com resíduos orgânicos. Na literatura há uma  
 1195 complexidade entre causa e efeito entre microbiota do solo e águas residuárias  
 1196 tratadas. Uma diminuição na presença de nematoides pode ocorrer devido ao  
 1197 aumento de antagonistas ou nenhum efeito perceptível sobre a comunidade de  
 1198 nematoides sob influência de matéria orgânica (KAYIKCIOGLU., 2012); YIM;  
 1199 TAM., 1999).

1200

1201 **Tabela 6.** Nematoides antes e depois da irrigação com água residuária no  
 1202 semiárido de Pernambuco em solo cultivado com algodão BRS Rubi.

ANTES	HELICOT	RHAB	APHELENC	ACROB	PRATY	
UASB	0	7	0	0	10,17	
D + AF	0	0	0	8,67	0	
AF	8	16,67	8	0	4,83	
Água	3	0	10,5	13,33	4,5	
p-value Kruscal-wallis	0,55 ns	0,08 ns	0,29 ns	0,55 ns	0,52 ns	
DEPOIS	PSILEN	OIONC	PRISMAT	LONGID	DITYL	PRATY
UASB	0,00	11,33	0	0,00	6,17	26,83
D + AF	0,00	21,0	7	0,00	6,00	52,50
AF	2,83	10,00	0	23,00	0,00	18,67
Água	0,00	00,00	0	5,83	0,00	38,83
p-value Kruscal-wallis	0,39 ns	0,50 ns	0,39 ns	0,26 ns	0,55 ns	-
Bartlett - p	-	-	-	-	-	0,38 ns

1203 Dados foram transformados para  $\sqrt{(x+1)}$ .

1204 *RHAB*-Rhabditida, *APHEL*-*Aphelenchus*, *HELICOT*-*Helicotylenchus*, *DORY*-  
 1205 *Dorylamida*, *PSIL*-*Psilenchus*, *OIONC*-*Oionchus*, *PRISMAT*-*Prismatolaimus*,  
 1206 *PRATY*-*Pratylenchus*, *LONGID*-*Longidorus*, *DITYL*-*Ditylenchus* SW – teste de  
 1207 normalidade de Shapiro-Wilk. Bartlett – teste de homocedasticidade das  
 1208 variâncias. (\*\*), (\*) e (NS) significativo a 0,01 e 0,05 de probabilidade e não  
 1209 significativo, respectivamente.

1210

1211 **Tabela 7.** Número de nematoides em raízes em função da irrigação com água  
 1212 residuária no semiárido de Pernambuco.

	ACROB	RHAB	APHEL	HELICOT	DORY
Água	446,83	44,50	18,67	10,00	11,50
UASB	188,17	47,33	62,00	4,83	23,67
D + AF	187,50	62,33	31,67	52,83	3,83
AF	144,50	58,00	16,00	42,33	14,00
Fcovariavel (p)	0,09 (0,77)	0,41 (0,53)	0,24 (0,63)	1,33 (0,26)	0,77 (0,39)
Ftratamento (p)	1,14 (0,36)	0,28 (0,84)	0,44 (0,72)	2,85 (0,06)	0,97 (0,43)
CV	3,29	7,75	12,80	14,94	31,00
Bartlett - p	0,23 ns	0,98 ns	0,40 ns	0,22 ns	0,44 ns

1213 Para todas as variáveis os dados foram transformados para  $\sqrt{(x+1)}$ .

1214 ACRO - Acrobeles, RHAB - Rhabdita, APHEL- Aphelenchus, HELICOT-  
 1215 *Hecicotylenchus*, DORY- Dorylamida. (\*\*), (\*) e (NS) significativo a 1 e 5% de  
 1216 probabilidade e não significativo, respectivamente.

1217

1218 As populações de nematoides foram altamente variáveis entre os  
 1219 tratamentos. O aumento de bacteriófagos (nematoides que utilizam células  
 1220 bacterianas como recurso alimentar) poderia ser atribuído ao aumento da  
 1221 matéria orgânica disponível. A família *Rhabditidae* é a mais bem adaptada a  
 1222 ambientes saprófitos. A composição de diferentes grupos de alimentação pode  
 1223 atuar como potenciais indicadores das mudanças na biota do solo. A dinâmica  
 1224 da comunidade do solo pode mudar gradualmente quando os solos são irrigados  
 1225 com água de efluentes tratados (CHEN et al., 2008).

1226 Não houve efeito significativo ( $p < 0,05$ ) para altura de plantas, diâmetro do  
 1227 caule e área foliar (Tabela 8). Dos Santos Nascimento; Fidelis Filho (2015)  
 1228 obtiveram resultados diferentes para estas variáveis de crescimento em algodão  
 1229 irrigado com efluentes tratados.

1230 **Tabela 8.** Avaliação das componentes de crescimento (AP-altura da planta (cm), DC-diâmetro do caule (cm), AF-área foliar  
 1231 (cm<sup>2</sup> planta<sup>-1</sup>) do algodoeiro BRS Rubi depois da irrigação com água residuária no semiárido de Pernambuco.  
 1232

	AP1	AP2	AP3	AP4	DC1	DC2	DC3	DC4	AF1	AF2	AF3	AF4
Água	62,50	51,75	54,25	49,08	8,91	8,71	6,80	7,57	318,47	320,59	293,45	162,49
UASB	64,75	71,75	74,38	70,25	9,04	10,25	10,03	9,07	499,54	498,23	324,92	262,80
D + AF	66,68	61,33	69,08	62,52	9,34	8,97	9,77	8,66	441,94	322,23	300,64	154,46
AF	72,42	69,53	64,17	71,83	9,69	9,75	9,93	9,83	396,95	398,94	375,58	167,58
Fcovariavel	19,79	17,05	24,73	6,57	24,29	1,96	26,46	11,26	9,81	7,32	1,23	11,41
(p)	(<0,0001)**	(<0,0001)**	(<0,0001)**	(0,02)**	(<0,0001)**	(0,18) ns	<0,0001)**	(0,003)**	(0,006) **	(0,01)**	(0,28) ns	(0,003)**
Ftratamento	0,83	0,80	1,42	2,15	0,36	0,26	2,88	1,52	1,98	0,79	0,21	0,63
(p)	(0,49) ns	(0,51) ns	(0,27) ns	(0,13) ns	(0,78) ns	(0,86) ns	(0,06) ns	(0,24) ns	(0,15) ns	(0,51) ns	(0,89) ns	(0,61) ns
CV	24,12	23,16	19,91	25,23	16,97	29,26	17,00	19,49	36,67	45,59	67,11	73,23
Bartlett - p	0,26 ns	0,09 ns	0,17 ns	0,05 ns	0,48 ns	0,02 **	0,08 ns	0,19 ns	0,03 **	0,05 ns	0,02 **	0,11 ns

1233 Por outro lado, o F covariável apresentou efeito altamente significativo sobre os  
1234 valores das variáveis altura (AP1, AP2, AP3 e AP4), diâmetro (DC1, DC3 e DC4) e na  
1235 área foliar (AF2 e AF4). Estudando os componentes de crescimento da mamona e  
1236 algodão, respectivamente, irrigados com esgotos tratados, Souza et al (2010); Fidelis  
1237 Filho et al (2005) observaram efeitos significativos nos diâmetros caulinares.  
1238 Similarmente, CHEMURA et al (2014) encontraram aumentos significativos no  
1239 diâmetro do caule altura de plantas em cafezais irrigados com águas residuárias.

1240 Os melhores desempenhos com a utilização de água residuária para diâmetro  
1241 do caule, altura de planta e número de folhas devem-se, em grande parte, à  
1242 disponibilidade de nutrientes para as plantas, como nitrogênio, fósforo e potássio,  
1243 destacando-se a contribuição dos dois últimos nutrientes para o bom desenvolvimento  
1244 da planta. Superioridade em diâmetro de caule, altura de plantas, número de folhas e  
1245 área foliar decorrente do uso de águas residuárias em detrimento a água de  
1246 abastecimento também foram relatados por GALBIATTI et al. (2007); Fagundes et al.  
1247 (2007); Nobre et al. (2009); Alves et al. (2009); Rebouças et al. (2010); Freier et al. (2006);  
1248 Costa et al. (2009); Silva et al. (2013).

1249 Ao contrário dos resultados encontrados por vários pesquisadores e dos obtidos  
1250 no presente estudo, Simões et al. (2013) observaram diminuição na altura de planta,  
1251 diâmetro de caule, massa e volume de raiz em plantas de mamona, em função do  
1252 aumento das concentrações de efluente de esgoto tratado. Essa divergência deve-se  
1253 possivelmente ao teor de sódio encontrado na água residuária de esgoto tratado que  
1254 foi superior ao encontrado na água de abastecimento.

1255 Não houve efeito significativo ( $p > 0,05$ ) entre a respirometria e os tratamentos  
1256 (Tabela 9). A respirometria expressa a quantidade de C-CO<sub>2</sub> por unidade de biomassa  
1257 microbiana em um tempo determinado emanado, este valor aumenta na medida que  
1258 aumenta o estresse da comunidade microbiana. Ao avaliar influência de águas  
1259 residuais urbanas e água de abastecimento em diferentes solos, Meli (2002) observou  
1260 que as águas residuais urbanas mostraram pequenos incrementos na respiração de  
1261 solo.

1262 O F covariável não apresentou efeito significativo. Esse resultado pode ser  
1263 explicado por algum nutriente (sais) oriundo do efluente de esgoto tratado que pode  
1264 ter influenciado os microrganismos do solo, alterando a capacidade de mineralização  
1265 da matéria orgânica, e, portanto, a liberação de C-CO<sub>2</sub> (SANTOS et al., 2011). Essa

1266 incorporação da matéria orgânica no solo favorece as atividades dos microrganismos  
 1267 resultando em uma maior mineralização do carbono, liberando CO<sub>2</sub>, influenciando a  
 1268 qualidade do solo SILVA et al. (2012).

1269

1270 **Tabela 9.** Análise de covariância da evolução C-CO<sub>2</sub>.

	Evolução C-CO <sub>2</sub> (mg CO <sub>2</sub> )
Água	680,43
UASB	742,18
D + AF	878,05
AF	861,55
Fcovariável (p)	0,09 (0,77) ns
Ftratamento (p)	0,57 (0,64) ns
CV	17,30
Bartlett - p	0,16

1271 (\*\*), (\*) e (NS) significativo a 1 e 5% de probabilidade e não significativo,  
 1272 respectivamente.

1273

1274 Não se observou diferença significativas ( $p > 0,05$ ) na umidade antes e após o  
 1275 tratamento (Tabela 10). Alguns atributos do solo como a umidade pode sofrer  
 1276 influência pela velocidade na degradação dos resíduos aplicados ao solo (FORTES  
 1277 NETO et al., 2012); SOUZA et al., 2014), pois, criam condições benéficas aos  
 1278 microrganismos do solo (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006); FORTES NETO et al., 2012).

1279

1280 **Tabela 10.** Análise de covariância da umidade

Fonte	GL	F	Pr > F
Uantes	1	0.66	0.4306 ns
Tratamento	3	1.17	0.3256 ns
Uantes *	3	0.49	0.6954 ns
Tratamento			

1281 (\*\*), (\*) e (NS) significativo a 0,01 e 0,05 de probabilidade e não significativo,  
 1282 respectivamente.

1283



1284 Alguns estudos mostram que o fato de a umidade não apresentar efeito  
1285 significativo onde foi aplicado o efluente pode ser devido ao aumento da estabilidade  
1286 dos agregados em água, associado ao aumento da matéria orgânica do solo. Dessa  
1287 forma, o efluente agiu como condicionador, melhorando a agregação do solo (MARIA;  
1288 KOCSSI; DECHEN, 2007); além disso, o acréscimo da atividade microbiana pode ter  
1289 liberado calor, resultado da atividade enzimática e da taxa de biodegradação da  
1290 matéria orgânica contida no efluente (BOEIRA; LIGO; MAXIMILIANO, 2009; SUSZEK  
1291 et al., 2012; ARMENTA et al., 2012).

1292

### 1293 **Análise da nematofauna**

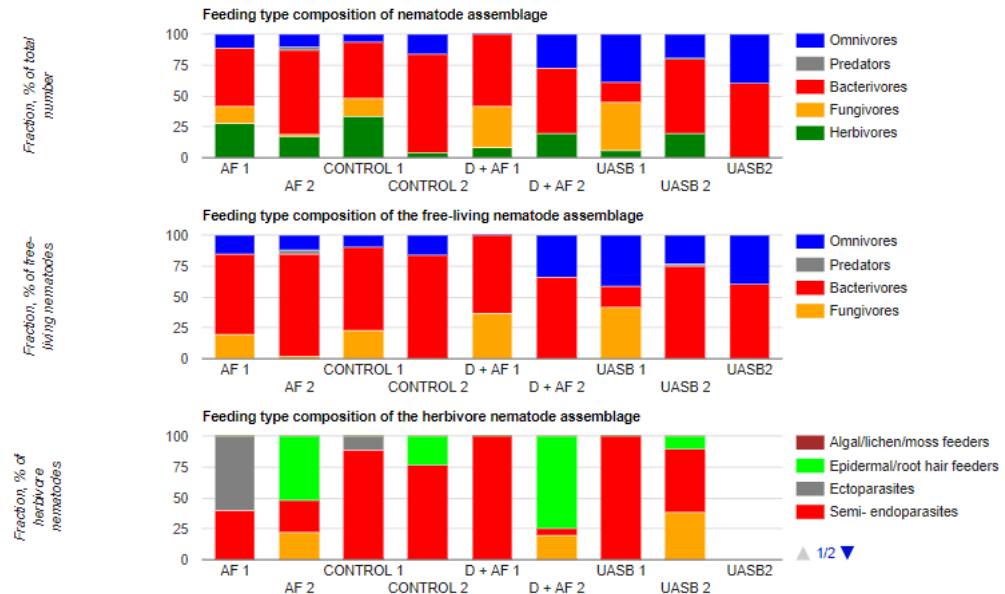
1294 Foram encontradas cinco taxas nas áreas de estudo antes do tratamento (Tabela  
1295 11) e 14 taxas depois dos tratamentos (Tabela 12), durante os períodos avaliados.  
1296 Foram identificados em abundância quatro gêneros (Tabela 11) e cinco gêneros  
1297 (Tabela 12). Os bacteriófagos foram os grupos dominantes (47,9%, 45%, 79,5% e  
1298 54,5%) antes da irrigação e (86,2%, 45,5%, 59,1% e 68,4%) após a irrigação com  
1299 esgoto tratado. Aumento dos parasitos de plantas foi observado depois do  
1300 estabelecimento da cultura e aplicação das águas residuárias tratadas.

1301 Os três principais nematoides presentes nas áreas agrícolas do País cultivados  
1302 com algodão são *Meloidogyne incognita*, *Pratylenchus brachyurus* e *Rotylenchulus*  
1303 *reniformis*. Na área foi encontrado *Pratylenchus* após as aplicações dos tratamentos.  
1304 A distribuição dos nematoides (Figura 4) mostra a predominância dentro dos grupos  
1305 tróficos, ressaltando a dominância dos nematoides bacteriófagos antes e após a  
1306 aplicação dos tratamentos.

1307 Geralmente os grupos tróficos dominantes em agroecossistemas são os  
1308 bacteriófagos e parasitos de plantas (JIANG et al., 2013; HU et al., 2014), sendo  
1309 relatado aumento da abundância de bacteriófagos após a aplicação de resíduos  
1310 (QUIST et al., 2016). Os bacteriófagos são favorecidos pela incorporação da matéria  
1311 orgânica devido ao aumento da atividade das bactérias contribuindo para a  
1312 decomposição desses materiais orgânicos. Estudos mostraram que efluentes tratados  
1313 podem suprimir nematoides parasitos de plantas em condições ambientais  
1314 controladas (MENNAN et al., 2007; ZASADA et al., 2007); ZASADA; TENUTA, 2008).  
1315 O ciclo de vida dos parasitos de plantas é afetado devido ao desenvolvimento de  
1316 organismos antagônicos, como bactérias e fungos bem como competição por espaço

1317 e comida de nematoides de vida livre. Altos níveis de matéria orgânica podem se  
 1318 tornar um fator limitante na vida desses organismos no solo.

1319



1320

1321 **Figura 4.** Abundância dos grupos tróficos antes e depois da irrigação com água  
 1322 residuária no semiárido de Pernambuco. 1- Antes da aplicação das águas residuárias;  
 1323 2 - Após aplicação das águas residuárias; AF- filtro anaeróbio; control - controle/água  
 1324 de abastecimento; D + AF- Filtro anaeróbio + decanto digestor, UASB (reator).

1325

1326 Em nosso estudo, as populações de *Helicotylenchus* (Tabela 12) eram altas  
 1327 antes da aplicação dos tratamentos (Tabela 11) e estabelecimento da cultura, a  
 1328 diversidade de nematoide foi menor, mais estável e a estrutura populacional mudou  
 1329 (Tabela 12) com o surgimento de outros nematoides com novos fluxos de alimentos.

1330

1331 **Tabela 11.** Abundância, média e dominância dos *Taxa* de nematoides em área  
 1332 cultivada com algodoeiro BRS Rubi antes da irrigação com água residuária no  
 1333 semiárido de Pernambuco.

	GF	CONTROL			UASB			D + AF			AF		
		A	Média ± DP	D(%)	A	Média ± DP	D(%)	A	Média ± DP	D(%)	A	Média ± DP	D(%)
<b>Bacteriófago</b>		<b>287</b>		47,99	<b>90</b>		45	<b>264</b>		79,51807	<b>251</b>		54,565217
<i>Acrobeles</i>	Ba2	23	0,95 ± 9,38	1,923076923	30	1,25 ± 21,21	15	79	3,29 ± 24,16	23,79518	68	2,83 ± 13,06	14,782609
<i>Rhabditidae</i>	Ba1	264	11 ± 38,86	22,0735786	60	2,5 ± 24,49	30	185	7,70 ± 52,78	55,72289	183	7,65 ± 27,50	39,782609
<b>Micófago</b>		<b>115</b>		9,615384615	<b>30</b>		15	<b>30</b>		9,036145	<b>75</b>		16,304348
<i>Aphelenchidae</i>	Mi2	115	4,79 ± 27,23	9,615384615	30	1,25 ± 12,24	15	30	1,25 ± 24,16	9,036145	75	3,125 ± 14,25	16,304348
<b>Onívoro</b>		<b>60</b>		5,016722408	<b>50</b>		25	<b>0</b>		0	<b>54</b>		11,73913
<i>Dorylaimidae</i>	On4	60	2,5 ± 24,49	5,016722408	50		25	0	0 ± 0	0	54	2,25 ± 15,05	11,73913
<b>Parasitas de plantas</b>		<b>136</b>		11,37123746	<b>30</b>		15	<b>38</b>		11,44578	<b>80</b>		17,391304
<i>Helicotylenchus</i>	H3	136	5,66 ± 24,49	11,37123746	30	1,25 ± 12,24	15	38	1,58 ± 24,16	11,44578	80		17,391304
<b>TOTAL</b>		<b>1196</b>			<b>200</b>			<b>332</b>			<b>460</b>		

1334

1335 Control-control/água de abastecimento, UASB (reator), D + AF- Filtro anaeróbio +  
 1336 decanto digestor AF-filtro anaeróbio, A (abundância): Somatório do número de  
 1337 nematoides em 300 cm<sup>3</sup> de solo em 420 amostras nas cinco épocas, Média ± DP:  
 1338 Número médio e desvio padrão do número de nematoides por 300 cm<sup>3</sup> de solo em  
 1339 cada época, D(%): dominância de cada grupo trófico e taxa expresso em  
 1340 percentagem, GF: Guildas funcionais são a combinação dos grupos tróficos e da  
 1341 escala de colonizadores – persistentes c-p.

1342

1343 **Tabela 12:** Abundância, média e dominância dos *Taxa* de nematoides em área  
 1344 cultivada com algodoeiro BRS Rubi depois da irrigação com água residuária no  
 1345 semiárido de Pernambuco.

