



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMIÁRIDO  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM MANEJO DE SOLO E ÁGUA**

**CULTIVO DE ALGODOEIRO IRRIGADO COM EFLUENTE DOMÉSTICO E  
ADUBAÇÃO FOSFATADA**

**FRANCISCO GONÇALO FILHO**

**MOSSORÓ-RN**

**2019**

**FRANCISCO GONÇALO FILHO**

**CULTIVO DE ALGODOEIRO IRRIGADO COM EFLUENTE DOMÉSTICO E  
ADUBAÇÃO FOSFATADA**

Tese apresentada ao Doutorado em Manejo de Solo e Água do Programa de Pós-Graduação em Manejo de Solo e Água da Universidade Federal Rural do Semi-Árido – UFERSA, como parte dos requisitos para obtenção do título de “Doutor em Manejo de Solo e Água”.

Orientador: Prof. D. Sc. Miguel Ferreira Neto

**MOSSORÓ-RN**

**2019**

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tomar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

G478c    Gonçalo Filho, Francisco.  
          Cultivo de algodoeiro irrigado com efluente  
          doméstico e adubação fosfatada / Francisco Gonçalo  
          Filho. - 2019.  
          111 f. : il.

          Orientador: Miguel Ferreira Neto.  
          Coorientador: José Francismar de Medeiros.  
          Tese (Doutorado) - Universidade Federal Rural  
          do Semi-árido, Programa de Pós-graduação em  
          Manejo de Solo e Água, 2019.

          1. Gossypium hirsutum. 2. fertirrigação. 3.  
          nutrição de plantas. 4. trocas gasosas. 5. reuso  
          de água. I. Ferreira Neto, Miguel, orient. II.  
          Medeiros, José Francismar de, co-orient. III.  
          Titulo.

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

**FRANCISCO GONÇALO FILHO**

**CULTIVO DE ALGODOEIRO IRRIGADO COM EFLUENTE DOMÉSTICO E  
ADUBAÇÃO FOSFATADA**

Tese apresentada ao Doutorado em Manejo de Solo e Água do Programa de Pós-Graduação em Manejo de Solo e Água da Universidade Federal Rural do Semi-Árido – UFERSA, como parte dos requisitos para obtenção do título de “Doutor em Manejo de Solo e Água”.

APROVADA EM: 27/02/2019.



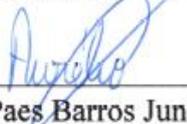
---

D. Sc. Miguel Ferreira Neto-UFERSA  
Presidente



---

D. Sc. José Francismar de Medeiros-UFERSA  
Coorientador



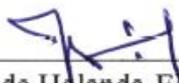
---

D. Sc. Aurélio Paes Barros Junior-UFERSA  
Examinador



---

D. Sc. Francisco Vanies da Silva Sá-UFERSA  
Examinador



---

D. Sc. José Simplício de Holanda-EMBRAPA/EMPARN  
Examinador Externo

MOSSORÓ/RN

2019

iii

Aos meus pais Francisco e Alaíde que com carinho e força de vontade me conduziram no caminho dessa conquista, o que me faz pensar grande e ser capaz de superar limites por eles não alcançados.

## **OFEREÇO**

A todos os agricultores e agricultoras que com muita dedicação se esforçam para manter vivo o conhecimento popular, tão importante na convivência no semiárido.

**DEDICO**

## AGRADECIMENTOS

A Deus pelas possibilidades abertas por essa conquista.

A Universidade Federal Rural do Semiárido – UFERSA, Departamento de Ciências Agronômicas e Florestais, Programa de Pós-graduação em Manejo de Solo e Água.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de estudos.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq pelo financiamento do Projeto de Pesquisa.

A Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA, pelo apoio do Centro Nacional de Pesquisa em Algodão - CNPA durante a realização da pesquisa e em especial ao Dr. Sc. João Henrique Zonta.

Ao Centro de Apoio ao Desenvolvimento da Agricultura Familiar – TERRA VIVA, pelo apoio durante a realização desse trabalho

Aos amigos, orientador Prof. Dr. Miguel Ferreira Neto e coorientador José Francismar de Medeiros pela orientação durante essa fase do nosso convívio

Aos professores Elton Camelo Marques e Francisco Vanies da Silva Sá pela colaboração durante a condução deste trabalho.

A todos os professores (as) que compõe o Programa de Pós-Graduação em Manejo de Solo e Água pela orientação e referencia acadêmica, que muito contribuiu para o meu crescimento acadêmico e profissional.

Aos cidadãos de Apodi/RN, pela acolhida durante esses anos e em especial aos Agricultores (as) do Projeto de Assentamento Milagres envolvidos (as) no projeto de reuso de água.

Agradeço ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte – IFRN/Campus Apodi, pela parceria durante a condução deste trabalho em especial aos alunos Curso Técnico de nível médio em agricultura na forma integrado, Emanuel Jackson de França Freire e Yvena Dayane de Souza Fernandes e ao Professor D. Sc. Renato Dantas Alencar.

A Maria Helena pela colaboração, companheirismo e amizade na reta final desta conquista.

As colegas Junior Simões e Saulo Samuel pelas parcerias e contribuições durante a condução desse trabalho.