	GF	CONTROL			UASB			D + AF			AF		
		A	Média ± DP	D(%)	A	Média ± DP	D(%)	A	Média ± DP	D(%)	A	Média ± DP	D(%)
<b>Bacteriófago</b>		<b>2983</b>		86,28868962	<b>1413</b>		45,5072	<b>1459</b>		59,1646	<b>1353</b>		68,4717
<i>Acrobeles</i>	Ba2	2681	111,7 ± 469,05	77,55279144	1129	47,04 ± 170,98	36,3607	1125	1,95 ± 217,15	45,6204	867	144,5 ± 102,33	43,8765
<i>Prismatolaimus</i>	Ba3	35	1,45 ± 14,28	1,012438531	0		0	0	0 ± 0	0	138	5,75 ± 44,44	6,98381
<i>Rhabditidae</i>	Ba1	267	11,12 ± 56,44	7,723459647	284	11,83 ± 54,31	9,14654	334	13,91 ± 46,64	13,5442	348	14,05 ± 57,07	17,6113
<b>Micófago</b>		<b>0</b>		0	<b>0</b>		0 ± 0	<b>0</b>		0 ± 0	<b>0</b>		0,86032
<i>Aphelenchidae</i>	Mi2	0	0 ± 0	0	0	0 ± 0	0	0	0 ± 0	0	17	0,70 ± 6,94	0,86032
<i>Ditylenchus</i>	Mi2	0	0 ± 0	0	0	0 ± 0	0	0	0 ± 0	0	0	0 ± 0	0
<b>Onívoro</b>		<b>345</b>		9,979751229	<b>533</b>		17,1659	<b>505</b>		20,4785	<b>208</b>		10,5263
<i>Dorylaimidae</i>	On4	233	9,7 ± 27,07	6,739947932	161	6,70 ± 32,37	5,18519	315	13,12 ± 67,23	12,7737	112	4,66 ± 15,99	5,66802
<i>Dorylaimus</i>	On4	112	4,66 ± 30,24	3,239803298	372	15,05 ± 93,72	11,9807	190	7,91 ± 42,56	7,70479	96	4 ± 29,74	4,8583
<b>Predador</b>		<b>0</b>		0	<b>37</b>		1,19163	<b>0</b>		0	<b>34</b>		1,72065
<i>Oionchus</i>	Pr4	0	0 ± 0	0	37	1,54 ± 15,10	1,19163	0	0 ± 0	0	34	1,41 ± 13,88	1,72065
<b>Parasitas de plantas</b>		<b>129</b>		3,731559155	<b>276</b>		8,88889	<b>502</b>		20,3569	<b>398</b>		20,1417
<i>Helicotylenchus</i>	H3	69	2,87	1,995950246	142	5,91 ± 29,92	4,57327	23	0,95 ± 9,38	0,93268	84	3,5 ± 23,67	4,25101
<i>Longidorus</i>	H5	0	0 ± 0	0	0	0 ± 0	0	0	0 ± 0	0	0	0 ± 0	0
<i>Pratylenchus</i>	H3	0	0 ± 0	0	68	2,83 ± 17,84	2,19002	126	5,25 ± 51,43	5,10949	60	2,5 ± 16,29	3,03644
<i>Psilenchus</i>	H2	60	2,5 ± 17,25	1,735608909	29	1,20 ± 11,83	0,93398	317	13,2 ± 44,12	12,8548	254	10,58 ± 58,68	12,8543
<i>Rotylenchus</i>	H3	0	0 ± 0	0	0	0 ± 0	0	0	0 ± 0	0	0	0 ± 0	0
<i>Tylenchus</i>	H2	0	0 ± 0	0	37	1,54 ± 15,10	1,19163	36	1,5 ± 14,69	1,45985	0	0 ± 0	0
<b>TOTAL</b>		<b>3457</b>			<b>3105</b>			<b>2466</b>			<b>1976</b>		

1346

1347 Control-control/água de abastecimento, UASB (reator), D + AF- Filtro anaeróbio +  
 1348 decanto digestor AF-filtro anaeróbio, A (abundância): Somatório do número de  
 1349 nematoides em 300 cm<sup>3</sup> de solo em 420 amostras nas cinco épocas, Média ± DP:  
 1350 Número médio e desvio padrão do número de nematoides por 300 cm<sup>3</sup> de solo em  
 1351 cada época, D(%): dominância de cada grupo trófico e taxa expresso em

1352 percentagem, GF: Guildas funcionais são a combinação dos grupos tróficos e da  
1353 escala de colonizadores – persistentes c-p

1354

1355 Efeitos claros sobre a aplicação de efluentes tratados no rápido aumento de  
1356 nematoides oportunistas como o Rhabditidae foram registrados por Coors et al.  
1357 (2016b); Cogger et al. (2006). O aumento da abundância de nematoides bacteriófagos  
1358 antes e após os tratamentos é indicativo de um enriquecimento geral do sistema  
1359 (NGOSONG et al., 2010); ROTH et al., 2015). A predominância de nematoides  
1360 oportunistas (bacteriófagos) reflete ambientes altamente perturbados e enriquecidos  
1361 com nutrientes (Ferris et al., 2001).

1362 Os tratamentos que apresentaram maior abundância de nematoides foi o filtro  
1363 anaeróbio antes da aplicação dos tratamentos e o reator UASB após a aplicação dos  
1364 tratamentos. Representantes das guildas funcionais Ba1 e Ba2 estavam presentes  
1365 nas áreas que receberam os três efluentes analisados. No entanto, o efluente que  
1366 apresentou maior diversidade de táxons foi o decanto digestor + filtro anaeróbio. Os  
1367 predadores e onívoros foram usualmente os grupos menos frequentes, corroborando  
1368 tendência verificada em muitos estudos correlatos (CARES, 2006).

1369 De acordo com Cares (2006), geralmente as comunidades de nematoides são  
1370 dominadas pelos parasitos de plantas, seguidos dos micófagos ou bacteriófagos. A  
1371 baixa abundância dos parasitos de plantas observada em nosso estudo após os  
1372 tratamentos pode ser resultado de um nível mais alto de supressividade mediada pela  
1373 matéria orgânica incorporada (STIRLINGET al., 2012). Os nematoides são  
1374 influenciados pela aplicação de resíduos no solo. Coudrain et al. (2016) relataram que  
1375 a abundância dos nematoides parasitas de planta foram 40 a 50% inferiores nos  
1376 tratamentos com resíduos aplicados ao solo, portanto, a abundância e estrutura  
1377 populacional de nematoides foram considerados potenciais bioindicadores de  
1378 qualidade do solo (SITHOLE et al., 2016).

1379 No sistema agrícola estudado, uma alta dominância dos nematoides  
1380 colonizadores, c-p1 e c-p2 seguida em uma proporção relativamente baixa de  
1381 nematoides c-p 3, c-p 4 e c-p 5. Bongers; Ferris (1990) argumentam que uma maior  
1382 presença de nematoides c-p 1 na amostra indica abundância de alimentos, enquanto  
1383 um aumento nos nematoides c-p2 acompanhados de uma diminuição em c-p 1 e c-p

1384 3-5 reflete "estresse". Um aumento na proporção de c-p 3 a c-p 5 reflete a sucessão  
1385 natural, produto da estabilidade ambiental.

1386 Miranda et al. (2012) constataram que, com a aplicação da vinhaça, ocorreu  
1387 aumento da umidade do solo ocasionando aumento da população de Rhabditidae e  
1388 Cephalobidae. Com a aplicação de resíduos (vinhaça, esgoto tratado, lodo de esgoto  
1389 etc.) ocorre a elevação da umidade do solo, conseqüentemente favorece o aumento  
1390 de alguns gêneros de nematoides.

1391

### 1392 Índices ecológicos de nematoides

1393 Os índices não diferiram estatisticamente ( $p > 0,05$ ) antes e após a aplicação  
1394 dos tratamentos, exceto, o índice parasito de planta (Tabela 13).

1395

1396 **Tabela 13.** Índices ecológicos de nematoides em área cultivada com algodoeiro BRS  
1397 Rubi antes e após as aplicações das águas residuárias no semiárido de Pernambuco.

índices ecológicos	AF 1	AF 2	CONTROL 1	CONTROL 2	D + AF 1	D + AF 2	UASB 1	UASB2	p
índice maturidade	1.76	2.09	1.73	2.22	1.56	2.50	2.16	2.60	0.314
índice maturidade 2-5	2.60	2.48	2.50	2.45	2.00	2.87	2.64	3.00	0.748
índice parasito de planta	4.33	2.54	3.15	2.56	3.00	2.20	2.78	NA	0.003
índice canal	19.80	1.54	9.08	0.00	50.00	0.00	0.00	0.00	0.122
índice basal	17.39	32.96	7.89	51.42	33.17	27.47	23.86	14.29	0.427
índice de enriquecimento	81.33	52.89	90.53	37.08	66.83	57.70	45.66	66.67	0.238
índice de estrutura	36.00	52.51	25.00	39.62	0.00	62.47	64.85	80.00	0.334

1398

1399 1-Antes da aplicação das águas residuárias; 2- após aplicação das águas residuárias;  
1400 AF-filtro anaeróbio; control-controle/água de abastecimento; D + AF- Filtro anaeróbio  
1401 + decanto digestor, UASB (reator); p-valor Anova-NA-não aplicável.

1402 No início do nosso estudo (primeira coleta), a área se encontrava sem cultivo,  
1403 mostrando-se homogenia em toda a sua extensão. A implantação do cultivo do  
1404 algodoeiro deve ter promovido aumento das populações dos nematoides parasitos de  
1405 planta conforme relatado em outros estudos (KIMPINSKI et al., 2003; OKA, 2010). No  
1406 entanto, a despeito do aumento populacional do nematoide advindo do  
1407 estabelecimento da cultura, nossos resultados sugerem que a aplicação dos efluentes  
1408 teve efeito inverso, reduzindo a população desses parasitos, corroborando outros  
1409 estudos em escala de campo com efluentes (COORS et al., 2016a).

1410

### 1411 CONCLUSÃO

1412

- 1413 - A irrigação com esgoto tratado no reator UASB, efluente do decanto digestor + filtro  
1414 anaeróbio e efluente do filtro anaeróbio favorecem o desenvolvimento do algodoeiro  
1415 Rubi promovendo aumento no diâmetro do caule, área foliar e altura de plantas;  
1416 - A aplicação dos efluentes de esgoto tratados favorece a umidade podendo ser usada  
1417 como ferramenta para reduzir ou substituir o uso de água de abastecimento;  
1418 - Os efluentes de esgoto tratados ajudam a aumentar a atividade microbiana, a qual  
1419 constitui um indicativo de qualidade biológica do solo;  
1420 - Os nematoides bacteriófagos representam o grupo trófico mais abundante nas  
1421 condições do semiáridas em que foi desenvolvido o estudo, enquanto os onívoros são  
1422 os menos abundantes e mais sensíveis à perturbação do solo;  
1423 - Entre os índices analisados, o índice de parasito de planta foi o mais sensível ao  
1424 distúrbio promovido pela aplicação dos efluentes;  
1425 - Os atributos biológicos são indicativos úteis para o monitoramento de solos que  
1426 receberam efluentes de esgoto tratado.

1427

## 1428 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1429

1430 ADROVER, M.; FARRÚS, E.; MOYÀ, G.; VADELL, J. Chemical properties and  
1431 biological activity in soils of Mallorca following twenty years of treated wastewater  
1432 irrigation. **Journal of Environmental Management**, v. 95, p. S188-S192, 2012.

1433 ALJIBURY, F. K.; MARSH, A. W.; HUNTAMER, J. Water use with drip irrigation.  
1434 *In*: 2nd International Drip Irrigation Congress Proceedings. California, USA, 1974.p.  
1435 341-345.

1436 ALIKASI, M.; KOUCHAKZADEH, M.; BANIANI, E. The effect of treated  
1437 municipal wastewater irrigation in non-agricultural soil on cotton plant. **Journal of**  
1438 **Agricultural Science and Technology**, v.14, p.1357-1364, 2012.

1439 ALVES, T. S.; CAMPOS, L. L.; ELIAS NETO, N.; MATSUOKA, M.; LOUREIRO,  
1440 M. F. Biomassa e atividade microbiana de solo sob vegetação nativa e diferentes  
1441 sistemas de manejos. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 33, p. 341-347, 2011.

1442 ALVES, L. R. A.; BARROS, G. S. C.; BACCHI, M. R. P. Produção e exportação  
1443 de algodão: Efeitos de choques de oferta e de demanda. **Revista Brasileira de**  
1444 **Economia**, v.62, p.381-405, 2008.

1445 ALVES, W. W. A. et al. Área foliar do algodoeiro irrigado com água residuária  
1446 adubado com nitrogênio e fósforo. **Revista Verde de Agroecologia e**  
1447 **Desenvolvimento Sustentável**, v. 4, p.41-46, 2009.

1448 ALLEN, R.G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop**  
1449 **evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements**. Rome:  
1450 FAO, 1998. 300p. (FAO irrigation and Drainage Paper, 56).

1451 ANA (Agência Nacional de Águas). **Relatório de conjuntura de recursos**  
1452 **hídricos no Brasil, 2009: Lições e Desafios**. 2017. Disponível em:  
1453 <<http://conjuntura.ana.gov.br/conjuntura/>>. Acesso em: 26 de fevereiro de 2018.

1454 ANA (Agência Nacional de Águas). **Relatório de conjuntura de recursos**  
1455 **hídricos no Brasil, 2009: Demandas de uso consuntivo**. 2011. Disponível em:  
1456 <<http://conjuntura.ana.gov.br/conjuntura/>>. Acesso em: 10 de janeiro de 2018.

1457 ARIEIRA, G. O. **Diversidade de nematoides em sistemas de culturas e**  
1458 **manejo do solo**. Universidade Estadual de Londrina: Londrina, 2012. 98 f.  
1459 Dissertação (Mestrado em Agronomia) -Universidade Estadual de Londrina. Centro  
1460 de Ciências Agrárias, Londrina, 2012.

1461 ARMENTA, R.; VACA, R.; LUGO, J.; AGUILA, P. del. Microbiological and  
1462 biochemical properties of an agricultural mexican soil amended with sewage sludge.  
1463 **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 36, p. 1646-1655, 2012.

1464 ASGHARIPOUR, M. R.; AZIZMOGHADDAM, H. R. Effects of raw and diluted  
1465 municipal sewage effluent with micronutrient foliar sprays on the growth and nutrient  
1466 concentration of foxtail millet in southeast Iran. **Saudi Journal of Biological**  
1467 **Sciences**, v. 19, p. 441–449, 2012.

1468 AZEVEDO, L. P. DE.; OLIVEIRA, E. L. DE. Efeitos da aplicação de efluente de  
1469 tratamento de esgoto na fertilidade do solo e produtividade de pepino sob irrigação  
1470 subsuperficial. **Revista de Engenharia Agrícola**, v. 25, p. 253-263, 2005.

1471 BARROSO, L.B; WOLFF, D.B. Reuso de esgoto sanitário na irrigação de  
1472 culturas agrícolas. **Engenharia Ambiental**, v.8, p. 225-236, 2011.

1473 BALOTA, E.L; YADA, I. F. U; AMARAL, H. A; NAKATANI, A. S; HUNGRIA, M;  
1474 DICK, R. P; COYNE, M.S. Soil Quality in Relation to Forest Conversion to Perennial  
1475 or Annual Cropping in Southern Brazil. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, v. 39, p.  
1476 1003-1014, 2015.

1477 BARTLETT, R. J.; ROSS, D. S. Colorimetric determination of oxidizable carbon  
1478 in acid soil solutions. **Soil Science Society of America Journal**, v. 52, p. 1191-  
1479 1192, 1988.

1480 BELTRÃO, N.E. DE M.; AZEVEDO, D.M.P. DE; VIEIRA, D.J.; NÓBREGA, L.B.  
1481 da. **Recomendações técnicas e considerações gerais sobre o uso de**  
1482 **herbicidas, desfolhantes e reguladores de crescimento na cultura do algodão.**  
1483 Campina Grande: EMBRAPA-CNPA, 1997.32p. Documento, 48.

1484 BELTRAO, N. E. de M.; CARVALHO, L. P. de. **Algodão Colorido no Brasil, e**  
1485 **em Particular no Nordeste e no Estado da Paraíba.** Campina Grande: Embrapa  
1486 Algodão, 2004. 17 p. (Embrapa Algodão. Documentos, 128).

1487 BERGERSEN, F. J. Biochemistry of symbiotic nitrogen fixation in  
1488 legumes. **Annual Review of Plant Physiology**, v. 22, p. 121-140, 1971.

1489 BERNARDO, S.; SOARES, A.A.; MANTOVANI, E.C. **Manual de irrigação.** 8.  
1490 Ed. Viçosa: UFV, 2008. 625 p.

1491 BEZERRA NETO, E.; BARRETO, L. P. **Análises químicas e bioquímicas em**  
1492 **plantas.** Recife: UFRPE, Editora Universitária da UFRPE, p 267, 2011.

1493 BEZERRA, J. R. C.; AZEVEDO, P. V.; SILVA, B. B.; DIAS, J. M.  
1494 Evapotranspiração e coeficiente de cultivo do algodoeiro BRS-200 Marrom, irrigado.  
1495 **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 14, p. 625-632, 2010.

1496 BOEIRA, R. C.; LIGO, M. A. V.; MAXIMILIANO, V. C. B. **Emissão de CO<sub>2</sub> em**  
1497 **amostras de latossolo tratadas com lodos de esgoto.** Jaguariúna: Embrapa Meio  
1498 Ambiente, 2009. 20 p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 53). Disponível em:  
1499 [https://www.academicoo.com/artigo/emissao-de-c-co2-em-amostras-de-latossolo-](https://www.academicoo.com/artigo/emissao-de-c-co2-em-amostras-de-latossolo-tratadas-com-lodos-de-esgoto)  
1500 [tratadas-com-lodos-de-esgoto.](https://www.academicoo.com/artigo/emissao-de-c-co2-em-amostras-de-latossolo-tratadas-com-lodos-de-esgoto) Acesso em: 10 fev. 2020.

1501 BONGERS, T. The maturity index: An ecological measure of environmental  
1502 disturbance based on nematode species composition. **O ecologia**, v. 83, p. 14-19,  
1503 1990.

1504 BONGERS, T.; KORTHALS, G. The maturity index, an instrument to monitor  
1505 changes in the nematode community structure. Summaries of the 45th international  
1506 symposium on Crop protection, Gent, Belgium. P.80, 1993.

1507 BONGERS, T.; VAN DER MEULEN, H.; KORTHALS, G. Inverse relationship  
1508 between the nematode maturity index and plant parasite index under enriched  
1509 nutrient conditions. **Applied Soil Ecology**, v. 6, p.195-199, 1997.



1510 BONGERS, T.; BONGERS, M. Functional diversity of nematodes. **Applied Soil**  
1511 **Ecology**, v. 10, p. 239-251, 1998.

1512 BONGERS, T.; FERRIS, H. Nematode community structure as a bioindicator in  
1513 environmental monitoring. **Trends in Ecology & Evolution**, v. 14, p.224-229, 1999.

1514 BLAHA, G., STELZL, U., SPAHN, C. M., AGRAWAL, R. K., FRANK, J.,  
1515 NIERHAUS, K. H. Preparation of functional ribosomal complexes and effect of buffer  
1516 conditions on tRNA positions observed by cryoelectron microscopy. **Methods in**  
1517 **Enzymology**, v. 317, p.292-309, 2000.

1518 CARDOSO, G. D.; ALVES, P. L. DA C. A.; BELTRÃO, N. E. DE M.; VALE, L. S.  
1519 do. Períodos de interferência das plantas daninhas em algodoeiro de fibra colorida  
1520 BRS Safira. **Revista Ciência Agronômica**, v.41, p.456- 462, 2010.

1521 CARDOSO, M. S. O. **Avaliação da qualidade do solo cultivado com cana-**  
1522 **de-açúcar e de fragmentos de floresta atlântica por meio de índices ecológicos**  
1523 **e atividade metabólica de nematoides**. 2014. 123 f. Tese (Doutorado em  
1524 Engenharia Agrícola) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife.

1525 CARES, J.E; HUANG, S.P. Nematoides de solo. In: MOREIRA, F.M.S;  
1526 HUISING, E.J; BIGNELL, D.E. **Manual de biologia dos solos tropicais:**  
1527 **Amostragem e caracterização da biodiversidade**. Lavras, UFLA, p. 151, 2010.

1528 CARVALHO, L. P.; ARAUJO, G. P. ; VIEIRA, R. M.; BELTRAO, N. E. M. **BRS**  
1529 **Rubi**. 5 ed. Campina Grande: Centro Nacional de Pesquisa de Algodão, 2009. 1  
1530 folder.

1531 CASTRO, C. B., LOPES, A. R., MOREIRA, I. V., SILVA, E. F., MANAIA, C. M.,  
1532 NUNES, O. C. **Wastewater reuse in irrigation: A microbiological perspective on**  
1533 **implications in soil fertility and human and environmental health**. 2015.

1534 CHANG, Y. L.; WANG, E. T.; SUI, X. H.; ZHANG, X. X.; CHEN, W. X. Molecular  
1535 diversity and phylogeny of rhizobia associated with *Lablab purpureus* (Linn.) grown in  
1536 Southern China. **Systematic and Applied Microbiology**, v. 34, p. 276-284, 2011.

1537 CHEMURA, A. The growth response of coffee (*Coffea arabica* L.) plants to  
1538 organic manure, inorganic fertilizers and integrated soil fertility management under  
1539 different irrigation water supply levels. **International Journal of Recycling Organic**  
1540 **Waste in Agriculture**, v.3, Article 59,2014.

1541 CHEN, W., WU, L., FRANKENBERGER, W. T., CHANG, A. C. Soil enzyme  
1542 activities of long-term reclaimed wastewater-irrigated soils. **Journal of**  
1543 **Environmental Quality**, v. 37, p. 36-42, 2008.

1544 COGGER, C. G., BARY, A. I., KENNEDY, A. C., FORTUNA, A. M. Long-term  
1545 crop and soil response to biosolids applications in dryland wheat. **Journal of**  
1546 **Environmental Quality**, v. 42, p.1872-1880, 2013.

1547 COLODRO, G., ESPÍNDOLA, C. R., CASSIOLATO, A. M., ALVES, M. C.  
1548 Atividade microbiana em um Latossolo degradado tratado com lodo de  
1549 esgoto. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 11, p. 195-198,  
1550 2007.

1551 COORS, A., EDWARDS, M., LORENZ, P., RÖMBKE, J., SCHMELZ, R. M.,  
1552 TOPP, E., LAPEN, D. R. Biosolids applied to agricultural land: Influence on structural  
1553 and functional endpoints of soil fauna on a short-and long-term scale. **Science of the**  
1554 **Total Environment**, v.562, p.312-326, 2016a.

1555 CORRÊA, A. L.; DE SOUZA ABOUD, A. C.; MARINHO GUERRA, J. G.; DE  
1556 AGUIAR, L. A.; DUARTE RIBEIRO, R. D. L. Adubação verde com crotalária  
1557 consorciada ao minimilho antecedendo a couve folha sob manejo orgânico. **Revista**  
1558 **Ceres**, v.61, p.956-963, 2014.

1559 COSTA, F. X. et al. Efeitos residuais da aplicação de biossólidos e da irrigação  
1560 com água residuária no crescimento do milho. **Revista Brasileira de Engenharia**  
1561 **Agrícola e Ambiental**, v. 13, p. 687-693, 2009.

1562 COUDRAIN, V., HEDDE, M., CHAUVAT, M., MARON, P., BOURGEOIS, E.,  
1563 MARY, B., L\_EONARD, J., EKELUND, F., VILLENAVE, C., RECOUS, S. Temporal  
1564 differentiation of soil communities in response to arable crop management strategies.  
1565 **Agriculture Ecosystems and Environment**, v. 225, p.12-21, 2016.

1566 COUTINHO, R.R. **Estudo das comunidades de nematoides como**  
1567 **bioindicadores de distúrbios em sistemas agrícolas**. Universidade Federal de  
1568 Viçosa. Departamento de Fitopatologia. Programa de Pós-Graduação em  
1569 Fitopatologia. Viçosa, MG, 2014.

1570 CUNHA, E. Q.; STONE, L. F.; FERREIRA, E. P. B.; DIDONE, A. D.; MOREIRA,  
1571 A. A.; LEANDRO, W. M. Sistemas de preparo do solo e culturas de cobertura na  
1572 produção orgânica de feijão e Milho. II - Atributos biológicos do solo. **Revista**  
1573 **Brasileira de Ciência do Solo**, v. 35, p. 603-611, 2011.

1574 CULMAN, S. W.; DUPONT, S. T.; GLOVER, J. D.; BUCKLEY, D. H.; FICK, G.  
1575 W.; FERRIS, H.; CREWS, T. E. Long-term impacts of high-input annual cropping and  
1576 unfertilized perennial grass production on soil properties and belowground food webs  
1577 in Kansas, USA. **Agricultural Ecosystem and Environment**.v.137, p.13–24, 2010.

1578 DANTAS, I. L.; D. A.; FACCIOLI, G. G.; MENDONÇA, L. C.; NUNES, T. P.;  
1579 VIEGAS, P. R. A.; SANTANA, L. O. G. D. Viabilidade do uso de água residuária  
1580 tratada na irrigação da cultura do rabanete (*Raphanus sativus* L.). **Revista**  
1581 **Ambiente & Água**, v. 9., p. 109-117, 2014.

1582 DA SILVA, E. E.; DE AZEVEDO, P. H. S.; DE-POLLI, H. **Determinação da**  
1583 **respiração basal (RBS) e quociente metabólico do solo (qCO<sub>2</sub>)**. Embrapa  
1584 Agrobiologia-Comunicado Técnico (INFOTECA-E), 2007.

1585 DE ARAÚJO, E. A.; KER, J. C.; NEVES, J. C. L.; LANI, J. L. Qualidade do solo:  
1586 conceitos, indicadores e avaliação. **Applied Research & Agrotechnology**, v. 5, p.  
1587 187-206, 2012.

1588 DECROIX, M. **Conception et calculd unprojet de micro-irrigation a la**  
1589 **parcel**. Centre International de Hautes Etudes Agronomiques Mediterraneennes,  
1590 Institut de Bari, 1978.

1591 DEEPHA, V.; PRAVEENA, R.; SIVAKUMAR, R.; SADASIVAM, K. Experimental  
1592 and theoretical investigations on the antioxidant activity of isoorientin from *Crotalaria*  
1593 *globosa*. **Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular**  
1594 **Spectroscopy**, v. 121, p. 737-745, 2014.

1595 DEON, M. D. I.; GOMES, T. M.; MELFI, A. J.; MONTES, C. R.; SILVA, E.  
1596 Produtividade e qualidade da cana-de-açúcar irrigada com efluente de estação de  
1597 tratamento de esgoto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília**, v. 45, p. 1149-  
1598 1156, 2010.

1599 DONAGEMA, G. K.; CAMPOS, D. V. B.; CALDERANO, S. B.; TEIXEIRA, W.  
1600 G.; VIANA, J. H. M. **Manual de métodos de análises de solos**. 2. ed. Rio de  
1601 Janeiro: Embrapa Solos, 2011. 230 p.

1602 DOS SANTOS NASCIMENTO, J.; FIDELES FILHO, J. Crescimento, produção  
1603 e alterações químicas do solo em algodão irrigado com água de esgotos sanitários  
1604 tratados. **Revista Caatinga**, v. 28, p. 36-45, 2015.

1605 ELBOUTAHIRI, N.; THAMI-ALAMI, I.; UDUPA, S. M. Phenotypic and genetic  
1606 diversity in *Sinorhizobium melilot* and *S. medicae* from drought and salt affected  
1607 regions of Morocco. **BMC Microbiology**, v. 10, p. 1-13, 2010.

1608 EMBRAPA. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**.  
1609 2. ed. Brasília, DF, 2009. 627 p.

1610 EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA.  
1611 **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3. ed. rev. ampl. – Rio de Janeiro,  
1612 RJ: Embrapa Solos, 2013. 353 p. (Centro Nacional de Pesquisa em Solos).

1613 EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. Rio de Janeiro,  
1614 2011. 225 p.

1615 ERICE, G.; LOUAHLIA, S.; IRIGOYEN, J. J.; SÁNCHEZ-DÍAZ, M.; ALAMI, I. T.;  
1616 AVICE, J. C. Water use efficiency, transpiration, and net CO<sub>2</sub> exchange of four  
1617 alfalfa genotypes submitted to progressive drought and subsequent  
1618 recovery. **Environmental and Experimental Botany**, v.72, p. 123-130, 2011.

1619 Esquivel Hernández, A. Nematodos como indicadores ambientais.  
1620 Universidad Nacional: Heredia-Costa Rica, 2011. Recuperado de:  
1621 [http://www.una.ac.cr/observatorio\\_ambiental/index.php?option=com\\_booklibrary&tas](http://www.una.ac.cr/observatorio_ambiental/index.php?option=com_booklibrary&task=view&id=8&catid=44&Itemid=37)  
1622 [k=view& id=8&catid=44&Itemid=37](http://www.una.ac.cr/observatorio_ambiental/index.php?option=com_booklibrary&task=view&id=8&catid=44&Itemid=37) Acesso em Dez.2019

1623 FAGUNDES, J. D. et al. Crescimento, desenvolvimento e retardamento da  
1624 senescência foliar em girassol de vaso (*Helianthus annuus* L.): fontes e doses de  
1625 nitrogênio. **Ciência Rural**, v. 37, p. 987-993, 2007.

1626 FERNANDES, M. M.; SILVA, M. D.; VELOSO, M. E. C.; OLIVEIRA, T. M.;  
1627 FERNANDES, M. R. M.; SAMPAIO, F. M. T. Biomassa microbiana e matéria  
1628 orgânica em áreas desertificadas revegetadas com pinhão-mansão solteiro e  
1629 consorciado com gramínea no Sui do Piauí. **Revista Brasileira de Ciências**  
1630 **Agrárias**, v.8, p.464-469, 2013.

1631 FERRIS, H.; BONGERS, T.; GOEDE, R.G.M. A framework for soil food web  
1632 diagnostics: extension of the nematode faunal analysis concept. **Applied Soil**  
1633 **Ecology**, v. 18, p. 13-29, 2001.

1634 FIDELES FILHO, J.; NÓBREGA, J.Q; SOUSA, J.T.; DANTAS, J.P.  
1635 Comparação dos efeitos de água residuária e de poço no crescimento e  
1636 desenvolvimento do algodoeiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e**  
1637 **Ambiental**, v.9 (suplemento), p.328-332, 2005.

1638 FILHO, L.O.F; AMBROSANO, E.J; ROSSI, F; CARLOS, J.A.D. **Adubação**  
1639 **verde e plantas de cobertura no Brasil**. v.1. Brasília, DF. 2014.

1640 FONSECA, R. G.; BELTRÃO, N. E. de M.; SANTANA, J. C. F. de. Produção de  
1641 algodão naturalmente colorido no semiárido nordestino. In: CONGRESSO  
1642 BRASILEIRO DE ALGODÃO, 4. 2003, Goiânia. Algodão: um mercado em evolução:  
1643 anais. Campina Grande: Embrapa Algodão; Goiânia: Fundação GO, 2003.

1644 FONSECA, A. F. **Disponibilidade de nitrogênio, alterações nas**  
1645 **características químicas do solo e do milho pela aplicação de efluente de**  
1646 **esgoto tratado** .2001. 126 f. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas)  
1647 – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2001.

1648 FONTOURA, R. A.; FRIZZO, M. L. S.; SÁ, E. L. S.; OSÓRIO FILHO, B. D.;  
1649 TONON, B. C.; BINZ, A.; SILVA, M. C.; CAMARGO, F. A. O.; SELBACH, P. A.  
1650 Rizóbios nativos do Rio Grande do Sul simbioticamente eficientes em *Lotus glaber*.  
1651 **Ciência Rural**, v. 41, p. 440-446, 2011.

1652 FORTES NETO, P.; FORTES, N. L. P.; SILVA, E. M. A. M. da; BRAMBATTI, F.;  
1653 SILVA, C. R. A qualidade do solo medida pela liberação de Co<sub>2</sub> e pelo número de  
1654 bactérias e fungos num solo fertilizado com composto de lodo de esgoto. Associação  
1655 Educacional Dom Bosco. In: SIMPÓSIO DE EXCELÊNCIA EM GESTÃO E  
1656 TECNOLOGIA, 9, 2012, Rezende, RJ. 12 p.

1657 FRANCHINI, J. C; COSTA, J. M; TORRES, H. D. E. **Importância da rotação**  
1658 **de culturas para a produção agrícola sustentável no Paraná**. Empresa Brasileira  
1659 de Pesquisa Agropecuária, Embrapa Soja, Ministério da Agricultura, Pecuária e  
1660 Abastecimento. Documentos 327. ISSN 2176-2937 jun. 2011.

1661 FRANCO, E.; de BASTOS ANDRADE, C. A.; SCAPIM, C. A.; LOURENÇO de  
1662 FREITAS, P. S. Resposta do feijoeiro à aplicação de nitrogênio na semeadura e  
1663 cobertura no sistema plantio direto. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 30, p. 427-  
1664 434, 2008.

1665 FREIER, D. F. et al. Efeitos da aplicação de bio sólido no crescimento inicial de  
1666 *Eucalyptus citriodora* Hook. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 5, p. 102-  
1667 107, 2006.

1668 FREITAS, C.A.S. de.; SILVA, A.R. da.; BEZERRA, F.M.L; ANDRADE, R.R de.;  
1669 MOTA, F.S.B.; AQUINO, B.F. de. Crescimento da cultura do girassol irrigado com

1670 diferentes tipos de água e adubação nitrogenada. **Revista Brasileira de**  
1671 **Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.16, p.1031-1039, 2012.

1672 GALBIATTI, J. A. et al. Fertilização e qualidade da água de irrigação no  
1673 crescimento e desenvolvimento da alface. **Scientia Agraria**, v. 8, p. 181-188, 2007.

1674 GARRITY, G.M.; J.G. HOLT. The Road Map to the Manual. *In* **Bergey's**  
1675 **Manual of Systematic Bacteriology**, 2nd ed, vol. 1, The *Archaea* and the Deeply  
1676 Branching and Phototrophic *Bacteria* (edited by Boone, Castenholz e Garrity).  
1677 **Springer**, New York, p. 119–166; 2001.

1678 GATTA, G.; LIBUTTI, A.; GAGLIARDI, A.; BENEDUCE, L.; BRUSETTI, L.;  
1679 BORRUSO, L.; Tarantino, E. Treated agro-industrial wastewater irrigation of tomato  
1680 crop: Effects on qualitative/quantitative characteristics of production and  
1681 microbiological properties of the soil. **Agricultural Water Management**, v. 149, p.  
1682 33-43, 2015.

1683 GHOULAM, C.; FOURSY, A.; FARES, K. Effects of salt stress on growth,  
1684 inorganic ions and proline accumulation in relation to osmotic adjustment in five  
1685 sugar beet cultivars. **Environmental and experimental Botany**, v.47, p. 39-50,  
1686 2002.

1687 GILLER, K.E; HERRIDGE, D.F.; SPRENT, J.I. The legume-rhizobia symbiosis  
1688 and assessing the need to inoculate. GILLER, K.E. *In*: **Working with rhizobia**  
1689 Chapter 1. Centre for Rhizobium Studies Murdoch University, 2016.

1690 GONÇALVES, R. A. B.; FOLEGATTI, M.V.; GLOAGUEN, T.V.; LIBRADI, P.L.;  
1691 MONTES, C.R.; LUCAS, Y.; DIAS, C.T.S.; MELFI, A.D. Hydraulic conductivity of a  
1692 soil irrigated with treated sewage effluent. **Geoderma**, v. 139, p. 241-248, 2007.

1693 GONÇALVES, R.F. **Desinfecção de efluentes sanitários**. São Carlos: Rima  
1694 artes e textos, 2003, 303p., v.1 (PROSAB).

1695 GOULART, A. M.C. **Diversidade de nematoides em agroecossistemas e**  
1696 **ecossistemas naturais**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2007. 71 p. (Embrapa  
1697 Cerrados. Documentos,191).

1698 GRABAU, Z.J., CHEN, S.Y. Influence of long-term corn-soybean crop  
1699 sequences on soil ecology as indicated by the nematode community. **Applied Soil**  
1700 **Ecology**, v.100, p.172-185, 2016.

1701

1702 GRIMES, D. W.; CARTER, L. M. A linear rule for direct nondestructive leaf area  
1703 measurements. **Agronomy Journal**, v. 61, p. 477-479, 1969.

1704 GRISI, B.M. Método químico de medição da respiração edáfica: alguns  
1705 aspectos técnicos. **Ciência e Cultura**, v.30, p.82-88, 1978.

1706 HESPANHOL, I. Potencial de reuso de água no Brasil: agricultura, indústria,  
1707 município e recarga de aquíferos. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 7, p.  
1708 75-95, 2002.

1709 HU, C.; WANG, X. H.; QI, Y. C. Characteristics of soil nematode communities  
1710 under two different land use systems. **Biological Agriculture e Horticulture**, v.30,  
1711 p.119- 130. 2014

1712 HOARE, E.R.; GARZOLI, K.V.; BLACKWELL, J. Plant water requirements as  
1713 related to trickle irrigation. *In: 2nd International Drip Irrigation Congress Proceedings.*  
1714 California, USA, 1974. P. 323-328.

1715 HUNGRIA, M., FRANCHINI, J. C., CAMPO, R. J., GRAHAM, P. H. The  
1716 importance of nitrogen fixation to soybean cropping in South America. *In: Nitrogen*  
1717 **fixation in agriculture, forestry, ecology, and the environment.** Springer,  
1718 Netherlands, p. 25-42, 2005.

1719 JAHNEL, M.C.; CARDOSO, E.J.B.N.; DIAS, C.T.S. Determinação do número  
1720 mais provável de microrganismos do solo pelo método de plaqueamento por gotas.  
1721 **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.23, p. 553-559, 1999.

1722 JENKINS, W. R. A rapid centrifugal-flotation technique for separating  
1723 nematodes from soil. **Plant Disease**, v. 48, p. 692-695, 1964.

1724 JIANG, C.; SUN, B.; LI, H.; JIANG, Y. Determinants for seasonal change of  
1725 nematode community composition under long-term application of organic manure in  
1726 an acid soil in subtropical China. **European Journal of Soil Biology**, v.55, p.91–99.  
1727 2013.

1728 JORDAN, D. C. Transfer of *Rhizobium japonicum* to *Bradyrhizobium* gen. nov.,  
1729 a genus of slow-growing, root nodule bacteria from leguminous plants. **International**  
1730 **Journal of Systematic Bacteriology**, v. 32, p. 136-139, 1982.

1731 KAGGWA-ASIIMWE, R.; ANDRADE-SANCHEZ, P.; WANG G. Plant  
1732 architecture influences growth and yield response of upland cotton to population  
1733 density. **Field Crops Research**, v.145, p.52-59, 2013.

1734 KELLER, J. Trickle irrigation. **Soil Conservation Service National**  
1735 **Engineering Handbook**. Colorado, 1978. 129 p.

1736 KELLER, J.; BLIESNER, R.D. **Sprinkle and trickle irrigation**. New York: van  
1737 Nostrand Reinhold, 1990. 652 p.

1738 KAYIKCIOGLU, H.H. Short-term effects of irrigation with treated domestic  
1739 wastewater on microbiological activity of a Vertic xerofluvent soil under  
1740 Mediterranean conditions. **Journal of Environmental Management**, v. 102, p. 108–  
1741 114, 2012.

1742 KIMENJU, J. W.; KARANJA, N. K.; MUTUA, G. K.; RIMBERIA, B. M.;  
1743 WACHIRA, P. M. Nematode community structure as influenced by land use and  
1744 intensity of cultivation. **Tropical and Subtropical Agroecosystems**, v.11, p.353-  
1745 360, 2009.

1746 KIMPINSKI, J.; GALLANT, C. E.; HENRY, R.; MACLEOD, J. A.; SANDERSON,  
1747 J. B.; STURZ, A. V. Effect of compost and manure soil amendments on nematodes  
1748 and on yields of potato and barley: A 7-year study. **Journal of nematology**, v.35,  
1749 p.289, 2003.

1750 KÖPPEN, W. 1948. **Climatologia: con un estudio de los climas de la tierra**.  
1751 Fondo de Cultura Econômica. México. 479p.

1752 LIMA, B. L. C. **Cultivo do algodoeiro BRS Rubi com água de esgoto**  
1753 **doméstico tratado e doses de potássio no semiárido pernambucano**. 2018. 115  
1754 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal Rural de  
1755 Pernambuco. Departamento de Engenharia Agrícola. Recife, 2018.

1756 LIMA, J.P.R. **Desempenho de estirpes de bactérias fixadoras de nitrogênio**  
1757 **e análise de crescimento em leguminosas para adubação verde na savana de**  
1758 **Roraima**. / Joaquim Parimé Pereira Lima. Boa Vista – RR: UERR, 2016. 125f.

1759 LIMA, A. S.; PEREIRA, J. P. A. R.; MOREIRA, F. M. S. Diversidade fenotípica e  
1760 eficiência simbiótica de estirpes de *Bradyrhizobium* spp. de solos da Amazônia.  
1761 **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 40, p. 1095-1104, 2005.

1762 LORITE, M. J.; MUÑOZ, S.; OLIVARES, J.; SOTO, M. J.; SANJUÁN, J.  
1763 Characterization of strains unlike *Mesorhizobium loti* that nodulate *Lotus* spp. In  
1764 saline soils of Granada, Spain. **Applied and Environmental Microbiology**, v. 76, p.  
1765 4019-4026, 2010.



1766 LUCENA, A. M. A. et al. Influência da natureza do substrato e da água de  
1767 irrigação no crescimento de mudas de flamboyant (*Delonix regia*). **Revista Caatinga**,  
1768 v. 20, p. 112-120, 2007.