Aos demais amigos e amigas dentro e fora do âmbito universitário por sempre acreditarem na minha capacidade.

## **Mensagem**

"Quando os problemas se tornam absurdos, os desafios se tornam apaixonantes."

Dom Helder Câmara

## RESUMO

FRANCISCO GONÇALO FILHO. **Cultivo de algodoeiro irrigado com efluente doméstico e adubação fosfatada.** Mossoró - RN, Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), Fevereiro de 2019. 111 p. Tese. Programa de Pós-Graduação em Manejo de Solo e Água. Orientador: Professor Dr. Miguel Ferreira Neto. Coorientador: Professor Dr. José Francismar de Medeiros.

Objetivou-se avaliar o cultivo de algodoeiro herbáceo fertirrigado com efluente de esgoto doméstico tratado em ambiente semiárido. A pesquisa foi desenvolvida na área experimental da estação de tratamento e reúso de águas residuais pertencente ao Assentamento Milagres, Apodi, RN. O experimento foi conduzido em delineamento em blocos casualizados em parcelas subdivididas, com 6 repetições. As plantas de algodão foram nutridas com três diferentes soluções contendo esgoto doméstico tratado (AR) + água de abastecimento (AA) (100% AA– testemunha, 50% AA + 50% AR e 100% AR) com e sem adubação fosfatada em pré-plantio. As variáveis analisadas foram a qualidade físico-química do efluente, o aporte de nutrientes pelo efluente, o crescimento das plantas, as trocas gasosas, a nutrição mineral, o acúmulo de fitomassa e de nutrientes, a produção, qualidade da fibra e, as alterações das propriedades físico-químicas do solo. As análises dos resultados indicaram que efluente de esgoto doméstico utilizado na pesquisa estão dentro dos padrões de qualidade exigidos para a irrigação de algodão e apresenta efeito fertilizante sobre a cultura, que apresenta altos teores foliares de N, K, Mg e Mn. As trocas gasosas ( $E$ ,  $g_s$ ,  $A$  e  $C_i$ ) decrescem por unidade de área foliar do algodão durante o ciclo e apresenta-se inferiores quando submetido a fertirrigação com água de esgoto doméstico tratado, no entanto apresenta-se superior quando se considera toda a planta, refletindo corretamente o acúmulo de assimilados. A porcentagem de fibra se reduz proporcionalmente ao incremento de efluente doméstico via fertirrigação, mas não compromete a produtividade e a qualidade da fibra do algodão produzida. A adubação com fósforo em pré-plantio não influenciou as variáveis na interação com a presença e/ou ausência de efluente na solução de fertirrigação durante o segundo ciclo cultural, devido ao efeito residual do efluente doméstico aplicado. O efluente doméstico pode ser utilizado como fonte de nutrientes para a cultura do algodão, desde que seja rigorosamente monitorado, especialmente quanto ao teor de sódio (Na) e a condutividade elétrica (CE) do solo, para evitar a degradação do solo.

Palavras-chave: *Gossypium hirsutum*, fertirrigação, nutrição de plantas, trocas gasosas, reúso de água.

## ABSTRACT

FRANCISCO GONÇALO FILHO. **Cultivation of irrigated cotton with domestic effluent and phosphate fertilizer.** Mossoró - RN, Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), February de 2019. 111 p. Thesis. Graduate Program in Soil and Water Management. Advisor: Dr. Miguel Ferreira Neto. Co-Advisor: Dr. José Francismar de Medeiros.

The objective of this study was to evaluate the cultivation of herbaceous cotton fertirrigated with treated sewage effluent in a semi-arid environment. The research was developed in the experimental area of the Station of Wastewater Treatment and Reuse belonging to the Settlement Milagres, Apodi, Brazil, RN. The experiment was conducted in a randomized complete block design in subdivided plots, with 6 replicates. The cotton plants were fed with three different solutions containing treated domestic sewage (AR) and supply water (AA) (100% AA- control, 50% AA + 50% AR and 100% AR) with and without phosphate fertilization in pre-planting. The variables analyzed were the physical-chemical quality of the effluent, the nutrient contribution by the effluent, plant growth, gas exchange, mineral nutrition, phytomass and nutrient accumulation, fiber production and quality, and changes in soil physical properties. The analysis of the results indicated that the domestic sewage effluent used in the research is within the quality standards required for cotton irrigation and has a fertilizing effect on the crop, which had high leaf contents of N, K, Mg and Mn. The gaseous exchange (E, gs, A and Ci) per unit area of cotton leaf area decreased during the cycle and was lower when fertirrigation with treated domestic sewage water, however, it was superior when considering the whole plant, correctly reflecting the accumulation of assimilates. The percentage of fiber reduces proportionally to the increase of domestic effluent via fertigation, but does not compromise the productivity and quality of the cotton fiber produced. Pre-planting phosphorus fertilization did not influence the variables in the interaction with the presence and, or absence of effluent in the fertigation solution during the second cultural cycle due to the residual effect of the applied domestic effluent. The domestic effluent can be used as a source of nutrients for the cotton crop, as long as it is strictly monitored, especially the sodium (Na) contents and soil electrical conductivity (EC), to avoid soil degradation.