1769 MAI, W. F.; MULLIN, P. G.; LYON, H. H.; LOEFFLE, K. **Plant-parasitic**  
1770 **nematodes: a pictorial key to genera**. 5th Ed. Cornell University Press. Ithaca,  
1771 1996. 277 p.

1772 MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado**  
1773 **nutricional das plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba: Potafós, 1997. 319 p.

1774 MARIA, I. C. de; KOCSSI, M. A. M. I.; DECHEN, S. C. F. Agregação do solo em  
1775 área que recebeu lodo de esgoto. **Bragantia**, v. 66, p. 291-298, 2007.

1776 MARSCHNER, H. **Mineral Nutrition of Higher Plants**. Academic Press, p.668,  
1777 ISBN 978-0-12-384906-9, 2011.

1778 MARTINS, A. F.; VARGAS, L. K.; LISBOA, B. B.; SAMPAIO, J. A. T.; ARAÚJO,  
1779 J. H. B.; TURCATEL, A. T.; DIEMER, G. D.; SÁ, E. L. S. Diversidade genética,  
1780 tolerância aos fatores de acidez e eficiência simbiótica de rizóbios para cornichão de  
1781 solos do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 35, p. 1855-  
1782 1864, 2011.

1783 MEDEIROS, S.S.; SOARES, F.A.L; GHWYI, H.R.; FERNANDES, P.D. Uso de  
1784 água residuária de origem urbana no cultivo de gérberras: efeito nos componentes de  
1785 produção. **Engenharia Agrícola**, v. 27, p. 569-578, 2007.

1786 MELCHIORRE, M.; LUCA, M. J.; ANTA, G. G.; SUAREZ, P.; LOPEZ, C.;  
1787 LASCANO, R.; RACCA, R. W. Evaluation of bradyrhizobia strains isolated from field-  
1788 grown soybean plants in Argentina as improved inoculants. **Biology and Fertility of**  
1789 **Soils**, v.47, p.81-89, 2011.

1790 MELI, S.; PORTO, M.; BELLIGNO, A.; BUFO, S. A.; MAZZATURA, A.; SCOPA,  
1791 A. Influence of irrigation with lagooned urban wastewater on chemical and  
1792 microbiological soil parameters in a citrus orchard under Mediterranean condition.  
1793 **Science of the Total Environment**, v.85, p.69-77, 2002.

1794 MENNAN, S.; CHEN, S.; MELAKEBERHAN, H. Effects of *Hirsutella*  
1795 *minnesotensis* and N-Viro Soil® on populations of *Meloidogyne hapla*. **Biocontrol**  
1796 **Science and Technology**, v.17, p.233-246, 2007.

1797 MENDES, I. C.; FERNANDES, M. F.; CHAER, G. M.; REIS JUNIOR, F.B. dos.  
1798 Biological functioning of Brazilian Cerrado soils under different vegetation types.  
1799 **Plant and Soil**, v. 359, p. 183–195, 2012.

1800 MERCANTE, F.M.; HUNGRIA, M.; MENDES, I. de C.; REIS JÚNIOR, F.B dos.;  
1801 ANDRADE, D.S. Fixação biológica de nitrogênio em adubos verdes. In LIMA FILHO,  
1802 O. F de; AMBROSANO, E. J.; ROSSI, F.; CARLOS, J. A. D. (Eds). **Adubação verde**  
1803 **e plantas de cobertura no Brasil: fundamentos e práticas**. Brasília DF.  
1804 EMBRAPA, v.1, p. 307-331. 2014.

1805 MIRANDA, T. L.; PEDROSA, E. M. R.; SILVA, E. F. de F.; ROLIM, M. M.  
1806 Alterações físicas e biológicas em solo cultivado com cana-de-açúcar após colheita  
1807 e aplicação de vinhaça **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, vol. 7, p. 150-158;  
1808 2012.

1809 MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. 2.  
1810 ed. Lavras: Editora UFLA, 2006. 729 p.

1811 NGOSONG, C.; JAROSCH, M.; RAUPP, J.; NEUMANN, E.; RUESS, L. THE  
1812 impact of farming practice on soil microorganisms and arbuscular mycorrhizal fungi:  
1813 Crop type versus long-term mineral and organic fertilization. **Applied Soil**  
1814 **Ecology**, v.46, p.134-142, 2010.

1815 NOBRE, R. G. et al. Crescimento do girassol irrigado com água residuária e  
1816 adubação orgânica. **Revista DAE**, v. 3, p. 50-60, 2009.

1817 OKA, Y. Mechanisms of nematode suppression by organic soil amendments - a  
1818 review. **Applied Soil Ecology**, v. 44, p.101-115, 2010.

1819 OLIVEIRA, P.G.F; MOREIRA, O.C; BRANCO, L.M.C; COSTA, R.N.T; DIAS,  
1820 C.N. Eficiência de uso dos fatores de produção água e potássio na cultura da  
1821 melancia irrigada com água de reuso. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e**  
1822 **Ambiental**, v. 16, p. 153-158, 2012.

1823 OLIVEIRA, M.N.; SILVA, M.P; CARNEIRO, V. A. Reuso da água: um novo  
1824 paradigma de Sustentabilidade. **Élisée – Revista de Geografia da UEG**, v.2, p.146-  
1825 157, 2013.

1826 PARTELLI, F. L.; VIEIRA, H. D.; FERREIRA, E. P. B.; VIANA, A. P.; MARTINS,  
1827 M. A.; URQUIAGA, S. Chemical and microbiological soil characteristics under  
1828 conventional and organic coffee production systems. **Communications in Soil**  
1829 **Science and Plant Analysis**, v. 43, p. 847-864, 2012.

1830 PEIXOTO, F. G. T. **Biomassa microbiana e atividade enzimática em solos**  
1831 **do estado de São Paulo sob vegetação nativa e cultivados**. Universidade  
1832 Estadual Paulista Júlio Mesquita Filho Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias  
1833 Jaboticabal, São Paulo, 2010. 69f. Dissertação.

1834 PEREIRA, B.F.F.; HE, Z.L.; SILVA, M.S.; HERPIN, U.; NOGUEIRA, S.F.;  
1835 MONTES, C.R.; MELFI, A.J. Reclaimed wastewater: impact on soil-plant system  
1836 under tropical conditions. **Journal of Hazardous Materials**, v.192, p.54-61, 2011.

1837 PERES, M. R. **Uso de água residuária com diferentes sistemas de**  
1838 **irrigação no desenvolvimento e na qualidade microbiológica do meloeiro**  
1839 **(*Cucumis melo* L.)**. Botucatu: Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita  
1840 Filho”, 2004. 50p. Dissertação Mestrado.

1841 PINHEIRO, M.I.T; CAMPO, J.N.B; STUDART, T.M.C; LUNA, R.M; SANTOS,  
1842 E.M.A. Programas de segurança da água: conceitos e práticas. 85 SANTOS,  
1843 MATSURA, SANTOS. **Revista de Ingeniería y Ciencias Ambientales:**  
1844 **Investigación, desarrollo y práctica**, v.8, p.131-146, 2015.

1845 PIVELI, R. P. et al. Utilização de esgoto tratado na agricultura: aporte de água  
1846 e nutrientes. In: MOTA, S. B.; SPERLING, M. **Nutrientes de esgoto sanitário:**  
1847 **utilização e remoção**. Rio de Janeiro: ABES, 2009.

1848 QUIST, C.W., SCHRAMA, M., DE HAAN, J.J., SMANT, G., BAKKER, J., VAN  
1849 DER PUTTEN, W.H., HELDER, J. Organic farming practices result in compositional  
1850 shifts in nematode communities that exceed crop-related changes. **Applied Soil**  
1851 **Ecology**, v. 98, p. 254-260, 2016.

1852 R CORE TEAM. **R: a language and environment for statistical computing**  
1853 [Internet]. Vienna: R Foundation for Statistical Computing; 2019. Acesso em:<  
1854 <http://www.r-project.org>>.

1855 RAMIREZ-VILLANUEVA, D. A.; BELLO-LÓPEZ, J. M.; NAVARRO-NOYA, Y.  
1856 E.; LUNA-GUIDO, M.; VERHULST, N.; GOVAERTS, B.; DENDOOVEN, L. Bacterial  
1857 community structure in maize residue amended soil with contrasting management  
1858 practices. **Applied soil ecology**, v. 90, p.49-59, 2015.

1859 REBOUÇAS, J. R. L.; DIAS, N. D. S.; GONZAGA, M. I. D. S.; GHEYI, H. R.;  
1860 NETO, O. N. D. S. Crescimento do Feijão-caupi irrigado com água residuária de  
1861 esgoto doméstico tratado. **Revista Caatinga**, v.23, p. 97-102, 2010.

1862 REIS, I. N. R. S.; COSTA, M. P.; LAMEIRA, O. A. Métodos de assepsia in vitro  
1863 de sementes de teca (*Tectona grandis*). In: SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO  
1864 CIENTÍFICA DA UFRA, 1, SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA EMBRAPA  
1865 AMAZÔNIA ORIENTAL, 7, 2003, Belém. Anais. Belém: Universidade Federal Rural  
1866 da Amazônia, 2003. p. 1-4.

1867 RIGON, J., C., S., de BRITO NETO, J. F., BELTRAO, N. D. M; SILVA, F. D. F.  
1868 Utilização da torta de mamona e de fontes de nitrogênio durante o crescimento  
1869 inicial do algodão colorido. In: Embrapa Algodão-Artigo em anais de congresso  
1870 (ALICE). In: CONGRESSO BRASILEIRO DO ALGODÃO, 8.; COTTON EXPO, 1.,  
1871 2011, São Paulo. Evolução da cadeia para construção de um setor forte: Anais.  
1872 Campina Grande, PB: Embrapa Algodão, 2011.

1873 RUFINI, M., da SILVA, M. A. P., FERREIRA, P. A. A., de SOUZA CASSETARI, A.,  
1874 SOARES, B. L., De ANDRADE, M. J. B.; de SOUZA MOREIRA, F. M. Symbiotic  
1875 efficiency and identification of rhizobia that nodulate cowpea in a Rhodic  
1876 Eutrudox. **Biology and fertility of soils**, v. 50, p. 115-122, 2014.

1877 ROTH, E.; SAMARA, N.; ACKERMANN, M.; SEIML-BUCHINGER, R.; SALEH,  
1878 A.; RUESS, L. Fertilization and irrigation practice as source of microorganisms and  
1879 the impact on nematodes as their potential vectors. **Applied Soil Ecology**, v.90,  
1880 p.68-77, 2015.

1881 SAMMIS, T. W.; PICCHIONI, J. G; MEXAL, G.; SAUCEDO, D. **Management**  
1882 **Model for Land Application of Wastewater**, p. 261-273, 2013.

1883 SANTOS, M. A. dos; NICOLÁS, M. F.; HUNGRIA, M. Identification of QTL  
1884 associated with the symbiosis of *Bradyrhizobium japonicum*, *B. elkanii* and  
1885 soybean. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, p. 67-75, 2006.

1886 SANTOS, K.C.F.; SILVA, M.S.L.; SILVA, L.D.; MIRANDA, M.A. FREIRE,  
1887 M.B.G.S. - Atividade biológica em solo salino sódico saturado por água sob cultivo  
1888 de *Atriplex numularia*. **Revista Ciência Agronômica**, v. 42, p. 619-627, 2011.

1889 SARAIVA, V. M.; KONIG, A. Productivity Purple-Elephant-Grass Irrigated with  
1890 Treated Domestic Sewage in the Semiarid Potiguar and its Uses. **Holos**, v. 29, p. 28-  
1891 46, 2013.

1892 SHAER-BARBOSA, M.; SANTOS, M. E. P.; MEDEIROS, Y. D. P. Viabilidade  
1893 do reuso de água como elemento mitigador dos efeitos da seca no semiárido da  
1894 Bahia. **Ambiente e Sociedade**, v. 17, p. 17-32, 2014.

1895 SHAMMI M, ABUL KASHEM M, MOSTAFIZU RAHMAN MD, DELWAR  
1896 HOSSAIN MD, RAHMAN R, KHABIR UDDIN M. Health risk assessment of textile  
1897 effluent reuses as irrigation water in leafy vegetable *Basella alba*. **International**  
1898 **Journal of Recycling Organic Waste in Agriculture**, v. 5, p.113-123,2016.

1899 SITHOLE, N. J.; MAGWAZA, L. S.; MAFONGOYA, P. L. Conservation  
1900 agriculture and its impact on soil quality and maize yield: a South African  
1901 perspective. **Soil and Tillage Research**, v. 162, p. 55-67, 2016.

1902 SILVA, M. M. da. **Irrigação com efluentes secundários no crescimento,**  
1903 **produtividade e concentração de nutrientes no solo e na mamoneira**. 2010. 77 f.  
1904 Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) -Universidade Federal de Campina  
1905 Grande. Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, 2010.

1906 SILVA, C.F.; PEREIRA, M.G.; MIGUEL, D.L.; FEITOSA, J.C.F.; LOSS, A.;  
1907 MENEZES, C.E.G; SILVA, E.M.R. Carbono orgânico total, biomassa microbiana e  
1908 atividade enzimática do solo de áreas agrícolas, florestais e pastagem no Médio  
1909 Vale do Paraíba do Sul (RJ). **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v. 36, p.  
1910 1680-1689, 2012.

1911 SILVA, L. V., DE LIMA, V. L., SILVA, V. N., SOFIATTI, V., PEREIRA, T. L.  
1912 Torta de mamona residual e irrigação com efluente sobre crescimento e produção de  
1913 algodoeiro herbáceo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.  
1914 17, p. 1264-1270, 2013.

1915 SIMÕES, K. S. et al. Água residuária de esgoto doméstico tratado na atividade  
1916 microbiana do solo e crescimento da mamoneira. **Revista Brasileira de Engenharia**  
1917 **Agrícola e Ambiental**, v.17, p.518-523, 2013.

1918 SOARES, S.P.S. **Estudo sobre o tratamento anaeróbio de águas**  
1919 **residuárias urbanas em reator de leito de lamas de fluxo ascendente em escala**  
1920 **piloto**, 2014. 93p. Dissertação (mestrado integrante em engenharia do ambiente).  
1921 Universidade do Porto. 2014.

1922 SORATTO, R. P.; ARF, O.; RODRIGUES, R. A. F.; BUZETTI, S.; SILVA, T. R.  
1923 B. Resposta do feijoeiro ao preparo do solo, manejo de água e parcelamento do  
1924 nitrogênio. **Acta Scientiarum: Agronomy**, v. 25, p. 89-96, 2003.

1925 SOUZA, N. C. D.; MOTA, S. B.; BEZERRA, F. M.; AQUINO, B. F. D.; SANTOS,  
1926 A. B. D. Produtividade da mamona irrigada com esgoto doméstico tratado. **Revista**  
1927 **Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 14, p. 478-484, 2010.

1928 SOUSA, C.C.M; PEDROSA, E.M.R; ROLIM, M.M; PEREIRA FILHO, J.V;  
1929 SOUZA, M.A. L.M. Influência da densidade do solo infestado por nematoide no  
1930 desenvolvimento inicial de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Engenharia**  
1931 **Agrícola e Ambiental**, v. 18, p. 475-479, 2014.

1932 SOUSA NETO, O.N.; ANDRADE FILHO, J.; DIAS, N.S. de.; REBOUÇAS,  
1933 J.R.L.; OLIVEIRA, F. R. A. de.; DINIZ, A.A. Fertirrigação do algodoeiro utilizando  
1934 efluente doméstico tratado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e**  
1935 **Ambiental**, v.16, p.200-208, 2012.

1936 SOUZA, A. P. de; CARVALHO, D. F. de; SILVA, L. B. D. da; GUERRA, J. G.  
1937 M.; COSTA, J. R. Taxas de decomposição de resíduos vegetais submetidos a  
1938 lâminas de irrigação. **Irriga**, v. 19, p. 512-526, 2014.

1939 SOUZA, T. R. de; BÔAS, R. L. V.; QUAGGIO, J. A.; SALOMÃO, L. C.;  
1940 FORATTO, L. C. Dinâmica de nutrientes na solução do solo em pomar fertirrigado de  
1941 citros. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.47, p.846-854, 2012.

1942 STIRLING, G. R.; SMITH, M. K.; SMITH, J. P.; STIRLING, A. M.; HAMILL, S.D.  
1943 Organic inputs, tillage and rotation practices influence soil health and  
1944 suppressiveness to soil borne pests and pathogens of ginger. **Australasian Plant**  
1945 **Pathology**, v.41, p.99–112, 2012

1946 STEPHENSON, D. O, BARBER, T; BOURLAND, F. M. Effect of twin-row  
1947 planting pattern and plant density on cotton growth, yield, and fiber quality. **Journal**  
1948 **of Cotton Science**, v.15, p.243-250, 2011.

1949 STIEVEN, A.C; SANTOS, J.O; OLIVEIRA, D.A; WRUCK, F. J; CAMPOS,  
1950 D.T.S. Monitoramento e quantificação de nematoides em solo sob integração  
1951 lavoura pecuária. XLIV Congresso Brasileiro de Fitopatologia- Bento Gonçalves RS.  
1952 **Tropical Plant Pathology**, v. 36 (Suplemento), p. 5, 2011.

1953 SUBRAMANI, T.; MANGAIYARKARASI, M.; KATHIRVEL, C. Impact of Sewage  
1954 and Industrial Effluent on Soil Plant Health Act on Environment. **Journal of**  
1955 **Engineering Research and Applications**. v.4, p.270-273, 2014.

1956 SUSZEK, E. B.; FORTES NETO, P.; FORTES, N. L. P.; SILVA, E. M. A. M.;  
1957 BRAMBATTI, F.; SILVA, C. R.; PATROCINIO, D. D. Atributos microbianos do solo  
1958 fertilizado com composto de lodo de esgoto. **Ambi-Agua**, v. 7, p. 49- 61, 2012.

1959 TARJAN, A. C.; ESSER, R. P.; CHANG, S. L. An illustrated key to nematodes  
1960 found in freshwater. **Journal of Water Pollution Control Federation**, v. 49, p. 2318-  
1961 2337, 1977.

1962 THORBURN, P. J.; BIGGS, J. S.; WEBSTER, A. J.; BIGGS, I. M. An improved  
1963 way to determine nitrogen fertilizer requirements of sugarcane crops to meet global  
1964 environmental challenges. **Plant and Soil**, v. 339, p. 51-67, 2011.

1965 TÓTOLA, M. R.; CHAER, G. M. Microrganismos e processos microbiológicos  
1966 como indicadores da qualidade dos solos. **Tópicos em ciência do solo**. Viçosa,  
1967 MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, v. 2, p. 195-276, 2002.

1968 VANCE, E.D.; BROOKES, P.C.; JENKINSON, D.S. An extraction method for  
1969 measuring soil microbial biomass C. **Soil Biology and Biochemistry**, v.19, p.703-  
1970 707, 1987.

1971 VARELA, A.R; MANAIA, C. M. Human health implications of clinically relevant  
1972 bacteria in wastewater habitats. **Environmental Science and Pollution Research**,  
1973 v. 20, p. 3550-3569, 2013.

1974 VIEIRA, G. D. A., CASTILHOS, D. D., CASTILHOS, R. M. V. Atributos  
1975 microbianos do solo após a adição de lodo anaeróbico da estação de tratamento de  
1976 efluentes de parboilização do arroz. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 35,  
1977 p. 543-550, 2011.

1978 VON SPERLING, M; de LEMOS CHERNICHARO, C. A. **Biological**  
1979 **wastewater treatment in warm climate regions**. IWA publishing, 2005.

1980 WWAP – World Water Assessment Programme. The United Nations World  
1981 Water Development Report 4: **Managing Water under Uncertainty and Risk**. (4<sup>th</sup>  
1982 ed.). Paris: UNESCO. 2012.

1983 YEATES, G. W.; BONGERS, T.; de GOEDE, R. G. M.; FRECKMAN, D. W.;  
1984 GEORGIEVA, S. S. Feeding habits in soil nematode families and genera - an outline  
1985 for soil ecologists. **Journal of Nematology**, v. 25, p. 315–331, 1993.

1986 YEATES, G.W.; BONGERS, T. Nematodes diversity in agroecosystems.  
1987 **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 74, p. 113-135, 1999.

1988 YIM, M.W., TAM, F.Y. Effects of wastewater-borne heavy metals on mangrove  
1989 plants and soil microbial activities. **Marine Pollution Bulletin**, v. 39, p.179–186,  
1990 1999.