Keywords: *Gossypium hirsutum*, fertigation, plant nutrition, gas exchange, water reuse

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Localização da área experimental.....	23
Figura 2. Detalhe do preparo da área: aração (A) e sulcamento (B).....	26
Figura 3. Detalhe da adubação no suco de plantio (A) e posterior fechamento (B).....	26
Figura 4. Detalhe da irrigação pré-plantio (A), plantio (B) e desenvolvimento da cultura em fileiras duplas (C).....	28
Figura 5. Detalhe da metodologia de obtenção dos discos foliares (A, B e C) .....	31
Figura 6. Detalhe da separação das diferentes partes da planta, folhas (A), talos (B) e estruturas reprodutivas (C).....	32
Figura 7. Detalhe do analisador de gás no infravermelho (IRGA) (A) e da leitura das trocas gasosas (B e C) .....	34
Figura 8. Variação das temperaturas média, máxima e mínima e umidade relativa média do ar durante o período de 07 de outubro de 2016 a 11 de janeiro de 2017 (A) e de 11 de agosto de 2017 a 21 de novembro de 2017 (B).....	43
Figura 9. Variação da evapotranspiração (ET <sub>o</sub> ) (A) e coeficiente de cultivo do algodoeiro herbáceo (cultivar BRS 335) (B), durante o período de 07 de outubro de 2016 a 11 de janeiro de 2017 (ciclo 2016) e de 11 de agosto de 2017 a 21 de novembro de 2017 (ciclo 2017).....	44
Figura 10. Evapotranspiração da cultura durante os ciclos de cultivo (A) e Lâmina de água acumulada ao longo dos dois ciclos de cultivo (B).....	45
Figura 11. Quantidade de nutrientes adicionados ao solo via lâmina de irrigação no primeiro ciclo de cultivo (2016) .....	47
Figura 12. Quantidade de nutrientes adicionados ao solo via lâmina de irrigação no segundo ciclo de cultivo (2017) .....	48
Figura 13. Taxa de crescimento absoluto do caule (TCA <sub>c</sub> ) do algodoeiro herbáceo (cultivar BRS 335) submetido a porcentagens de água residuária na fertirrigação em dois ciclos de cultivo 2016 (A) e 2017 (B).....	56
Figura 14. Taxa de crescimento relativo do caule (TCR <sub>c</sub> ) do algodoeiro herbáceo (cultivar BRS 335) submetido a porcentagens de água residuária na fertirrigação em dois ciclos de cultivo 2016 (A) e 2017 (B).....	58
Figura 15. Variação média da área foliar (A) e do índice de área foliar (B), nos diferentes manejos (com e sem adubação fosfatada no pré-plantio) no ciclo de cultivo (2016), do algodoeiro herbáceo (cultivar BRS 335).....	62

Figura 16. Temperatura máxima (T Máx), temperatura mínima (T Mín), umidade Máxima (U Máx) e umidade mínimo (U Mín) nos dias e horários de coleta de dados com IRGA.....	62
Figura 17. Variação da transpiração (E) nos diferentes tratamentos (A) e ao longo do ciclo (B), primeiro ciclo de cultivo (2016) do algodoeiro herbáceo (cultivar BRS 335).....	65
Figura 18. Variação da eficiência de uso da água (EiUA) nos diferentes tratamentos e manejos (A) e ao longo do ciclo (B), no primeiro ciclo de cultivo (2016) do algodoeiro herbáceo (cultivar BRS 335) .....	69
Figura 19. Variação da transpiração foliar (E) (A e B) condutância estomática (gs) (C e D), taxa de assimilação líquida de CO <sub>2</sub> (A) (E e F) e concentração interna de CO <sub>2</sub> (Ci) (G e H), respectivamente em dois ciclos de cultivo do algodoeiro herbáceo (cultivar BRS 335).....	71
Figura 20. Acúmulo de massa seca nas diferentes partes da planta: Talos (T), folhas (F), talos + folhas (T+F) e nas estruturas reprodutivas (E), nos tratamentos irrigados com 100% de água de poço (T1) (A) e (B); fertirrigados com 50% de água de poço + 50% de água residuária (T2) (C) e (D) e nos fertirrigados com 100% de água residuária (T3) (E) e (F), respectivamente no primeiro (2016) e segundo (2017) ciclo de cultivo do algodoeiro herbáceo (cultivar BRS 335).....	77
Figura 21. Variáveis massa seca dos talos (MST), massa seca das folhas (MSF), massa seca das estruturas reprodutivas (MSE) e massa seca total (MSTT) do algodoeiro herbáceo (cultivar BRS 335), fertirrigado com diferentes porcentagens de esgoto doméstico tratado e submetido a duas condições de manejo (com e sem fósforo (P) em pré-plantio), em dois ciclos de cultivo 2016 (A) e 2017 (B).....	79