- 1991 ZILLI, J. É.; VALICHESKI, R. R.; RUMJANEK, N. G.; SIMÕES-ARAÚJO, J. L.;
- 1992 FREIRE FILHO, F. R.; NEVES, M. C. P. Eficiência simbiótica de estirpes de
- 1993 Bradyrhizobium isoladas de solo do Cerrado em caupi. **Pesquisa Agropecuária**
- 1994 **Brasileira**, v. 41, p. 811-818, 2006.
- 1995 ZILLI, J. E.; MARSON, L. C.; MARSON, B. F.; RUMJANEK, N. G.; XAVIER, G.
- 1996 R. Contribuição de estirpes de rizóbio para o desenvolvimento e produtividade de
- 1997 grãos de feijão-cupi em Roraima. **Acta Amazonica**, v.39, p.749-758, 2009.



1998

**CAPÍTULO III**

1999

---

**ÁGUA RESIDUÁRIA DE ESGOTO DOMÉSTICO TRATADO E A FIXAÇÃO**

2000

**BIOLÓGICA DO NITROGÊNIO, CRESCIMENTO DA PLANTA E QUALIDADE DO**

2001

**SOLO**

2002 **ÁGUA RESIDUÁRIA DE ESGOTO DOMÉSTICO TRATADO E A FIXAÇÃO**  
2003 **BIOLÓGICA DO NITROGÊNIO, CRESCIMENTO DA PLANTA E QUALIDADE DO**  
2004 **SOLO**

2005  
2006 **RESUMO**

2007 A utilização de águas residuárias em atividades agrícolas pode trazer grande benefício  
2008 econômico e ambiental pois favorece a umidade no solo e serve de aporte de  
2009 nutrientes para a planta. O uso de leguminosas como *Crotalaria Spectabilis* é uma  
2010 alternativa para manter alguns nutrientes no solo de forma natural, especialmente o  
2011 nitrogênio. O objetivo do estudo foi avaliar a influência da adição de efluentes de  
2012 esgotos tratado no cultivo da *C. spectabilis* e seus efeitos na microbiota do solo e  
2013 desenvolvimento da planta. O delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado  
2014 em fatorial 4 (água de abastecimento e 50, 75 e 100% de esgoto doméstico tratado  
2015 por reator UASB) × 4 (isolado de rizóbio nativo CRO, estirpe recomendada BR 3267,  
2016 testemunha (não inoculada e sem nitrogênio), e controle com Nitrogênio (50 kg ha<sup>-1</sup>)  
2017 na forma de ureia) com quatro repetições. As concentrações de esgoto doméstico  
2018 tratado aplicadas e as duas estirpes de *Rhizobium* ou adubação nitrogenada não  
2019 afetaram significativamente a maior parte dos parâmetros associados à microbiota do  
2020 solo e crescimento da planta. A inoculação da estirpe BR 3267 foi menos eficiente do  
2021 que a adubação nitrogenada na produção de biomassa fresca da planta. A nodulação  
2022 de *C. spectabilis* foi eficiente a despeito das concentrações de esgoto doméstico  
2023 aplicadas, exceto 100%.

2024  
2025 **Palavras-chave:** *Crotalaria Spectabilis*, microbiota do solo, reator UASB, *Rhizobium*

2026  
2027 **TREATED DOMESTIC SEWAGE WASTEWATER AND THE BIOLOGICAL**  
2028 **NITROGEN FIXATION, PLANT GROWTH AND SOIL QUALITY**

2029  
2030 **ABSTRACT**

2031 The use of sewage wastewater could provide added economic and environmental  
2032 benefit to agricultural activities since it enhances soil humidity and nutrient apport to  
2033 the crop. Leguminous plant such as *Crotalaria spectabilis* is another alternative to keep  
2034 nutrients available in soil, especially nitrogen. The objective of the study was to

2035 evaluate the effect of treated domestic sewage wastewater added in soil for *C.*  
2036 *spectabilis* cultivation and the effects in soil microbiota and plant growth. The  
2037 experimental design was completely randomized in a factorial arrangement 4 (water  
2038 supply and 50, 75, and 100% domestic sewage wastewater treated in UASB - Upflow  
2039 Anaerobic Sludge Blanket - reactor) × 4 (a *Rhizobium* native stirp from the "Zona da  
2040 Mata" of Pernambuco (CRO), a recommended stirp for green fertilization and cowpea  
2041 (BR 3267), a control with nitrogen fertilizer (urea 50 kg ha<sup>-1</sup>), and an absolute control  
2042 (without inoculant an nitrogen fertilizer), with four replications. All treated domestic  
2043 sewage wastewater concentrations as well both *Rhizobium* stirpes and the nitrogen  
2044 fertilizer did not significantly affect most of evaluated parameters of soil microbiota and  
2045 plant growth. The inoculant BR 3267 was less successful in increasing the plant fresh  
2046 biomass than the nitrogen fertilizer. The *C. spectabilis* nodulation was efficient despite  
2047 domestic sewage wastewater concentration, except 100%.

2048

2049 **Keywords:** *Crotalaria Spectabilis*, soil microbiota, UASB reactor, *Rhizobium*

2050

## 2051 **INTRODUÇÃO**

2052

2053 A degradação do solo e o esgotamento dos minerais necessários para vida  
2054 vegetal é uma situação usualmente enfrentada na agricultura. O uso de plantas que  
2055 melhoram a qualidade do solo tem crescido, a exemplo do manejo com rotações de  
2056 cultura e/ou consórcio com plantas leguminosas, pode ser uma alternativa por trazer  
2057 ganhos econômicos e ambientais (ROSA, 2017; SANTOS et al., 2018). Plantas  
2058 pertencentes à família Fabaceae, a exemplo de *Crotalaria spectabilis* Roth junto com  
2059 outras espécies do gênero, são utilizadas como cultura de cobertura ou de adubação  
2060 verde por apresentar elevada capacidade de produção de biomassa e fixação  
2061 biológica de nitrogênio (FBN) (ALBUQUERQUE et al., 2000; LEAL et al., 2012;  
2062 TEODORO et al., 2015).

2063 A FBN é a principal via para a entrada sustentável de nitrogênio nos  
2064 ecossistemas e é realizada por organismos de vida livre e simbióticos. Espécies do  
2065 gênero *Crotalaria* apresentam alta simbiose com as bactérias fixadoras de N<sub>2</sub> e  
2066 produzem alto teor de nitrogênio de forma utilizável pela planta e em grandes  
2067 quantidades, disponibilizando assim o nitrogênio para do solo (MORO et al., 2016).

2068 Para uso agrícola, a FBN pode ser melhorada pela inoculação de culturas de  
2069 leguminosas com rizóbio adequado. O conhecimento da biodiversidade do rizóbio e  
2070 das populações locais é importante para o desenho de estratégias de inoculações  
2071 bem-sucedidas (FOWLER et al., 2013; LI et al., 2018). A seleção de estirpes eficientes  
2072 na nodulação é fundamental para o manejo sustentável da crotalária, pois, possibilita  
2073 a redução ou substituição da adubação nitrogenada, que se manejada  
2074 inadequadamente tem impactos negativos sobre os ecossistemas. Além disso, o uso  
2075 de estirpes eficientes permite uma maior lucratividade aos produtores rurais  
2076 (LINDSTRÖM, 2010).

2077 Outra forma de resgatar nutrientes para o solo é utilizando a água residuária  
2078 urbana que é rica em muitos nutrientes (SOUZA et al, 2016), mas para não criar um  
2079 desequilíbrio na microbiota do solo é necessário avaliar a dosagem correta e se  
2080 realmente essa água é tratada corretamente, pois podem apresentar patógenos  
2081 prejudiciais a vida vegetal, animal ou humana e elementos tóxicos. A irrigação com  
2082 efluente tratado pode melhorar significativamente as atividades dos microrganismos e  
2083 as condições de saúde do solo (CHEN et al., 2015).

2084 O objetivo do presente estudo foi avaliar a influência da adição de efluentes de  
2085 esgotos tratado no cultivo da *Crotalaria spectabilis* e seus efeitos na qualidade  
2086 biológica e na microbiota do solo.

2087

## 2088 **MATERIAL E MÉTODOS**

2089

### 2090 **Caracterização da área experimental**

2091 O experimento foi conduzido em casa de vegetação do Laboratório de  
2092 Nematologia da Universidade Federal Rural de Pernambuco, localizada no Município  
2093 de Recife-Pernambuco, no período de 29/08/2019 a 22/10/2019.

2094

### 2095 **Coleta, caracterização dos solos e tratamentos**

2096 O solo utilizado foi proveniente de uma fazenda cultivada com bananeira da  
2097 terra (*Musa* spp.), no Município de Amaraji-PE, na camada de 0-20 cm e analisado  
2098 quanto as características químicas (Tabela 1). O solo apresentava textura franco  
2099 argilo-arenosa com 50.3, 22.6 e 27.1 g kg<sup>-1</sup> de areia, silte e argila, respectivamente  
2100 (EMBRAPA, 2011).

2101

2102 **Tabela 1.** Caracterização química do solo da área experimental em Amaraji, PE, 2019.

Profundidade (m)	P (mg dm <sup>-3</sup> )	pH (H <sub>2</sub> O)	Ca	Mg	Na	K	H +Al	CTC	SB	M.O	V
			(cmolc dm <sup>-3</sup> )						(%)		
0 – 0,20	25	5,7	2,31	0,42	0,04	0,15	2,20	5,13	2,93	1,86	57,12

2103

2104

2105 Para condução do experimento, sementes da *C. spectabilis* foram semeadas  
2106 em agosto de 2019, e, inoculadas com a estirpe BR 3267 e um isolado nativo (CRO).  
2107 O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado e os tratamentos  
2108 foram arranjados em esquema fatorial 4 (níveis de esgoto) × 4 (tratamentos  
2109 nitrogenados) com quatro repetições. Cada parcela consistiu em um vaso com duas  
2110 plantas. Os tratamentos com esgoto consistiram em água de abastecimento mais três  
2111 diferentes concentrações de esgoto doméstico tratado em reator USB: 100% tratado,  
2112 75% de esgoto tratado + 25% de água de abastecimento e 50% de esgoto tratado +  
2113 50% de água de abastecimento. Os inóculos consistiram em uma estirpe nativa,  
2114 (CRO), uma recomendada (BR 3267), a testemunha (não inoculada e sem nitrogênio)  
2115 e um controle com Nitrogênio (50 kg ha<sup>-1</sup> na forma de ureia).

2116

### 2117 **Caracterização físico-química dos efluentes e água de abastecimento e irrigação**

2118 A água residuária utilizada foi oriunda da Estação de Tratamento e Reuso  
2119 Hidroagrícola localizada no Distrito de Mutuca, Pesqueira-PE, de origem de esgoto  
2120 doméstico tratado. A irrigação foi realizada em dias alternados com os efluentes  
2121 tratados e diluídos e água de abastecimento proveniente da rede de abastecimento  
2122 do campus da UFRPE. Foram realizados testes verificação do melhor manejo de  
2123 irrigação: 100,150 e 200 mm. O manejo da irrigação adotado foi o de 200 mm, em dias  
2124 alternados. A Tabela 2 apresenta a caracterização física e química do efluente e, a  
2125 Tabela 3, a caracterização da água de abastecimento da UFRPE.

2126

2127

2128 **Tabela 2.** Caracterização física e química da água residuária (AR) utilizada no  
 2129 experimento.

Parâmetro	Unidade	AR
pH		8,30
CE	dS m <sup>-1</sup>	5,70
STD	µS cm <sup>-1</sup>	2869,0
N-Total	mg L <sup>-1</sup>	23,6
P -Total	mg L <sup>-1</sup>	2,0
K <sup>+</sup>	mg L <sup>-1</sup>	85,8
Ca <sup>2+</sup>	mg L <sup>-1</sup>	34,5
Mg <sup>2+</sup>	mg L <sup>-1</sup>	50,9
Na <sup>+</sup>	mg L <sup>-1</sup>	782,0
Nitrato	mg L <sup>-1</sup>	42,4
Cloretos	mg L <sup>-1</sup>	950,0
Sulfato	mg L <sup>-1</sup>	103,7
Bicarbonato	mg L <sup>-1</sup>	647,2

2130  
 2131 **Tabela 3.** Caracterização física, química e bacteriológica da água de abastecimento  
 2132 (AB) utilizada no experimento.

Parâmetro	Unidade	AB
pH	-	5,7
CE	µS cm	64,5
STD	µS cm	46
Potássio	mg L	4,80
Cálcio	mg L	3,00
Magnésio	mg L	0,60
Sódio	mg L	8,00
Nitrato em N	mg L	0,73
Cloreto	mg L	14,00
Sulfato	mg L	1,4
Bicarbonato	mg L	8,5
RAS	mg L	1,10
Manganês	mg L	0,100
Ferro Total	mg L	0,20
Coliformes Totais	Em 100 ml	Ausência
<i>Escherichia. coli</i>	Em 100 ml	Ausência

2133

2134

2135 **Tratamento das sementes e Cultivo**

2136 As sementes da *C. spectabilis* foram desinfestadas com álcool etílico a 70%  
2137 por 30 segundos e com hipoclorito de sódio a 1%, por 2 minutos. Logo após, foram  
2138 lavadas com água destilada três vezes por 30 segundos, mais uma vez por 5 minutos  
2139 e por fim uma lavagem de 10 minutos (REIS; COSTA; LAMEIRA, 2003). Aos 53 dias,  
2140 as plantas foram colhidas e a parte aérea separada das raízes para determinação da  
2141 massa seca. O experimento foi conduzido em vasos com capacidade de 5,0 kg,  
2142 preenchidos com 2,5 kg de solo. Cada vaso recebeu cinco sementes inoculadas com  
2143 a estirpe de *Rhizobium*. Aos 10 dias após a germinação foi realizado o desbaste  
2144 deixando duas plantas por vaso.

2145

### 2146 **Inoculação**

2147 A estirpe de *Rhizobium* BR 3267 recomendada para produção de inoculante foi  
2148 cultivada em meio de cultura YMA (manitol - 10g; K<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub> - 0,5g; MgSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O - 0,2  
2149 g; NaCl - 0,1g; extrato de levedura - 0,4g; água destilada 1000 ml; pH ajustado para  
2150 6,8; ágar - 15 g). O *Rhizobium* foi espalhado com auxílio de alça de Drigalsky e  
2151 incubado por três dias. Para avaliação do crescimento da população bacteriana foi  
2152 utilizado o método da gota, e, as unidades formadoras de colônias contadas após a  
2153 inoculação. A inoculação ocorreu no momento do plantio da *C. spectabilis* e consistiu  
2154 em misturar as sementes de *C. spectabilis* com o inoculante, na proporção de 500  
2155 gramas para 50 kg de sementes, o qual foi previamente umedecido com solução  
2156 açucarada a 10%.

2157

### 2158 **Variáveis morfológicas da *Crotalaria spectabilis***

2159 Após 53 dias transcorridos da semeadura, período em que a fixação biológica  
2160 do nitrogênio pelas bactérias fixadoras encontrava-se em sua fase de maior atividade  
2161 enzimática, as plantas foram colhidas e a parte aérea separada das raízes para  
2162 avaliação dos parâmetros da FBN.

2163 A altura da planta (ALTP), número de folhas (NF) e diâmetro do caule (DC)  
2164 foram avaliados a cada 25 dias. O número de nódulos (NN), massa fresca dos nódulos  
2165 (MFN), massa seca dos nódulos (MSN), massa fresca da parte aérea (MFPA), massa  
2166 seca da parte aérea (MSPA), massa fresca da raiz (MFR) e massa seca da raiz (MSR)  
2167 foram avaliadas no final do ciclo.

2168 As raízes, lavadas com água corrente para posterior contagem dos nódulos. A  
2169 massa da matéria fresca dos nódulos foi obtida por meio da pesagem inicial do  
2170 material em balança analítica. A altura da planta foi medida desde o colo até a gema  
2171 do ramo mais alto da planta com uma trena. Para a determinação da produção de  
2172 massa de matéria seca, o material vegetal já seco foi colocado em estufa de circulação  
2173 forçada de ar a 65 - 70°C até atingir o equilíbrio (MALAVOLTA; VITTI; OLIVEIRA,  
2174 1997). O diâmetro do caule foi determinado através de um paquímetro digital e  
2175 expresso em mm.

2176

### 2177 **Determinação da umidade e evolução C-CO<sub>2</sub> do solo**

2178 Para determinação da umidade do solo, as amostras (Figura 1) foram pesadas  
2179 para obtenção da massa úmida (g) e depois levadas à estufa a 105 °C por 24 h para  
2180 obtenção da massa seca (g). A umidade (g. g<sup>-1</sup>) foi calculada pelo método  
2181 gravimétrico, dividindo-se a massa de água pela massa seca do solo.

2182 Para evolução C-CO<sub>2</sub> do solo, foram coletados 100 g de solo em cada parcela,  
2183 na profundidade entre 5 - 20 cm, com 128 amostras no primeiro ciclo. A respiração do  
2184 solo foi estimada por meio da liberação de CO<sub>2</sub> por uma área de solo, segundo  
2185 metodologia descrita por GRISI (1978). Neste método, a absorção do CO<sub>2</sub> foi feita por  
2186 uma solução de KOH 0,5 N e, posteriormente, titulada com HCl 0,1 N, utilizando-se  
2187 como indicadores a fenolftaleína e o alaranjado de metila a 1 %.

2188

### 2189 **Contagem e identificação de nematoides**

2190 As amostras de solos foram homogeneizadas e os nematoides extraídos de  
2191 alíquotas de 300 cm<sup>3</sup> de solo, pelo método da flotação centrífuga em solução de  
2192 sacarose (JENKINS, 1964). As suspensões foram colocadas em frascos e os  
2193 nematoides foram mortos por meio do aquecimento dos recipientes em banho-maria  
2194 a 55 °C, com adição, em seguida, de 1 ml de formaldeído a 37% (massa/volume).

2195 A estimativa populacional foi obtida por meio da contagem em lâminas de  
2196 Peters, com o auxílio de um microscópio óptico, em duas repetições, cada uma delas  
2197 correspondendo a metade da área de contagem total da lâmina, o que equivale a,  
2198 aproximadamente, 0,5 ml cada, e os resultados computados em número de  
2199 espécimes por 300 cm<sup>3</sup> de solo.



2200 Para o estudo da estrutura trófica, os nematoides foram classificados quanto  
2201 ao hábito alimentar em cinco grupos tróficos (parasitos de plantas, bacteriófagos,  
2202 micófagos, predadores e onívoros), baseado na morfologia do estoma e esôfago  
2203 (YEATES et al., 1993). Os nematoides parasitas de plantas foram identificados em  
2204 nível de gênero de acordo com Mai et al. (1996) e os nematoides de vida livre foram  
2205 identificados a nível de família conforme a chave de identificação de Tarjan; Esser;  
2206 Chang (1977).

2207

### 2208 **Determinação da microbiota geral do solo**

2209 A enumeração de bactérias, fungos e actinomicetos foi realizada utilizando o  
2210 método das diluições decimais sucessivas de contagem de micro-organismos em  
2211 placas. As amostras de solos (5g) foram misturadas em Erlenmeyer com 50 ml de  
2212 água destilada esterilizada, e colocadas no agitador por 30 minutos. Em seguida,  
2213 foram realizadas diluições sucessivas até  $10^{-9}$  para bactérias,  $10^{-5}$  para fungos e  $10^{-3}$   
2214 para actinomicetos. De cada diluição, foi retirada alíquota de 0,1 ml para as placas de  
2215 bactérias (Albumina de sódio-ágar), fungos (Rose Bengal) e actinomicetos (extrato  
2216 sacarose-ágar). Após solidificação, as placas de Petri foram seladas com parafilm e  
2217 incubadas em estufas a  $25^{\circ}$  C, invertidas por aproximadamente uma semana  
2218 (bactérias, fungos e actinomicetos). Depois foram selecionadas as placas com  
2219 maiores unidades formadoras de colônias (JAHNEL et al., 1999). A quantificação foi  
2220 realizada visualmente, contabilizando cada colônia de microrganismo que apareceu  
2221 nas placas. Após a aferição das colônias, multiplicou-se o resultado pelo fator de  
2222 diluição utilizado invertido, contabilizando-se as unidades formadoras de colônias  
2223 (UFC) por ml da amostra

2224

### 2225 **Análises estatísticas**

2226 Os dados foram submetidos a análises de variância. Conjuntamente às  
2227 análises, os pressupostos estatísticos (normalidade dos resíduos e  
2228 homocedasticidade das variâncias) foram verificados por meio do teste de Shapiro-  
2229 Wilk a 1% de significância. Na presença de efeito significativo dos tratamentos  
2230 ( $p < 0,05$ ), as médias foram comparadas pelo teste de Tukey também a 5% de  
2231 probabilidade. Nas ocasiões em que os pressupostos não foram atendidos, optou-se  
2232 pelo teste não paramétrico de Kruskal-Wallis e comparação de médias pelo teste de

2233 Dunn. Todos os procedimentos realizados foram conduzidos no software R (R Core  
2234 Team, 2019).

2235

## 2236 RESULTADOS E DISCUSSÃO

2237

### 2238 Microbiota do solo

2239 Para os actinomicetos, não houve efeito significativo ( $P > 0,05$ ) das concentrações  
2240 de esgoto doméstico tratado (Tabela 4), estirpes de *Rhizobium* (Tabela 5) e da  
2241 interação entre os fatores (Tabela 6).

2242

2243 **Tabela 4.** Efeito da aplicação de diferentes concentrações (0, 50, 75, 100%) de esgoto  
2244 doméstico tratado (AR) sobre a população de actinomicetos em solo proveniente da  
2245 camada 0-20 cm de área cultivada com bananeira da terra (*Musa spp.*) no Município  
2246 de Amaraji-PE.

Múltiplas Comparações de z' valores; Actino			
Variável (grupo) independente: Fator 1			
Kruskal-Wallis test: H ( 3, N= 64) =3,375348 p =,3373			
AR 50%	AR 75%	AR 100%	AB
R:32,813	R:37,313	R:34,219	R:25,656
ACTINOMICETOS			
AR 50%	0,683599	0,213625	1,087112
AR 75%		0,469974	1,770711
AR 100%			1,300737
AB			

2247

2248 **Tabela 5.** Efeito das estirpes de rizobio BR 3267 e CRO e adubação nitrogenada sobre  
2249 a população de actinomicetos em solo proveniente da camada 0-20 cm de área  
2250 cultivada com bananeira da terra (*Musa spp.*) no Município de Amaraji-PE.

ACTINOMICETOS	Múltiplas Comparações de z' valores; Actino			
	Variável (grupo) independente: Fator 2			
	Kruskal-Wallis test: H ( 3, N= 64) =7,763725 p =,0512			
	Sulfato de Amônio	Sem adubo e inoculante	BR 3267	CRO
	R:35,906	R:25,906	R:41,438	R:26,750
Sulfato de Amônio		1,519109	0,840257	1,390934
Sem adubo e inoculante			2,359366	0,128175
BR 3267				2,231191
CRO				

2251

2252 **Tabela 6:** Efeito da aplicação de diferentes concentrações (0, 50, 75,100%) de esgoto doméstico tratado (AR) e das estirpes de  
 2253 rizobio BR 3267 e CRO e adubação nitrogenada sobre a população de actinomicetos em solo proveniente da camada 0-20 cm de  
 2254 área cultivada com bananeira da terra (*Musa spp.*) no Município de Amaraji-PE.

<b>Multiple Comparisons z' values; Actino</b>																
<b>Independent (grouping) variable: tratamentos</b>																
<b>Kruskal-Wallis test: H ( 15, N= 64) =17,49900 p =,2899</b>																
<b>ACTINOMICETOS</b>	<b>75-SUL</b>	<b>100-SEM</b>	<b>AB-BR</b>	<b>50-BR</b>	<b>AB-SUL</b>	<b>50-CRO</b>	<b>75-CRO</b>	<b>100-SUL</b>	<b>AB-CRO</b>	<b>50-SUL</b>	<b>75-SEM</b>	<b>AB-SEM</b>	<b>50-SEM</b>	<b>75-BR</b>	<b>100-BR</b>	<b>100-CRO</b>
	<b>R:47,750</b>	<b>R:21,625</b>	<b>R:31,000</b>	<b>R:51,500</b>	<b>R:26,625</b>	<b>R:25,125</b>	<b>R:35,000</b>	<b>R:40,625</b>	<b>R:22,500</b>	<b>R:28,625</b>	<b>R:33,500</b>	<b>R:22,500</b>	<b>R:26,000</b>	<b>R:33,000</b>	<b>R:50,250</b>	<b>R:24,375</b>
<b>75-SUL</b>		1,984336	1,272254	0,284833	1,604559	1,718492	0,968432	0,541183	1,917875	1,452648	1,082365	1,917875	1,652031	1,120343	0,189889	1,775459
<b>100-SEM</b>			0,712082	2,269169	0,379777	0,265844	1,015904	1,443154	0,066461	0,531688	0,901971	0,066461	0,332305	0,863993	2,174225	0,208877
<b>AB-BR</b>				1,557087	0,332305	0,446238	0,303822	0,731071	0,645621	0,180394	0,189889	0,645621	0,379777	0,151911	1,462142	0,503205
<b>50-BR</b>					1,889392	2,003325	1,253265	0,826016	2,202708	1,737481	1,367198	2,202708	1,936864	1,405176	0,094944	2,060292
<b>AB-SUL</b>						0,113933	0,636127	1,063376	0,313316	0,151911	0,522194	0,313316	0,047472	0,484216	1,794448	0,170900
<b>50-CRO</b>							0,750060	1,177310	0,199383	0,265844	0,636127	0,199383	0,066461	0,598149	1,908381	0,056967
<b>75-CRO</b>								0,427249	0,949443	0,484216	0,113933	0,949443	0,683599	0,151911	1,158321	0,807027
<b>100-SUL</b>									1,376693	0,911465	0,541183	1,376693	1,110848	0,579160	0,731071	1,234276
<b>AB-CRO</b>										0,465227	0,835510	0,000000	0,265844	0,797532	2,107764	0,142416
<b>50-SUL</b>											0,370283	0,465227	0,199383	0,332305	1,642537	0,322811
<b>75-SEM</b>												0,835510	0,569666	0,037978	1,272254	0,693094
<b>AB-SEM</b>													0,265844	0,797532	2,107764	0,142416
<b>50-SEM</b>														0,531688	1,841920	0,123428
<b>75-BR</b>															1,310232	0,655116
<b>100-BR</b>																1,965347
<b>100-CRO</b>																

2255  
2256

2257 As diferentes concentrações de esgoto doméstico tratado (Tabela 7), inoculantes  
 2258 (Tabela 8) e suas interações (Tabela 9) não afetaram ( $P>0,05$ ) a população de fungos  
 2259 do solo.

2260

2261 **Tabela 7.** Efeito da aplicação de diferentes concentrações (0, 50, 75,100%) de esgoto  
 2262 doméstico tratado (AR) sobre a população de fungos em solo proveniente da camada  
 2263 0-20 cm de área cultivada com bananeira da terra (*Musa spp.*) no Município de  
 2264 Amaraji-PE.

Múltiplas Comparações de z' valores; Fungos			
Variável (grupo) independente: Fator 1			
Kruskal-Wallis test: H ( 3, N= 64) =1,952835 p =,5823			
AR 50%	AR 75%	AR 100%	AB
R:32,844	R:35,750	R:34,250	R:27,156
FUNGOS			
AR 50%	0,441491	0,213625	0,863993
AR 75%		0,227866	1,305484
AR 100%			1,077618
AB			

2265

2266

2267 **Tabela 8.** Efeito das estirpes de rizobio BR 3267 e CRO e adubação nitrogenada sobre  
 2268 a população de fungos em solo proveniente da camada 0-20 cm de área cultivada  
 2269 com bananeira da terra (*Musa spp.*) no Município de Amaraji-PE.

FUNGOS	Múltiplas Comparações de z' valores; Fungos			
	Variável (grupo) independente: Fator 2			
Kruskal-Wallis test: H ( 3, N= 64) =1,409464 p =,7033				
	Sulfato de Amônio	Sem adubo e inoculante	BR 3267	CRO
	R:36,531	R:29,188	R:33,375	R:30,906
Sulfato de Amônio		1,115596	0,479469	0,854499
Sem adubo e inoculante			0,636127	0,261097
BR 3267				0,375030
CRO				

2270

2271 **Tabela 9.** Efeito da aplicação de diferentes concentrações (0, 50, 75,100%) de esgoto doméstico tratado (AR) e das estirpes de  
 2272 rizobio BR 3267 e CRO e adubação nitrogenada sobre a população de fungos em solo proveniente da camada 0-20 cm de área  
 2273 cultivada com bananeira da terra (*Musa spp.*) no Município de Amaraji-PE.  
 2274

<b>Multiple Comparisons z' values; Fungos</b>																
<b>Independent (grouping) variable: tratamentos</b>																
<b>Kruskal-Wallis test: H ( 15, N= 64) =7,696642 p =,9354</b>																
<b>FUNGOS</b>	<b>75-SUL</b>	<b>100-SEM</b>	<b>AB-BR</b>	<b>50-BR</b>	<b>AB-SUL</b>	<b>50-CRO</b>	<b>75-CRO</b>	<b>100-SUL</b>	<b>AB-CRO</b>	<b>50-SUL</b>	<b>75-SEM</b>	<b>AB-SEM</b>	<b>50-SEM</b>	<b>75-BR</b>	<b>100-BR</b>	<b>100-CRO</b>
	<b>R:44,250</b>	<b>R:37,375</b>	<b>R:22,875</b>	<b>R:32,375</b>	<b>R:32,000</b>	<b>R:36,875</b>	<b>R:32,875</b>	<b>R:38,000</b>	<b>R:32,375</b>	<b>R:31,875</b>	<b>R:27,750</b>	<b>R:21,375</b>	<b>R:30,250</b>	<b>R:38,125</b>	<b>R:40,125</b>	<b>R:21,500</b>
<b>75-SUL</b>		0,522194	1,623548	0,901971	0,930454	0,560171	0,863993	0,474722	0,901971	0,939949	1,253265	1,737481	1,063376	0,465227	0,313316	1,727987
<b>100-SEM</b>			1,101354	0,379777	0,408261	0,037978	0,341800	0,047472	0,379777	0,417755	0,731071	1,215287	0,541183	0,056967	0,208877	1,205793
<b>AB-BR</b>				0,721577	0,693094	1,063376	0,759555	1,148826	0,721577	0,683599	0,370283	0,113933	0,560171	1,158321	1,310232	0,104439
<b>50-BR</b>					0,028483	0,341800	0,037978	0,427249	0,000000	0,037978	0,351294	0,835510	0,161405	0,436744	0,588655	0,826016
<b>AB-SUL</b>						0,370283	0,066461	0,455733	0,028483	0,009494	0,322811	0,807027	0,132922	0,465227	0,617138	0,797532
<b>50-CRO</b>							0,303822	0,085450	0,341800	0,379777	0,693094	1,177310	0,503205	0,094944	0,246855	1,167815
<b>75-CRO</b>								0,389272	0,037978	0,075955	0,389272	0,873488	0,199383	0,398766	0,550677	0,863993
<b>100-SUL</b>									0,427249	0,465227	0,778543	1,262759	0,588655	0,009494	0,161405	1,253265
<b>AB-CRO</b>										0,037978	0,351294	0,835510	0,161405	0,436744	0,588655	0,826016
<b>50-SUL</b>											0,313316	0,797532	0,123428	0,474722	0,626632	0,788038
<b>75-SEM</b>												0,484216	0,189889	0,788038	0,939949	0,474722
<b>AB-SEM</b>													0,674105	1,272254	1,424165	0,009494
<b>50-SEM</b>														0,598149	0,750060	0,664610
<b>75-BR</b>															0,151911	1,262759
<b>100-BR</b>																1,414670
<b>100-CRO</b>																

2275

2276 Em relação à população bacteriana do solo, ocorreu diferença significativa ( $P <$   
 2277  $0,05$ ) entre as concentrações de 50 e 100% de esgoto doméstico tratado, quando se  
 2278 avaliou esse fator isoladamente (Tabela 10). Porém não houve efeito significativo dos  
 2279 inoculantes de forma isolada (Tabela 11), nem na interação entre os fatores (Tabela  
 2280 12).

2281

2282 **Tabela 10.** Efeito da aplicação de diferentes concentrações (0, 50, 75,100%) de  
 2283 esgoto doméstico tratado (AR) sobre a população bacteriana em solo proveniente da  
 2284 camada 0-20 cm de área cultivada com bananeira da terra (*Musa spp.*) no Município  
 2285 de Amaraji-PE.

Múltiplas Comparações de z' valores; Bactérias			
Variável (grupo) independente: Fator 1			
Kruskal-Wallis test: $H ( 3, N= 64) =9,286145 p =,0257$			
AR 50%	AR 75%	AR 100%	AB
R:23,719	R:42,844	R:34,531	R:28,906
BACTÉRIAS			
AR 50%	2,905296*	1,642537	0,788038
AR 75%		1,262759	2,117258
AR 100%			0,854499
AB			

2286

\*Diferença significativa.

2287

2288 **Tabela 11.** Efeito das estirpes de rizobio BR 3267 e CRO e adubação nitrogenada  
 2289 sobre a população de bacteriana em solo proveniente da camada 0-20 cm de área  
 2290 cultivada com bananeira da terra (*Musa spp.*) no Município de Amaraji-PE.

Múltiplas Comparações de z' valores; Bactérias				
Variável (grupo) independente: Fator 2				
Kruskal-Wallis test: $H ( 3, N= 64) =4,531984 p =,2095$				
BACTÉRIAS	Sulfato de Amônio	Sem adubo e inoculante	BR 3267	CRO
	R:38,094	R:24,656	R:34,813	R:32,438
Sulfato de Amônio		2,041303	0,498458	0,859246
Sem adubo e inoculante			1,542845	1,182057
BR 3267				0,360788
CRO				

2291

2292 **Tabela 12.** Efeito da aplicação de diferentes concentrações (0, 50, 75,100%) de esgoto doméstico tratado (AR) e das estirpes de  
 2293 rizobio BR 3267 e CRO e adubação nitrogenada sobre a população bacteriana em solo proveniente da camada 0-20 cm de área  
 2294 cultivada com bananeira da terra (*Musa spp.*) no Município de Amaraji-PE.

<b>Multiple Comparisons z' values; Bactérias</b>																
<b>Independent (grouping) variable: tratamentos</b>																
<b>Kruskal-Wallis test: H ( 15, N= 64) =7,696642 p =,9354</b>																
<b>BACTÉRIAS</b>	<b>75-SUL</b>	<b>100-SEM</b>	<b>AB-BR</b>	<b>50-BR</b>	<b>AB-SUL</b>	<b>50-CRO</b>	<b>75-CRO</b>	<b>100-SUL</b>	<b>AB-CRO</b>	<b>50-SUL</b>	<b>75-SEM</b>	<b>AB-SEM</b>	<b>50-SEM</b>	<b>75-BR</b>	<b>100-BR</b>	<b>100-CRO</b>
	<b>R:46,125</b>	<b>R:16,750</b>	<b>R:28,750</b>	<b>R:26,875</b>	<b>R:30,000</b>	<b>R:13,875</b>	<b>R:47,750</b>	<b>R:46,375</b>	<b>R:33,000</b>	<b>R:29,875</b>	<b>R:33,750</b>	<b>R:23,875</b>	<b>R:24,250</b>	<b>R:43,750</b>	<b>R:39,875</b>	<b>R:35,125</b>
<b>75-SUL</b>		2,231191	1,319726	1,462142	1,224782	2,449563	0,123428	0,018989	0,996915	1,234276	0,939949	1,690009	1,661526	0,180394	0,474722	0,835510
<b>100-SEM</b>			0,911465	0,769049	1,006410	0,218372	2,354619	2,250180	1,234276	0,996915	1,291243	0,541183	0,569666	2,050797	1,756470	1,395681
<b>AB-BR</b>				0,142416	0,094944	1,129837	1,443154	1,338715	0,322811	0,085450	0,379777	0,370283	0,341800	1,139332	0,845004	0,484216
<b>50-BR</b>					0,237361	0,987421	1,585570	1,481131	0,465227	0,227866	0,522194	0,227866	0,199383	1,281748	0,987421	0,626632
<b>AB-SUL</b>						1,224782	1,348209	1,243771	0,227866	0,009494	0,284833	0,465227	0,436744	1,044387	0,750060	0,389272
<b>50-CRO</b>							2,572991	2,468552	1,452648	1,215287	1,509615	0,759555	0,788038	2,269169	1,974842	1,614053
<b>75-CRO</b>								0,104439	1,120343	1,357704	1,063376	1,813436	1,784953	0,303822	0,598149	0,958938
<b>100-SUL</b>									1,015904	1,253265	0,958938	1,708998	1,680514	0,199383	0,493710	0,854499
<b>AB-CRO</b>										0,237361	0,056967	0,693094	0,664610	0,816521	0,522194	0,161405
<b>50-SUL</b>											0,294327	0,455733	0,427249	1,053882	0,759555	0,398766
<b>75-SEM</b>												0,750060	0,721577	0,759555	0,465227	0,104439
<b>AB-SEM</b>													0,028483	1,509615	1,215287	0,854499
<b>50-SEM</b>														1,481131	1,186804	0,826016
<b>75-BR</b>															0,294327	0,655116
<b>100-BR</b>																0,360788
<b>100-CRO</b>																

2295

2296

2297 Avaliando de forma geral, os resultados mostram que as águas residuárias e os  
 2298 inoculantes não tiveram impacto na microbiota do solo. Segundo Oliveira et al. (2019),  
 2299 as águas residuais possuem influência na microbiota do solo quando utilizada como  
 2300 água de fertirrigação devido aos nutrientes disponibilizados, ao contrário do resultado  
 2301 encontrado nesta pesquisa. Quando há adubação por nitrogênio, ocorre maior  
 2302 atividade microbiana no solo devido à mineralização de matéria orgânica (OLIVEIRA  
 2303 et al., 2017).

2304

2305 **Umidade do solo**

2306 A umidade do solo não foi afetada significativamente pelas diferentes  
 2307 concentrações de esgoto doméstico (Tabela 13), inoculantes (Tabela 14) ou pela  
 2308 interação entre os dois fatores (Tabela 15). Possivelmente o resultado da irrigação  
 2309 com a umidade deve-se a possibilidade de que as parcelas se encontravam em  
 2310 mesma condição ambiental e que a proporção de irrigação entre os tratamentos foram  
 2311 o mesmo, sendo suficientes para a metabolização das plantas em cada parcela.

2312

2313 **Tabela 13.** Efeito da aplicação de diferentes concentrações (0, 50, 75,100%) de  
 2314 esgoto doméstico tratado (AR) sobre a umidade de solo proveniente da camada 0-20  
 2315 cm de área cultivada com bananeira da terra (*Musa spp.*) no Município de Amaraji-  
 2316 PE.

UMIDADE			
Múltiplas Comparações de z' valores; Umidade			
Variável (grupo) independente: Fator 1			
Kruskal-Wallis test: H (3, N= 64) =3,794936 p=0,2845			
AR 50%	AR 75%	AR 100%	AB
R: 26,500	R: 36,906	R: 29,844	R: 36,750
AR 50%	1,580823	0,507952	1,557087
AR 75%		1,072871	0,023736
AR 100%			1,049135
AB			

2317

2318



2319 **Tabela 14.** Efeito das estirpes de rizobio BR 3267 e CRO e adubação nitrogenada  
 2320 sobre a umidade do solo proveniente da camada 0-20 cm de área cultivada com  
 2321 bananeira da terra (*Musa spp.*) no Município de Amaraji-PE.

UMIDADE	Múltiplas Comparações de z' valores; Umidade Variável (grupo) independente: Fator 2 Kruskal-Wallis test: H (3, N= 64) =3,730510 p=0,2921			
	Sulfato de Amônio R: 36,531	Sem adubo e inoculante R: 27,875	BR 3267 R: 37,344	CRO R: 28,250
Sulfato de Amônio		1,314979	0,123428	1,258012
Sem adubo e inoculante			1,438406	0,056967
BR 3267				1,381440
CRO				

2322

2323 **Tabela 15.** Efeito da aplicação de diferentes concentrações (0, 50, 75,100%) de esgoto doméstico tratado (AR) e das estirpes de  
 2324 rizobio BR 3267 e CRO e adubação nitrogenada sobre a umidade do solo proveniente da camada 0-20 cm de área cultivada com  
 2325 bananeira da terra (*Musa spp.*) no Município de Amaraji-PE.