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Características físicas do solo da área experimental.....	25
Tabela 2. Características químicas do solo da área experimental.....	26
Tabela 3. Dados agronômicos e parâmetros de irrigação durante o ciclo de cultivo do algodoeiro (cultivar BRS 335), Apodi (RN), 2016 e 2017.....	29
Tabela 4. Características físico-químicas e biológicas da água residuária domestica (ARD) e da água de poço (AP), utilizadas no experimento.....	39
Tabela 5. Lâminas aplicadas para o suprimento da evapotranspiração da cultura nos dois ciclos de cultivo, com estratificação da parte da lâmina suprida com água de abastecimento e esgoto doméstico tratado, nos tratamentos com essa condição.....	46
Tabela 6. Aporte de nutrientes via fertirrigação, nos dois ciclos de cultivo.....	47
Tabela 7. Porcentagens do suprimento de nutrientes via fertirrigação, em relação as quantidades exigidas, nos dois ciclos de cultivo.....	48
Tabela 8. Resumo da análise de variância para $K^+$ , $Na^+$ , $Ca^{2+}$ , $Mg^{2+}$ , soma de bases (SB), CTC efetiva (t), CTC Total, saturação por bases (V), porcentagem de saturação por sódio (PST), pH, condutividade elétrica (CE), fósforo disponível (P), matéria orgânica (MO), nitrogênio (N), cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn) e zinco (Zn) no solo no final nos dois ciclos de cultivo.....	49
Tabela 9. Teste de médias para as variáveis $K^+$ , $Na^+$ , $Ca^{2+}$ , $Mg^{2+}$ , soma de bases (SB), CTC efetiva (t), CTC Total, saturação por bases (V), porcentagem de saturação por sódio (PST), pH, condutividade elétrica (CE), fósforo disponível (P), matéria orgânica (MOS), nitrogênio (N), cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn) e zinco (Zn) no solo, no final no primeiro ciclo (2016)...	50
Tabela 10. Teste de médias para as $K^+$ , $Na^+$ , $Ca^{2+}$ , $Mg^{2+}$ , soma de bases (SB), CTC efetiva (t), CTC Total, saturação por bases (V), porcentagem de saturação por sódio (PST), pH, condutividade elétrica (CE), fósforo disponível (P), matéria orgânica (MO), nitrogênio (N), cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn) e zinco (Zn) no solo, no final no segundo ciclo (2017) .....	51

Tabela 11. Resumo da análise de variância para as variáveis altura de plantas, diâmetro de plantas, taxa de crescimento absoluto do caule (TCAc) e taxa de crescimento relativo do caule (TCRc) do algodoeiro herbáceo (cultivar BRS 335), em dois ciclos de cultivo.....	53
Tabela 12. Teste de médias para a variável altura de plantas do algodoeiro herbáceo (cultivar BRS 335) em dois ciclos de cultivo.....	54
Tabela 13. Teste de médias para a variável diâmetro de plantas do algodoeiro herbáceo (cultivar BRS 335) em dois ciclos de cultivo.....	54
Tabela 14. Teste de médias para a variável taxa de crescimento absoluto do caule (TCA_caule) do algodoeiro herbáceo (cultivar BRS 335), em dois ciclos de cultivo.....	55
Tabela 15. Teste de médias para a variável taxa de crescimento relativo do caule (TCR_c) do algodoeiro herbáceo (cultivar BRS 335), em dois ciclos de cultivo.....	57
Tabela 16. Resumo da análise de variância para as variáveis taxa área foliar (AF) e índice de área foliar (IAF) do algodoeiro herbáceo (cultivar BRS 335), em dois ciclos de cultivo.....	59
Tabela 17. Teste de médias para a variável área foliar (AF) do algodoeiro herbáceo (cultivar BRS 335) em dois ciclos de cultivo.....	60
Tabela 18. Teste de médias para a variável índice de área foliar (IAF) do algodoeiro herbáceo (cultivar BRS 335), em dois ciclos de cultivo.....	61
Tabela 19. Resumo da análise de variância para as variáveis fisiológicas do algodoeiro herbáceo (cultivar BRS 335), submetido a fertirrigação com esgoto doméstico tratado e adubação fosfatada, em várias épocas de avaliação, durante dois ciclos de cultivo.....	63
Tabela 20. Teste de médias para as variáveis transpiração foliar ( $E$ ), condutância estomática ( $g_s$ ), assimilação líquida de $CO_2$ ( $A$ ), concentração interna de $CO_2$ ( $C_i$ ), concentração interna de $CO_2$ ( $C_i$ ), eficiência instantânea da carboxilação ( $E_iC$ ) e a eficiência no uso da água ( $E_iUA$ ) dos tratamentos, nas diversas épocas de avaliação, durante o primeiro ciclo de cultivo (2016) do algodoeiro herbáceo (cultivar BRS 335).....	64