Multiple Comparisons z' values; umidade																
Independent (grouping) variable: tratamentos																
Kruskal-Wallis test: H ( 15, N= 64) =16,52826 p =,3478																
UMIDADE	75-SUL	100-SEM	AB-BR	50-BR	AB-SUL	50-CRO	75-CRO	100-SUL	AB-CRO	50-SUL	75-SEM	AB-SEM	50-SEM	75-BR	100-BR	100-CRO
	R:45,625	R:16,000	R:44,750	R:34,625	R:32,750	R:10,875	R:37,750	R:32,000	R:36,750	R:35,750	R:38,000	R:32,750	R:24,750	R:26,250	R:43,750	R:27,625
75-SUL		2,250180	0,066461	0,835510	0,977926	2,639452	0,598149	1,034893	0,674105	0,750060	0,579160	0,977926	1,585570	1,471637	0,142416	1,367198
100-SEM			2,183719	1,414670	1,272254	0,389272	1,652031	1,215287	1,576076	1,500120	1,671020	1,272254	0,664610	0,778543	2,107764	0,882982
AB-BR				0,769049	0,911465	2,572991	0,531688	0,968432	0,607644	0,683599	0,512699	0,911465	1,519109	1,405176	0,075955	1,300737
50-BR					0,142416	1,803942	0,237361	0,199383	0,161405	0,085450	0,256350	0,142416	0,750060	0,636127	0,693094	0,531688
AB-SUL						1,661526	0,379777	0,056967	0,303822	0,227866	0,398766	0,000000	0,607644	0,493710	0,835510	0,389272
50-CRO							2,041303	1,604559	1,965347	1,889392	2,060292	1,661526	1,053882	1,167815	2,497036	1,272254
75-CRO								0,436744	0,075955	0,151911	0,018989	0,379777	0,987421	0,873488	0,455733	0,769049
100-SUL									0,360788	0,284833	0,455733	0,056967	0,550677	0,436744	0,892477	0,332305
AB-CRO										0,075955	0,094944	0,303822	0,911465	0,797532	0,531688	0,693094
50-SUL											0,170900	0,227866	0,835510	0,721577	0,607644	0,617138
75-SEM												0,398766	1,006410	0,892477	0,436744	0,788038
AB-SEM													0,607644	0,493710	0,835510	0,389272
50-SEM														0,113933	1,443154	0,218372
75-BR															1,329220	0,104439
100-BR																1,224782
100-CRO																

2327 **Evolução C-CO<sub>2</sub> do solo**

2328 A evolução C-CO<sub>2</sub> do solo não foi afetada significativamente (P>0,05) pelas  
 2329 diferentes concentrações de esgoto doméstico tratado (Tabela 16), inoculantes  
 2330 (Tabela 17) ou pela interação entre os dois fatores (Tabela 18). Embora alguns  
 2331 estudos relatem aumento na evolução C-CO<sub>2</sub> do solo após aplicação de efluentes no  
 2332 solo (MOREIRA; SIQUEIRA, 2002; NOGUEIRA et al., 2006; MELI, 2002), Oliveira et  
 2333 al. (2019) também não observaram variações significativas na evolução C-CO<sub>2</sub> do  
 2334 solo, mas justificam este resultado pela ação da chuva que molhou o  
 2335 experimento. A aplicação excessiva de sais, que normalmente estão presentes nestas  
 2336 águas, pode desencadear nas células dos microrganismos interferência sobre as  
 2337 atividades osmóticas das células e alterar a capacidade de mineralização da matéria  
 2338 orgânica do solo e, em consequência, a liberação de CO<sub>2</sub> (Santos et al., 20110). Em  
 2339 nosso estudo, as estirpes de *Rhizobium* inoculadas não tiveram eficiência significativa  
 2340 no aumento das bactérias no solo, possivelmente porque a maioria das bactérias  
 2341 inoculadas deveriam se encontrar estabelecida dentro dos nódulos das raízes. Esses  
 2342 resultados corroboram os obtidos, no presente estudo, na avaliação da microbiota do  
 2343 solo.

2344

2345 **Tabela 16.** Efeito da aplicação de diferentes concentrações (0, 50, 75,100%) de  
 2346 esgoto doméstico tratado (AR) sobre a evolução C-CO<sub>2</sub> do solo proveniente da  
 2347 camada 0-20 cm de área cultivada com bananeira da terra (*Musa spp.*) no Município  
 2348 de Amaraji-PE.

EVOLUÇÃO C-CO <sub>2</sub>	Múltiplas Comparações de z' valores; RESPIROMETRIA Variável (grupo) independente: Fator 2 Kruskal-Wallis test: H (3, N= 64) =1,127410 p=0,7705			
	Sulfato de Amônio R: 36,563	Sem adubo e inoculante R: 31,063	BR 3267 R: 32,281	CRO R: 30,094
Sulfato de Amônio		0,835510	0,650369	0,982674
Sem adubo e inoculante			0,185141	0,147164
BR 3267				0,332305
CRO				

2349

2350 **Tabela 18.** Efeito da aplicação de diferentes concentrações (0, 50, 75,100%) de esgoto doméstico tratado (AR) e das estirpes de  
 2351 *Rhizobium* BR 3267 e CRO e adubação nitrogenada sobre a população de actinomicetos em solo proveniente da camada 0-20 cm  
 2352 de área cultivada com bananeira da terra (*Musa* spp.) no Município de Amaraji-PE.

Multiple Comparisons z' values; respirometria

Independent (grouping) variable: tratamentos

Kruskal-Wallis test: H ( 15, N= 64) =11,89893 p =,6867

RESPIROMETRIA	75-SUL	100-SEM	AB-BR	50-BR	AB-SUL	50-CRO	75-CRO	100-SUL	AB-CRO	50-SUL	75-SEM	AB-SEM	50-SEM	75-BR	100-BR	100-CRO
75-SUL		0,740566	0,522194	0,455733	1,424165	0,702588	0,047472	0,996915	0,541183	0,731071	0,246855	0,227866	0,778543	0,199383	0,123428	0,066461
100-SEM			1,262759	0,284833	2,164730	0,037978	0,693094	1,737481	1,281748	0,009494	0,493710	0,968432	1,519109	0,939949	0,863993	0,674105
AB-BR				0,977926	0,901971	1,224782	0,569666	0,474722	0,018989	1,253265	0,769049	0,294327	0,256350	0,322811	0,398766	0,588655
50-BR					1,879897	0,246855	0,408261	1,452648	0,996915	0,275339	0,208877	0,683599	1,234276	0,655116	0,579160	0,389272
AB-SUL						2,126753	1,471637	0,427249	0,882982	2,155236	1,671020	1,196298	0,645621	1,224782	1,300737	1,490626
50-CRO							0,655116	1,699503	1,243771	0,028483	0,455733	0,930454	1,481131	0,901971	0,826016	0,636127
75-CRO								1,044387	0,588655	0,683599	0,199383	0,275339	0,826016	0,246855	0,170900	0,018989
100-SUL									0,455733	1,727987	1,243771	0,769049	0,218372	0,797532	0,873488	1,063376
AB-CRO										1,272254	0,788038	0,313316	0,237361	0,341800	0,417755	0,607644
50-SUL											0,484216	0,958938	1,509615	0,930454	0,854499	0,664610
75-SEM												0,474722	1,025399	0,446238	0,370283	0,180394
AB-SEM													0,550677	0,028483	0,104439	0,294327
50-SEM														0,579160	0,655116	0,845004
75-BR															0,075955	0,265844
100-BR																0,189889
100-CRO																

2353

2354 **Nodulação e crescimento de *Crotalaria spectabilis***

2355 As concentrações de esgoto doméstico tratado afetaram de forma isolada a  
 2356 nodulação, ocorrendo diferença significativa entre a nodulação em solo irrigado com  
 2357 água de abastecimento e água residuária na proporção de 100% (Tabela 19). Esse  
 2358 resultado mostra que de alguma forma a água residuária ajudou na colonização das  
 2359 bactérias na planta. Não houve efeito significativo na nodulação decorrente dos  
 2360 inoculantes isoladamente (Tabela 20) ou de sua interação com as diferentes  
 2361 concentrações de esgoto doméstico (Tabela 21). Esse resultado discorda dos obtidos  
 2362 em outros estudos com leguminosas que afirmam que a utilização de adubo  
 2363 nitrogenado no solo diminui a eficiência da nodulação de plantas que possuem esse  
 2364 tipo de simbiose (LOPES, 2016), pois como o nitrogênio já está disponível no solo não  
 2365 haveria necessidade de uma produção de nódulos significativa. No entanto, esse  
 2366 resultado pode indicar que a *C. spectabilis* tem uma eficiência na nodulação mesmo  
 2367 em situação de abundância de nitrogênio para o solo, considerando a hipótese de que  
 2368 havendo nódulos há produção destes nutrientes pelas bactérias nitrificadoras.

2369

2370 **Tabela 19.** Efeito da aplicação de diferentes concentrações (0, 50, 75,100%) de  
 2371 esgoto doméstico tratado (AR) sobre a nodulação em *Crotalaria spectabilis* em solo  
 2372 proveniente da camada 0-20 cm de área cultivada com bananeira da terra (*Musa spp.*)  
 2373 no Município de Amaraji-PE.

NODULAÇÃO	Múltiplas Comparações de z' valores; Nodulação			
	Variável (grupo) independente: Fator 1 Kruskal-Wallis test: H (3, N= 64) =11,47689 p=0,0094			
	AR 50%	AR 75%	AR 100%	AB
	R: 32,906	R: 35,906	R: 41,125	R: 20,063
AR 50%		0,455733	1,248518	1,951106
AR 75%			0,792785	2,406838
AR 100%				3,199623*
AB				

2374

2375

2376

\*Diferença significativa.

2377 **Tabela 20.** Efeito das estirpes de rizobio BR 3267 e CRO e adubação nitrogenada  
 2378 sobre a nodulação em *Crotalaria spectabilis* em solo proveniente da camada 0-20 cm  
 2379 de área cultivada com bananeira da terra (*Musa spp.*) no Município de Amaraji-PE.

NODULAÇÃO		Múltiplas Comparações de z' valores; NODULAÇÃO			
		Variável (grupo) independente: Fator 2			
		Kruskal-Wallis test: H (3, N= 64) =4,923480 p=0,1775			
		Sulfato de Amônio	Sem adubo e inoculante	BR 3267	CRO
		R: 24,563	R: 31,719	R: 35,938	R: 37,781
Sulfato de Amônio			1,087112	1,727987	2,008072
Sem adubo e inoculante				0,640874	0,920960
BR 3267					0,280086
CRO					

2380

2381

2382  
2383  
2384

**Tabela 21.** Efeito da aplicação de diferentes concentrações (0, 50, 75,100%) de esgoto doméstico tratado (AR) e das estirpes de rizobio BR 3267 e CRO e adubação nitrogenada sobre a população de actinomicetos em solo proveniente da camada 0-20 cm de área cultivada com bananeira da terra (*Musa spp.*) no Município de Amaraji-PE.

Multiple Comparisons z' values; Nodulação																
Independent (grouping) variable: tratamentos																
Kruskal-Wallis test: H ( 15, N= 64) =29,18182 p =,0152																
NODULAÇÃO	75-SUL R:33,125	100-SEM R:48,750	AB-BR R:28,375	50-BR R:19,375	AB-SUL R:10,500	50-CRO R:55,125	75-CRO R:36,625	100-SUL R:33,375	AB-CRO R:24,875	50-SUL R:21,250	75-SEM R:25,750	AB-SEM R:16,500	50-SEM R:35,875	75-BR R:48,125	100-BR R:47,875	100-CRO R:34,500
75-SUL		1,186804	0,360788	1,044387	1,718492	1,671020	0,265844	0,018989	0,626632	0,901971	0,560171	1,262759	0,208877	1,139332	1,120343	0,104439
100-SEM			1,547592	2,231191	2,905296	0,484216	0,920960	1,167815	1,813436	2,088775	1,746975	2,449563	0,977926	0,047472	0,066461	1,082365
AB-BR				0,683599	1,357704	2,031808	0,626632	0,379777	0,265844	0,541183	0,199383	0,901971	0,569666	1,500120	1,481131	0,465227
50-BR					0,674105	2,715407	1,310232	1,063376	0,417755	0,142416	0,484216	0,218372	1,253265	2,183719	2,164730	1,148826
AB-SUL						3,389512	1,984336	1,737481	1,091860	0,816521	1,158321	0,455733	1,927370	2,857824	2,838835	1,822931
50-CRO							1,405176	1,652031	2,297652	2,572991	2,231191	2,933779	1,462142	0,531688	0,550677	1,566581
75-CRO								0,246855	0,892477	1,167815	0,826016	1,528603	0,056967	0,873488	0,854499	0,161405
100-SUL									0,645621	0,920960	0,579160	1,281748	0,189889	1,120343	1,101354	0,085450
AB-CRO										0,275339	0,066461	0,636127	0,835510	1,765964	1,746975	0,731071
50-SUL											0,341800	0,360788	1,110848	2,041303	2,022314	1,006410
75-SEM												0,702588	0,769049	1,699503	1,680514	0,664610
AB-SEM													1,471637	2,402091	2,383102	1,367198
50-SEM														0,930454	0,911465	0,104439
75-BR															0,018989	1,034893
100-BR																1,015904
100-CRO																

2385

2386 A biomassa fresca das plantas não foi afetada significativamente ( $P>0,05$ )  
 2387 pelos tratamentos de água residuária (Tabela 22) e sua interação com os inoculantes  
 2388 (Tabela 24). No entanto, os inoculantes afetaram significativamente a biomassa fresca  
 2389 de forma individualizada, apresentando diferença significativa entre os tratamentos  
 2390 BR 3267 e sulfato de amônio (Tabela 23), mostrando que a inoculação da estirpe BR  
 2391 3267 não foi tão eficiente quanto a adubação com sulfato de amônio.

2392

2393 **Tabela 22.** Efeito da aplicação de diferentes concentrações (0, 50, 75,100%) de  
 2394 esgoto doméstico tratado (AR) sobre a biomassa fresca de *Crotalaria spectabilis* em  
 2395 solo proveniente da camada 0-20 cm de área cultivada com bananeira da terra (*Musa*  
 2396 spp.) no Município de Amaraji-PE.

MASSA FRESCA DA PLANTA	Múltiplas Comparações de z' valores; MFP Variável (grupo) independente: Fator 1 Kruskal-Wallis test: H (3, N= 64) =1,316536 p=0,7252			
	AR 50%	AR 75%	AR 100%	AB
	R: 30,875	R: 30,625	R: 37,094	R: 31,406
AR 50%		0,037978	0,944696	0,080703
AR 75%			0,982674	0,118680
AR 100%				0,863993
AB				

2397

2398

2399 **Tabela 23** Efeito das estirpes de rizobio BR 3267 e CRO e adubação nitrogenada  
 2400 sobre a biomassa fresca de *Crotalaria spectabilis* em solo proveniente da camada 0-  
 2401 20 cm de área cultivada com bananeira da terra (*Musa* spp.) no Município de Amaraji-  
 2402 PE.

MASSA FRESCA DA PLANTA	Múltiplas Comparações de z' valores; MFP Variável (grupo) independente: Fator 2 Kruskal-Wallis test: H (3, N= 64) =9,824728 p=0,0201			
	Sulfato de Amônio	Sem adubo e inoculante	BR 3267	CRO
	R: 45,031	R: 29,531	R: 27,094	R: 28,344
Sulfato de Amônio		2,354619	2,724902*	2,535013
Sem adubo e inoculante			0,370283	0,180394
BR 3267				0,189889
CRO				

2403

\*Diferença significativa.



2404 **Tabela 24.** Efeito da aplicação de diferentes concentrações (0, 50, 75,100%) de esgoto doméstico tratado (AR) e das estirpes de  
 2405 rizobio BR 3267 e CRO e adubação nitrogenada sobre a biomassa fresca de *Crotalaria spectabilis* em solo proveniente da camada  
 2406 0-20 cm de área cultivada com bananeira da terra (*Musa spp.*) no Município de Amaraji-PE.

Multiple Comparisons z' values; MFP																
Independent (grouping) variable: tratamentos																
Kruskal-Wallis test: H ( 15, N= 64) =21,92558 p =,1098																
	75-SUL	100-SEM	AB-BR	50-BR	AB-SUL	50-CRO	75-CRO	100-SUL	AB-CRO	50-SUL	75-SEM	AB-SEM	50-SEM	75-BR	100-BR	100-CRO
MASSA FRESCA DA PLANTA	R:49,250	R:29,125	R:28,750	R:12,875	R:48,625	R:36,875	R:20,500	R:51,750	R:23,000	R:30,500	R:20,500	R:25,250	R:43,250	R:32,250	R:34,500	R:33,000
75-SUL		1,528603	1,557087	2,762880	0,047472	0,939949	2,183719	0,189889	1,993831	1,424165	2,183719	1,822931	0,455733	1,291243	1,120343	1,234276
100-SEM			0,028483	1,234276	1,481131	0,588655	0,655116	1,718492	0,465227	0,104439	0,655116	0,294327	1,072871	0,237361	0,408261	0,294327
AB-BR				1,205793	1,509615	0,617138	0,626632	1,746975	0,436744	0,132922	0,626632	0,265844	1,101354	0,265844	0,436744	0,322811
50-BR					2,715407	1,822931	0,579160	2,952768	0,769049	1,338715	0,579160	0,939949	2,307147	1,471637	1,642537	1,528603
AB-SUL						0,892477	2,136247	0,237361	1,946358	1,376693	2,136247	1,775459	0,408261	1,243771	1,072871	1,186804
50-CRO							1,243771	1,129837	1,053882	0,484216	1,243771	0,882982	0,484216	0,351294	0,180394	0,294327
75-CRO								2,373608	0,189889	0,759555	0,000000	0,360788	1,727987	0,892477	1,063376	0,949443
100-SUL									2,183719	1,614053	2,373608	2,012819	0,645621	1,481131	1,310232	1,424165
AB-CRO										0,569666	0,189889	0,170900	1,538098	0,702588	0,873488	0,759555
50-SUL											0,759555	0,398766	0,968432	0,132922	0,303822	0,189889
75-SEM												0,360788	1,727987	0,892477	1,063376	0,949443
AB-SEM													1,367198	0,531688	0,702588	0,588655
50-SEM														0,835510	0,664610	0,778543
75-BR															0,170900	0,056967
100-BR																0,113933
100-CRO																

2407

2408 A biomassa seca das plantas não foi afetada significativamente pelas diferentes  
 2409 concentrações de esgoto doméstico (Tabela 25), inoculantes (Tabela 26) ou pela  
 2410 interação entre os dois fatores (Tabela 27).

2411

2412 **Tabela 25.** Efeito da aplicação de diferentes concentrações (0, 50, 75,100%) de  
 2413 esgoto doméstico tratado (AR) sobre a biomassa seca de *Crotalaria spectabilis* em  
 2414 solo proveniente da camada 0-20 cm de área cultivada com bananeira da terra (*Musa*  
 2415 spp.) no Município de Amaraji-PE.

MASSA SECA DA PLANTA	Múltiplas Comparações de z' valores; MSP			
	Variável (grupo) independente: Fator 1			
Kruskal-Wallis test: H (3, N= 64) =1,935123 p=0,5860				
	AR 50%	AR 75%	AR 100%	AB
	R: 27,406	R: 35,094	R: 35,500	R: 32,000
AR 50%		1,167815	1,229529	0,697841
AR 75%			0,061714	0,469974
AR 100%				0,531688
AB				

2416

2417

2418 **Tabela 26.** Efeito das estirpes de rizobio BR 3267 e CRO e adubação nitrogenada  
 2419 sobre a biomassa seca de *Crotalaria spectabilis* em solo proveniente da camada 0-20  
 2420 cm de área cultivada com bananeira da terra (*Musa* spp.) no Município de Amaraji-  
 2421 PE.

MASSA SECA DA PLANTA	Múltiplas Comparações de z' valores; MSP			
	Variável (grupo) independente: Fator 2			
Kruskal-Wallis test: H (3, N= 64) =2,456565 p=0,4832				
	Sulfato de Amônio	Sem adubo e inoculante	BR 3267	CRO
	R: 38,563	R: 31,469	R: 28,813	R: 31,156
Sulfato de Amônio		1,077618	1,481131	1,125090
Sem adubo e inoculante			0,403513	0,047472
BR 3267				0,356041
CRO				

2422

2423 **Tabela 27.** Efeito da aplicação de diferentes concentrações (0, 50, 75,100%) de esgoto doméstico tratado (AR) e das estirpes de  
 2424 rizobio BR 3267 e CRO e adubação nitrogenada sobre a biomassa seca de *Crotalaria spectabilis* em solo proveniente da camada 0-  
 2425 20 cm de área cultivada com bananeira da terra (*Musa spp.*) no Município de Amaraji-PE.