Tabela 21. Teste de médias para as variáveis transpiração foliar ( <i>E</i> ), condutância estomática ( <i>g<sub>s</sub></i> ), assimilação líquida de CO <sub>2</sub> ( <i>A</i> ), concentração interna de CO <sub>2</sub> ( <i>C<sub>i</sub></i> ), eficiência instantânea da carboxilação ( <i>E<sub>i</sub>C</i> ) e a eficiência no uso da água ( <i>E<sub>i</sub>UA</i> ) dos tratamentos, nas diversas épocas de avaliação, durante o segundo ciclo de cultivo (2017) do algodoeiro herbáceo (cultivar BRS 335)..	66
Tabela 22. Comportamento das variáveis transpiração foliar ( <i>E</i> ), condutância estomática ( <i>g<sub>s</sub></i> ), assimilação líquida de CO <sub>2</sub> ( <i>A</i> ), concentração interna de CO <sub>2</sub> ( <i>C<sub>i</sub></i> ), nos diferentes tratamentos, em dois ciclos de cultivo do algodoeiro herbáceo (cultivar BRS 335).....	72
Tabela 23. Resumo da análise de variância para as variáveis massa seca o talo (TST), massa seca das folhas (TSF), massa seca das estruturas reprodutivas (TSE), massa seca o total (TSTT) do algodoeiro herbáceo (cultivar BRS 335), em dois ciclos de cultivo.....	74
Tabela 24. Teste de médias para a variável massa seca do talo (MST) do algodoeiro herbáceo (cultivar BRS 335), em dois ciclos de cultivo.....	75
Tabela 25. Teste de médias para a variável massa seca da folha (MSF) do algodoeiro herbáceo (cultivar BRS 335), em dois ciclos de cultivo.....	75
Tabela 26. Teste de médias para a variável massa seca das estruturas reprodutivas (MSE) do algodoeiro herbáceo (cultivar BRS 335), em dois ciclos de cultivo	76
Tabela 27. Teste de médias para a variável massa seca total (MSTT), do algodoeiro herbáceo (cultivar BRS 335), em dois ciclos de cultivo.....	76
Tabela 28. Resumo da análise de variância para os teores de macronutrientes e micronutrientes, na folha diagnóstico do algodoeiro herbáceo (cultivar BRS 335), em dois ciclos de cultivo.....	80
Tabela 29. Teste de médias para os teores de macronutrientes e micronutrientes, na folha diagnóstico do algodoeiro herbáceo (cultivar BRS 335), no primeiro ciclo de cultivo (2016) .....	80
Tabela 30. Teste de médias para os teores de macronutrientes e micronutrientes, na folha diagnóstico do algodoeiro herbáceo (cultivar BRS 335), no segundo ciclo de cultivo (2017) .....	81
Tabela 31. Resumo da análise de variância para acúmulo de nutrientes nas estruturas reprodutivas (botões florais, flores e maçãs) do algodoeiro herbáceo (cultivar BRS 335), em dois ciclos de cultivo.....	83

Tabela 32. Resumo da análise de variância para acúmulo de nutrientes em toda a parte aérea do algodoeiro herbáceo (cultivar BRS 335), em dois ciclos de cultivo..	83
Tabela 33. Teste de médias para acúmulo de nutrientes nas estruturas reprodutivas (botões florais, flores e maçãs) do algodoeiro herbáceo (cultivar BRS 335), em dois ciclos de cultivo.....	84
Tabela 34. Teste de médias para acúmulo de nutrientes para acúmulo de nutrientes em toda a parte aérea do algodoeiro herbáceo (cultivar BRS 335), em dois ciclos de cultivo.....	85
Tabela 35. Coeficientes de acúmulo de nutrientes nas estruturas reprodutivas do algodoeiro herbáceo (cultivar BRS 335), submetido a diferentes porcentagens de água residuária na fertirrigação, na presença e ausência de fósforo em pré-plantio.....	86
Tabela 36. Resumo da análise de variância para acúmulo de nutrientes em toda a parte aérea por hectare, pelo algodoeiro herbáceo (cultivar BRS 335), em dois ciclos de cultivo.....	87
Tabela 37. Teste de médias para acúmulo de nutrientes para acúmulo de nutrientes em toda a parte aérea por hectare, pelo algodoeiro herbáceo (cultivar BRS 335), em dois ciclos de cultivo.....	88
Tabela 38. Resumo da análise de variância para a variável massa do capulho do algodoeiro herbáceo (cultivar BRS 335), fertirrigado com diferentes doses de esgoto doméstico tratado, em dois ciclos de cultivo.....	89
Tabela 39. Teste de média para peso do capulho do algodoeiro herbáceo (cultivar BRS 335), fertirrigado com diferentes doses de esgoto doméstico tratado, em dois ciclos de cultivo.....	89
Tabela 40. Resumo da análise de variância para a produtividade e porcentagem de fibra do algodoeiro herbáceo (cultivar BRS 335), fertirrigado com diferentes doses de esgoto doméstico tratado, em dois ciclos de cultivo.....	90
Tabela 41. Teste de média para produtividade e porcentagem de fibra do algodoeiro herbáceo (cultivar BRS 335), fertirrigado com diferentes doses de esgoto doméstico tratado, em dois ciclos de cultivo.....	91
Tabela 42. Resumo da análise de variância para a produtividade em caroço do algodoeiro herbáceo (cultivar BRS 335), fertirrigado com diferentes doses de esgoto doméstico tratado, em dois ciclos de cultivo.....	92

Tabela 43. Teste de média para produtividade em caroço do algodoeiro herbáceo (cultivar BRS 335), fertirrigado com diferentes doses de esgoto doméstico tratado, em dois ciclos de cultivo.....	93
Tabela 44. Resumo da análise da análise de variância para as variáveis comprimento (UHM), uniformidade (UNF), índice de fibras curtas (SFI), resistência (STR), alongamento (ELG), índice micronaire (MIC), reflectância (Rd), grau de amarelo (+b) e índice de fiabilidade (CSP) do algodoeiro herbáceo (cultivar BRS 335), em função das lâminas de fertirrigação com água residuária e do manejo, em dois ciclo de cultivo.....	94
Tabela 45. Teste de médias para as variáveis comprimento (UHM), uniformidade (UNF), índice de fibras curtas (SFI), resistência (STR), alongamento (ELG), índice micronaire (MIC), reflectância (Rd), grau de amarelo (+b) e índice de fiabilidade (CSP) do algodoeiro herbáceo (cultivar BRS 335, irrigado com diferentes doses de esgoto doméstico tratado, com e sem fósforo (P) em pré-plantio, no ciclo 2016.....	95
Tabela 46. Teste de médias para as variáveis comprimento (UHM), uniformidade (UNF), índice de fibras curtas (SFI), resistência (STR), alongamento (ELG), índice micronaire (MIC), reflectância (Rd), grau de amarelo (+b) e índice de fiabilidade (CSP) do algodoeiro herbáceo (cultivar BRS 335), irrigado com diferentes doses de esgoto doméstico tratado, com e sem fósforo (P) em pré-plantio, no ciclo de 2017.....	96

## SUMÁRIO

<b>RESUMO.....</b>	vii
<b>ABSTRACT.....</b>	viii
<b>LISTA DE FIGURAS.....</b>	ix
<b>LISTA DE TABELAS.....</b>	xi
<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	1
<b>2. REVISÃO DE LITERTURA.....</b>	3
2.1 A água na agricultura.....	3
2.2 A água no semiárido.....	4
2.3 Reuso de água na agricultura.....	5
2.4 Critérios para o reuso de água.....	6
2.5 A cultura do algodoeiro.....	9
2.6 Trocas gasosas como parâmetro de avaliação.....	13
2.7 Importância econômica e social do algodão.....	14
2.8 Efeito da aplicação do uso da água residuária sobre o algodoeiro.....	17
2.9 Efeito da adubação fosfatada sobre as plantas.....	19
2.10 Efeito do uso da água residuária sobre o solo.....	20
<b>3. MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	23
3.1 Caracterização do Local.....	23
3.2 Caracterização das águas utilizadas.....	24
3.3 Caracterização do solo e preparo da área.....	25
3.4 Delineamento experimental.....	27
3.5 Irrigação e plantio da cultura.....	27
3.6 Tratos culturais.....	29
3.7 Características avaliados.....	30
3.7.1 Altura das plantas.....	30
3.7.2 Diâmetro do caule.....	30
3.7.3 Área foliar (AF).....	30
3.7.4 Índice de área foliar (IAF).....	31
3.7.5 Biomassa seca da parte aérea.....	32
3.7.6 Taxas de crescimento absoluto (TCA).....	32

3.7.6.1	Taxa de crescimento absoluto do caule.....	32
3.7.6.2	Taxa de crescimento absoluto da biomassa total.....	33
3.7.7	Trocas gasosas.....	33
3.7.8	Estado nutricional das plantas.....	34
3.7.9	Acúmulo de nutrientes na planta.....	35
3.7.10	Extração de nutrientes por hectare.....	36
3.7.11	Peso do capulho e porcentagem de fibras.....	36
3.7.12	Produtividade em caroço e fibras.....	36
3.7.13	Características tecnológicas da fibra.....	36
3.7.14	Fertilidade do solo.....	37
3.8	Análise dos dados.....	38
<b>4.</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>39</b>
4.1	Qualidade do efluente utilizado.....	39
4.2	Varáveis meteorológicas e lâmina aplicada.....	43
4.3	Aporte de nutrientes via água residuária.....	46
4.4	Alterações químicas no solo.....	48
4.5	Crescimento de plantas.....	52
4.5.1	Crescimento em altura e diâmetro.....	52
4.5.2	Área Foliar e índice de área foliar.....	58
4.6	Trocas gasosas.....	62
4.7	Acúmulo de fitomassa.....	73
4.8	Relação da biomassa das folhas, caule e estruturas reprodutivas.....	77
4.9	Avaliação do estado nutricional das plantas.....	79
4.10	Acúmulo de nutrientes no final do ciclo.....	83
4.11	Extração de nutrientes por hectare.....	86
4.12	Componentes da produção.....	88
4.12.1	Peso do capulho.....	88
4.12.2	Produção e porcentagem de fibra.....	90
4.12.3	Produtividade em caroço.....	91
4.13	Qualidade tecnológica da fibra.....	94
<b>5.</b>	<b>CONCLUSÕES.....</b>	<b>98</b>
<b>6.</b>	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>99</b>

## 1. INTRODUÇÃO

Diante dos problemas sociais e a diversidade climática, o semiárido brasileiro necessita de uma cultura de convivência que considere a escassez hídrica e seus recursos naturais disponíveis. Deste modo, torna-se essencial o desenvolvimento de tecnologias sociais que permitam o uso eficiente e a potencialização dos recursos solo e água no semiárido, especialmente nas áreas de produção familiar, como garantia da soberania alimentar e proteção ambiental no meio rural.