Multiple Comparisons z' values; MSP																
Independent (grouping) variable: tratamentos																
Kruskal-Wallis test: H ( 15, N= 64) =23,86805 p =,0674																
MASSA SECA DA PLANTA	75-SUL	100-SEM	AB-BR	50-BR	AB-SUL	50-CRO	75-CRO	100-SUL	AB-CRO	50-SUL	75-SEM	AB-SEM	50-SEM	75-BR	100-BR	100-CRO
	R:49,250	R:34,000	R:43,500	R:8,2500	R:35,250	R:48,750	R:28,500	R:50,000	R:16,875	R:19,750	R:26,625	R:32,375	R:32,875	R:36,000	R:27,500	R:30,500
75-SUL		1,158321	0,436744	3,114174	1,063376	0,037978	1,576076	0,056967	2,459058	2,240686	1,718492	1,281748	1,243771	1,006410	1,652031	1,424165
100-SEM			0,721577	1,955853	0,094944	1,120343	0,417755	1,215287	1,300737	1,082365	0,560171	0,123428	0,085450	0,151911	0,493710	0,265844
AB-BR				2,677430	0,626632	0,398766	1,139332	0,493710	2,022314	1,803942	1,281748	0,845004	0,807027	0,569666	1,215287	0,987421
50-BR					2,050797	3,076196	1,538098	3,171140	0,655116	0,873488	1,395681	1,832425	1,870403	2,107764	1,462142	1,690009
AB-SUL						1,025399	0,512699	1,120343	1,395681	1,177310	0,655116	0,218372	0,180394	0,056967	0,588655	0,360788
50-CRO							1,538098	0,094944	2,421080	2,202708	1,680514	1,243771	1,205793	0,968432	1,614053	1,386187
75-CRO								1,633042	0,882982	0,664610	0,142416	0,294327	0,332305	0,569666	0,075955	0,151911
100-SUL									2,516024	2,297652	1,775459	1,338715	1,300737	1,063376	1,708998	1,481131
AB-CRO										0,218372	0,740566	1,177310	1,215287	1,452648	0,807027	1,034893
50-SUL											0,522194	0,958938	0,996915	1,234276	0,588655	0,816521
75-SEM												0,436744	0,474722	0,712082	0,066461	0,294327
AB-SEM													0,037978	0,275339	0,370283	0,142416
50-SEM														0,237361	0,408261	0,180394
75-BR															0,645621	0,417755
100-BR																0,227866
100-CRO																

2427 Para a altura da planta não houve diferença significativa entre as concentrações  
 2428 de esgoto doméstico (Tabela 28) e inoculantes (Tabela 29) de forma individualizada  
 2429 nem interação entre os dois fatores (Tabela 30), corroborando os resultados  
 2430 encontrados para a biomassa seca da planta. Segundo Kessler (2017), a utilização de  
 2431 águas residuárias aumenta a atividade microbiota do solo, mas diminui a  
 2432 biodisponibilidade de nutrientes, reduzindo assim a qualidade e a fertilidade do solo.  
 2433 Ferreira e Moura (2017) não encontraram diferença no crescimento de *C. spectabilis*  
 2434 com e sem inoculação dos simbiontes, reforçando a hipótese de que esta planta por  
 2435 si só é uma excelente fixadora de nitrogênio.

2436

2437 **Tabela 28.** Efeito da aplicação de diferentes concentrações (0, 50, 75,100%) de  
 2438 esgoto doméstico tratado (AR) sobre a altura de planta de *Crotalaria spectabilis* em  
 2439 solo proveniente da camada 0-20 cm de área cultivada com bananeira da terra (*Musa*  
 2440 spp.) no Município de Amaraji-PE.

ALTURA DE PLANTA	Múltiplas Comparações de z' valores; AP			
	Variável (grupo) independente: Fator 1 Kruskal-Wallis test: H (3, N= 64) =2,064374 p=0,5592			
	AR 50%	AR 75%	AR 100%	AB
	R: 28,438	R: 35,688	R: 29,969	R: 35,906
AR 50%		1,101354	0,232614	1,134585
AR 75%			0,868740	0,033231
AR 100%				0,901971
AB				

2441

2442 **Tabela 29.** Efeito das estirpes de Rhizobium BR 3267 e CRO e adubação nitrogenada  
 2443 sobre a altura de planta de *Crotalaria spectabilis* em solo proveniente da camada 0-  
 2444 20 cm de área cultivada com bananeira da terra (*Musa* spp.) no Município de Amaraji-  
 2445 PE.

ALTURA DE PLANTA	Múltiplas Comparações de z' valores; AP			
	Variável (grupo) independente: Fator 2 Kruskal-Wallis test: H (3, N= 64) =2,136035 p=0,5447			
	Sulfato de Amônio	Sem adubo e Sem inoculante	BR 3267	CRO
	R: 32,281	R: 31,531	R: 37,813	R: 28,375
Sulfato de Amônio		0,113933	0,840257	0,593402
Sem adubo e inoculante			0,954190	0,479469
BR 3267				1,433659
CRO				

2446

2447 **Tabela 30.** Efeito da aplicação de diferentes concentrações (0, 50, 75,100%) de esgoto doméstico tratado (AR) e das estirpes de  
 2448 Rhizobium BR 3267 e CRO e adubação nitrogenada sobre a altura de planta de *Crotalaria spectabilis* em solo proveniente da camada  
 2449 0-20 cm de área cultivada com bananeira da terra (*Musa spp.*) no Município de Amaraji-PE.

Multiple Comparisons z' values; AP																
Independent (grouping) variable: tratamentos																
Kruskal-Wallis test: H ( 15, N= 64) =15,00631 p =,4510																
ALTURA DA PLANTA	75-SUL R:21,750	100-SEM R:20,250	AB-BR R:44,375	50-BR R:27,375	AB-SUL R:45,875	50-CRO R:26,000	75-CRO R:35,000	100-SUL R:39,500	AB-CRO R:21,875	50-SUL R:22,000	75-SEM R:36,000	AB-SEM R:31,500	50-SEM R:38,375	75-BR R:50,000	100-BR R:29,500	100-CRO R:30,625
75-SUL		0,113933	1,718492	0,427249	1,832425	0,322811	1,006410	1,348209	0,009494	0,018989	1,082365	0,740566	1,262759	2,145742	0,588655	0,674105
100-SEM			1,832425	0,541183	1,946358	0,436744	1,120343	1,462142	0,123428	0,132922	1,196298	0,854499	1,376693	2,259675	0,702588	0,788038
AB-BR				1,291243	0,113933	1,395681	0,712082	0,370283	1,708998	1,699503	0,636127	0,977926	0,455733	0,427249	1,129837	1,044387
50-BR					1,405176	0,104439	0,579160	0,920960	0,417755	0,408261	0,655116	0,313316	0,835510	1,718492	0,161405	0,246855
AB-SUL						1,509615	0,826016	0,484216	1,822931	1,813436	0,750060	1,091860	0,569666	0,313316	1,243771	1,158321
50-CRO							0,683599	1,025399	0,313316	0,303822	0,759555	0,417755	0,939949	1,822931	0,265844	0,351294
75-CRO								0,341800	0,996915	0,987421	0,075955	0,265844	0,256350	1,139332	0,417755	0,332305
100-SUL									1,338715	1,329220	0,265844	0,607644	0,085450	0,797532	0,759555	0,674105
AB-CRO										0,009494	1,072871	0,731071	1,253265	2,136247	0,579160	0,664610
50-SUL											1,063376	0,721577	1,243771	2,126753	0,569666	0,655116
75-SEM												0,341800	0,180394	1,063376	0,493710	0,408261
AB-SEM													0,522194	1,405176	0,151911	0,066461
50-SEM														0,882982	0,674105	0,588655
75-BR															1,557087	1,471637
100-BR																0,085450
100-CRO																

2450

2451 **CONCLUSÃO**

2452

2453 1. De maneira geral, a aplicação de diferentes concentrações (0, 50, 75,100%)  
2454 de esgoto doméstico tratado e o uso das estirpes de *Rhizobium* BR 3267 e CRO  
2455 ou de adubação nitrogenada tem pouca influência nos vários parâmetros  
2456 associados ao crescimento da *C. spectabilis* e microbiota do solo avaliados no  
2457 presente estudo;

2458 2. A nodulação de *C. spectabilis* é eficiente mesmo na presença de alta  
2459 concentração de esgoto doméstico tratado, exceto 100%;

2460 3. A inoculação da estirpe BR 3267 não é tão eficiente na produção de biomassa  
2461 fresca da planta quanto a adubação com sulfato de amônio.

2462

2463 **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

2464

2465 ALBUQUERQUE, M. C. F.; RODRIGUES, T. J. D. E.; MENDONÇA, E. A.  
2466 F. Absorção de água por sementes de *Crotalaria spectabilis* Roth determinada  
2467 em diferentes temperaturas e disponibilidade hídrica. **Revista Brasileira de**  
2468 **Sementes**, v.22, p. 206-215, 2000.

2469 ALCANTARA, R.M.C.M. de; XAVIER, G.R.; RUMJANEK, N.G.; ROCHA,  
2470 M. de M.; CARVALHO, J. dos S. Eficiência simbiótica de progenitores de  
2471 cultivares brasileiras de feijão-caupi. **Revista Ciência Agronômica**, v.45,  
2472 p.1-9, 2014.

2473 ARAUJO, F.F.; MUNHOZ, R.E.V.; HUNGRIA, M. Início da nodulação em  
2474 cultivares de feijoeiro inoculadas com duas estirpes de *Rhizobium*. **Pesquisa**  
2475 **Agropecuária Brasileira**, v.31, p.435-443, 1996.

2476 AZEVEDO, L. P. **Avaliação da qualidade microbiológica e da**  
2477 **produção de alface americana sob diferentes sistemas de irrigação**  
2478 **utilizando águas residuárias**. 2004, 77p. Dissertação (Mestrado em  
2479 Agronomia) - Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho”,  
2480 Botucatu, 2004.

2481 CHAGAS JUNIOR, A.F.; OLIVEIRA, L.A. de; OLIVEIRA, A.N. de  
2482 Caracterização fenotípica de rizóbio nativos isolados de solos da Amazônia e  
2483 eficiência simbiótica em feijão caupi. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v.32,  
2484 p.161-169, 2010.

2485 DEEPHA, V.; PRAVEENA, R.; SIVAKUMAR, R.; SADASIVAM, K.  
2486 Experimental and theoretical investigations on the antioxidant activity of  
2487 isoorientin from *Crotalaria globosa*. ***Spectrochimica Acta Part A: Molecular***  
2488 ***and Biomolecular Spectroscopy***, v. 121, p. 737-745, 2014.

2489 FERREIRA, G.; MOURA, J.B. Fungos micorrízicos arbusculares em  
2490 rizosfera de *Crotalaria Spectabilis* e bactérias fixadoras de nitrogênio.  
2491 In: Congresso Interdisciplinar-ISSN: 2595-7732. 2017.

2492 FIGUEIREDO, A. M. F. de. MELO, A. A. de. AZEVEDO C. A. V. de. LIMA,  
2493 V. L. A. de. DANTAS NETO, J. PINHEIRO I. de F. S. Crescimento e produção  
2494 do algodão colorido com água residuária doméstica tratada e composto  
2495 orgânico. ***Revista Educação Agrícola Superior***, v.27, p 19-24, 2012.

2496 FONSECA, A. F. **Disponibilidade de nitrogênio, alterações nas**  
2497 **características químicas do solo e do milho pela aplicação de efluente de**  
2498 **esgoto tratado**. 2001. 126p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de  
2499 Plantas) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de  
2500 São Paulo, Piracicaba, 2001.

2501 FOWLER, D. et al. The global nitrogen cycle in the twenty-first century.  
2502 ***Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B,***  
2503 ***Biological Sciences***, v. 368 (1621), 2013.

2504 FREITAS, A. V. L.; MEDEIROS, M. A.; GUIMARÃES, I. P.; MADALENA,  
2505 J. A. S.; Maracajá, P. B. Produção de mudas de pimentão em função do tipo de  
2506 bandeja e da água de irrigação. ***Revista Verde***, v.3, p. 106-109, 2008.

2507 KESSLER, N.C.H. **Efeitos dos antibióticos de uso pecuário associados**  
2508 **à água residuário de suinocultura sobre a atividade microbiana do solo**.  
2509 2017. 65 f. Tese (Doutorado em Engenharia agrícola) - Universidade Estadual  
2510 do Oeste do Paraná, Cascavel, 2017.

2511 KIMENJU, J. W.; KARANJA, N. K.; MUTUA, G. K.; RIMBERIA, B. M.;  
2512 WACHIRA, P. M. Nematode community structure as influenced by land use and  
2513 intensity of cultivation. ***Tropical and Subtropical Agroecosystems***, v.11,  
2514 p.353-360, 2009.

2515 LEAL, M. A. A., GUERRA, J. G. M., PEIXOTO, R. T. G. E ALMEIDA, D. L.  
2516 Desempenho de crotalária cultivada em diferentes épocas de semeadura e de  
2517 corte. ***Revista Ceres***, v. 59, p. 386-391, 2012.

2518 LI, D., ZHANG, Q., XIAO, K., WANG, Z., & WANG, K. Divergent  
2519 responses of biological nitrogen fixation in soil, litter and moss to temperature

2520 and moisture in a karst forest, southwest China. **Soil Biology and**  
2521 **Biochemistry**, v. 118, p. 1-7, 2018.

2522 LINDSTRÖM, K., MURWIRA, M., WILLEMS, A., & ALTIER, N. The  
2523 biodiversity of beneficial microbe-host mutualism: the case of  
2524 rhizobia. **Research in microbiology**, v. 161, p. 453-463, 2010.

2525 LOPES, K.S. **Avaliação da eficiência agronômica de inoculante para**  
2526 **pré-inoculação de sementes de soja com tratamento químico até 20 dias**  
2527 **antes do plantio**. 2016. 38 f., il. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado  
2528 em Gestão do Agronegócio) -Universidade de Brasília, Planaltina-DF, 2016.

2529 MARINHO, R. D. C. N. et al. Field performance of new cowpea cultivars  
2530 inoculated with efficient nitrogen-fixing rhizobial strains in the Brazilian  
2531 Semiarid. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 49, p. 395-402, 2014.

2532 MORO, E.; CRUSCIOL, C.A.C.; Nascente, A.S.; Cantarella, H.; Lambais,  
2533 M.R. Bactérias amonificantes e nitrificantes e teores de amônio e nitrato  
2534 afetados por plantas de cobertura e fertilizantes nitrogenados. **Revista**  
2535 **Agrarian**, v.9, p. 210-207, 2016

2536 NASCIMENTO, C. S. D.; LIRA JUNIOR, M. A.; STAMFORD, N. P. ;  
2537 FREIRE, M. B. G. S.; SOUSA, C. A. Nodulação e produção do caupi (*Vigna*  
2538 *unguiculata* L. Walp) sob efeito de plantas de cobertura e inoculação. **Revista**  
2539 **Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, p. 579-587, 2008.

2540 NASCIMENTO, L. R.; SOUSA, C. A.; SANTOS, C. E.; FREITAS, A. D. ;  
2541 VIEIRA, I. M.; SAMPAIO, E. V. Eficiência de isolados de rizóbios nativos do  
2542 agreste paraibano em caupi. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 5, p.  
2543 36-42, 2010.

2544 OLIVEIRA, J.F.; FIA, R.; FIA, F.R.L.; RODRIGUES, F.N.; OLIVEIRA, L.F.C.;  
2545 LEMOS FILHO, L.C.A. Efeitos da água residual de laticínios na respiração basal  
2546 do solo, produtividade e remoção de nutrientes por Tifton 85 (*Cynodon*  
2547 sp.). **Revista de Ciências Agrárias**, v. 42, p. 151-160, 2019.

2548 OLIVEIRA, K.J.B.; LIMA, J.S.S.; AMBRÓSIO, M.M.Q.; BEZERRA NETO,  
2549 F.; CHAVES, A.P. Propriedades nutricionais e microbiológicas do solo  
2550 influenciadas pela adubação verde. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 40, p. 23-  
2551 33, 2017.

2552 ROSA, D.M.; NÓBREGA, L.H.P.; MAULI, M.M.; LIMA, G.P.; PACHECO,  
2553 F.P. Substâncias húmicas do solo cultivado com plantas de cobertura em



2554 rotação com milho e soja. **Revista Ciência Agronômica**, v. 48, p. 221-230,  
2555 2017.

2556 SANTOS, J.A.; NUNES, L.A.P.L.; MELO, W.J.; ARAÚJO, A.S.F. Tannery  
2557 sludge compost amendment rates on soil microbial biomass of two different  
2558 soils. **European Journal of Soil Biology**, v. 47, p. 146 -151, 2011.

2559 SANTOS, K.C.F.; SILVA, M.S.L.; SILVA, L.D.; MIRANDA, M.A.; FREIRE,  
2560 M.B.G.S. Atividade biológica em solo salino sódico saturado por água sob cultivo  
2561 de *Atriplex numulária*. **Revista Ciência Agronômica**, v. 42, p. 619-627, 2011.

2562 SILVA, M. de F. da; SANTOS, C.E. de R. e S.; SOUSA, de; ARAÚJO,  
2563 R.S.L.; STAMFORD, N.P.; FIGUEIREDO, M. do V.B. Nodulação e eficiência da  
2564 fixação do N<sub>2</sub> em feijão-caupi por efeito da taxa do inóculo. **Revista Brasileira**  
2565 **de Ciência do Solo**, v.36, p.1418-1425, 2012.

2566 SILVA, V. S. G.; SANTOS, C. E. R. S.; FREITAS, A. D. S.; STAMFORD,  
2567 N. P.; SILVA, A. F.; LYRA, M. C. C. P. Systems of land use affecting nodulation  
2568 and growth of tree legumes in different soils of the Brazilian semiarid  
2569 area. **African Journal of Agricultural Research**, v. 11, p. 3966-3974, 2016.

2570 SOUZA, P.S.A.; RIGO, M.M.; CERQUEIRA, A.A.; MARQUES, M.R.C.;  
2571 PEREZ, D.V.; COUTO, R.S.P. Efeito da Aplicação de Lixiviado de Resíduos  
2572 Sólidos Urbanos na Acumulação de Micronutrientes pelo Girassol e de Sódio no  
2573 Solo. **REVISTA CIENTÍFICA FUNDAÇÃO OSORIO**, v. 1, p. 85-95, 2016.

2574 SPARLING, G. P.; BARTON, L.; DUNCAN, L.; MCGILL, A.; SPEIR, T. W.;  
2575 SCHIPPER, L. A.; ARNOLD, G.; SCHAİK, A. Van. Nutrient leaching and  
2576 changes in soil characteristics of four contrasting soils irrigated with secondary-  
2577 treated municipal wastewater for four years. **Australian Journal of Soil**  
2578 **Research**, v.44, p.107-116, 2006.

2579 TEODORO, P. E.; SILVA JUNIOR, C. A.; RIBEIRO, L. P.; SILVA, F. A.;  
2580 CORRÊA, C. C. G.; ZANUNCIO, A. S. E.; TORRES, F. E. Sample dimension  
2581 for estimation of biomass and yield of sunn (*Crotalaria juncea* L.) and showy  
2582 rattlebox (*C. spectabilis* Roth.). **Journal of Agronomy**, v. 14, p. 98-101, 2015.

2583

2584

## **CAPÍTULO IV**

2585

---

### **CONCLUSÕES GERAIS**

2586

2587  
2588  
2589  
2590  
2591  
2592  
2593  
2594  
2595  
2596  
2597  
2598  
2599  
2600  
2601  
2602  
2603  
2604  
2605  
2606  
2607  
2608  
2609  
2610  
2611  
2612  
2613  
2614  
2615  
2616

## CONCLUSÕES GERAIS

Diante dos resultados obtidos as considerações finais podem ser resumidas como:

- A irrigação com esgoto tratado no reator UASB, efluente do decanto digestor + filtro anaeróbio e efluente do filtro anaeróbio favorecem o desenvolvimento do algodoeiro Rubi promovendo aumento no diâmetro do caule, área foliar e altura de plantas;
- A aplicação dos efluentes de esgoto tratados favorece a umidade podendo ser usada como ferramenta para reduzir ou substituir o uso de água de abastecimento;
- Os efluentes de esgoto tratados ajudam a aumentar a atividade microbiana, a qual constitui um indicativo de qualidade biológica do solo;
- Os nematoides bacteriófagos representam o grupo trófico mais abundante nas condições do semiáridas em que foi desenvolvido o estudo, enquanto os onívoros são os menos abundantes e mais sensíveis à perturbação do solo;
- Entre os índices analisados, o índice de parasito de planta foi o mais sensível ao distúrbio promovido pela aplicação dos efluentes;
- Os atributos biológicos são indicativos úteis para o monitoramento de solos que receberam efluentes de esgoto tratado.
- De maneira geral, a aplicação de diferentes concentrações (0, 50, 75,100%) de esgoto doméstico tratado e o uso das estirpes de Rhizobium BR 3267 e CRO ou de adubação nitrogenada tem pouca influência nos vários parâmetros associados ao crescimento da *C. spectabilis* e microbiota do solo avaliados no presente estudo;
- A nodulação de *C. spectabilis* é eficiente mesmo na presença de alta concentração de esgoto doméstico tratado, exceto 100%;
- A inoculação da estirpe BR 3267 não é tão eficiente na produção de biomassa fresca da planta quanto a adubação com sulfato de amônio.