Estudos da FAO têm mostrado a importância do aumento da produtividade agrícola para suprir a demanda por alimento, que tem aumentado com o crescimento demográfico e o deslocamento da população para grandes centros urbanos; tais fatos justificam o uso da água residuária na irrigação, como alternativa à melhoria na produtividade e aumento de áreas de cultivo.

Devido ao elevado consumo da água pelas atividades agrícolas, que atualmente é responsável pela maior parte do consumo, tem se cobrado ainda mais tecnologias que visem e/ou otimize esse consumo, tal fato ganha ainda mais importância sobretudo nas regiões áridas e semiáridas.

O tratamento e a utilização de efluentes esgotos domésticos são apontados como fonte alternativa de água e fertilizante para a agricultura. Porém, devido as suas limitações físico-químicas e biológicas, devem ser avaliadas e manejadas adequadamente com o desenvolvimento de técnicas que viabilizem seu uso sustentável. Deste modo, utilização de efluentes de esgotos, atende aos princípios conservacionistas, por ser uma prática que permite vários benefícios como a redução no uso de insumos externos, além da melhoria no estado nutricional de plantas.

Uma das alternativas para uso sustentável de águas residuárias para a redução de problemas no ambiente é usá-la de forma planejada, utilizando na fertirrigação de culturas agrícolas possibilitando o aumento da produtividade e qualidade dos produtos colhidos, redução da poluição ambiental e dos custos de produção (CHEVREMONT et al., 2013).

A prática de reuso assume papel fundamental no planejamento e na gestão sustentável dos recursos hídricos, por liberar as fontes de água de boa qualidade para abastecimento público e outros usos prioritários (Gonçalves et al., 2011), além de inativar os elementos químicos que possuem elevado potencial poluidor dos corpos hídricos.

A disposição final de resíduos orgânicos e águas residuárias no solo vem sendo considerada prática de manejo com vistas à proteção ambiental; uma vez que no solo

apresenta grande capacidade de decompor ou inativar materiais potencialmente prejudiciais ao ambiente, por meio de reações químicas e da multiplicidade de processos microbiológicos (NOVAIS et al., 2007; DUARTE et al., 2008).

Os íons e compostos podem ser inativados por reações de adsorção, complexação e precipitação; já os microrganismos presentes no solo podem decompor os mais diversos materiais orgânicos, desdobrando-os em compostos menos tóxicos ou atóxicos às plantas (NOVAIS et al., 2007; DUARTE et al., 2008).

As águas residuárias provenientes de esgotos urbanos pré-tratados têm efeito fertilizante para as plantas, na cultura do algodão Bezerra & Fideles Filho, (2009) evidenciaram a evolução temporal da fitomassa e da área foliar, tornando-se dessa forma uma alternativa relevante na adoção de prática de fertirrigação, principalmente de culturas cujos produtos não se destinam ao consumo humano.

Dentre as fibras têxteis, naturais ou químicas, o algodão é a mais importante, não apenas pelo volume consumido e montante de recursos gerados, mas pela multiplicidade dos produtos que dele se originam e da popularidade que gozam seus derivados.

Além disso, no semiárido do Brasil o acesso a água para a irrigação é limitado não apenas pela quantidade, mas pela qualidade, há também de se considerar que em algumas áreas a água está confinada em aquíferos subterrâneos, tendo um custo alto para a sua captação e elevação até a superfície, assim são muitos os pressupostos que sinaliza para se realizar o reuso de água nessa região.

O fósforo é um macronutriente essencial para as plantas, mesmo não sendo requerido em grandes quantidades quando comparado ao nitrogênio e o potássio. É um dos nutrientes mais estudados pelos pesquisadores, devido sua baixa disponibilidade nos solos (Novais & Smith, 1999). Em quantidades adequadas, ele estimula o desenvolvimento radicular, é essencial para a boa formação da planta e incrementa a produção (RAIJ, 1991).

Os solos da chapada do Apodi de formação calcária são alcalinos, pobres em fósforo e geralmente de relações catiônicas desbalanceadas; a composição catiônica dos macronutrientes é desfavorável ao magnésio e/ou potássio; as quantidades de micronutrientes como zinco, manganês, ferro e cobre, são baixos devido a dependência de pH (HOLANDA et al., 2017).

Levando-se em consideração estes aspectos, objetivou-se avaliar o cultivo de algodoeiro herbáceo (*Gossipyum hirsutum*, cultivar BRS 335) fertirrigado com efluente de esgoto doméstico tratado com e sem adubação fosfatada em pré-plantio, em ambiente semiárido.

## **2. REVISÃO DE LITERATURA**

### **2.1 A água na agricultura**

A revolução industrial, o aumento da complexidade das sociedades, o crescimento econômico e o desenvolvimento tecnológico, sem dúvida, acrescentaram vários benefícios ao homem e aos grupos sociais. Entretanto, aliado a essas mudanças, ao crescimento populacional e aos novos comportamentos de consumo, têm-se verificado vários efeitos colaterais que desencadeiam problemas de ordem econômica, social e ambiental (GUERRA, 2012).

Entre esses problemas, estão os gerados em virtude dos conflitos por água, que, apesar de ser o recurso natural mais abundante da terra, cobrindo aproximadamente 75% do planeta, está presente majoritariamente como água salgada, contida, principalmente, nos oceanos, sendo a responsável, através da intervenção nos ciclos energéticos físicos, químicos e biológicos, pela manutenção da vida.

Dentre as atividades econômicas, a agricultura é responsável por cerca de 70% do uso consultivo dos recursos hídricos; sendo destaque como alternativa ao aumento das áreas produtivas e aumento da produtividade como um todo nas áreas agrícolas (PAZ et al., 2000).

Estudos preliminares da FAO têm mostrado a importância do aumento da produtividade agrícola para suprir o aumento demográfico e do deslocamento da população para grandes centros urbanos. Tais fatos justificam o uso da água na irrigação de cultivos, como alternativa à melhoria na produtividade e aumento de áreas de cultivo, já que tal tecnologia pode, em média, dobrar a produtividade, possibilitando o cultivo de plantas em épocas e locais com baixa precipitação pluviométrica (PAZ, et. al., 2000).

Nota-se, ainda, que o uso de água nos sistemas produtivos, especificamente na irrigação, deve atender a critérios relacionados à quantidade e à qualidade dos recursos hídricos, como mencionado por Ayers & Westcot (1999). No entanto, o aspecto qualidade tem sido pouco considerado, em função da disponibilidade com qualidade em função da poluição dos corpos hídricos ou da variabilidade climática, principalmente nas regiões semiáridas.

Desta forma, a gestão dos recursos hídricos, deve-se considerar o uso cada vez mais eficiente da água disponível, ou seja, a obtenção de cada vez mais benefícios com o uso de cada vez menos água e proteção da sua qualidade, tendo em vista ser um recurso que quando utilizado pode ter um retorno para o corpo hídrico utilizado.

## 2. 2 A água no semiárido

A revogabilidade das águas da Terra está ao seu permanente mecanismo de circulação, denominado ciclo hidrológico. Ao contrário da maior parte do território brasileiro que apresenta pluviometria entre 1000 e 3000 mm, a região semiárida do país não se enquadra nesse contexto, pois apresenta baixos índices pluviométricos, sendo estes mal distribuídos e com média que varia de 300 a 800 mm com elevadas taxas de evapotranspiração, proporcionando um déficit de umidade no solo (MONTENEGRO & MONTENEGRO, 2012).

O Nordeste semiárido é uma região pobre em volume de escoamento de água dos rios, devido à variabilidade temporal das precipitações e das características geológicas dominantes, onde há predominância de solos rasos baseados sobre rochas cristalinas e, conseqüentemente, baixas trocas de água entre o rio e o solo adjacente, o que resulta em uma densa rede de rios intermitentes, com poucos rios perenes (CIRILO et al., 2010).

Quanto às águas subterrâneas, há predominância de águas com elevados teores de sais devido ao território nordestino ser constituído por mais de 80% de rochas cristalinas, distribuídas principalmente em poços de baixa vazão: da ordem de  $1 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$  (Cirilo et al., 2010). Com exceção das áreas com formações sedimentares, onde as águas normalmente apresentam menores concentrações de sais e maiores vazões, que podem chegar a centenas de  $\text{m}^3 \text{ h}^{-1}$ , de forma contínua (CIRILO, 2008).

Nessa região a demanda por águas de boa qualidade vem forçando a utilização de reservas hídricas com diferentes níveis de salinidade, preservando-se o uso prioritário da “água doce” para consumo humano. Já que as águas de mananciais existentes, em pequenas propriedades e na maioria dos poços no interior são de qualidade inferior, assim a utilização dessas águas fica condicionada à tolerância das culturas à salinidade e ao manejo adequado de irrigação e demais práticas culturais, reduzindo-se os efeitos da salinidade sobre o ambiente (MEDEIROS, 1992; OLIVEIRA & MAIA, 1998; CAVALCANTE et al., 2005).

Fazem-se necessários estudos de vulnerabilidade do semiárido a mudanças dos usos da terra, clima, aumento populacional e conflito de uso de recursos naturais, e integrando estas com as demais causas de vulnerabilidade, sejam ambientais ou sociais (MARENGO, 2008).

A expansão das áreas irrigadas no Nordeste do Brasil para atender à crescente demanda por alimentos, tem sido seguidas pelo aumento das áreas comprometidas por sais, principalmente nos perímetros irrigados constituindo-se em transtornos econômicos e sociais, sendo um problema atual (Medeiros et al., 2010), assim a utilização de água na agricultura carece de cuidados detalhados, já que o seu uso contribui para deposição no solo, de elementos químicos indesejáveis, assim como o seu transporte para as fontes de água.

## 2.3 Reuso de água na agricultura

O uso de águas residuárias em sistemas de irrigação, tratados ou não, é uma prática antiga em países como Austrália, Israel, Irã, Estados Unidos, México e Peru. No Brasil o reuso de águas servidas é pequeno, mas são registrados vários exemplos de utilização de esgotos sanitários em irrigação, em geral, de forma espontânea e não controlada (MOLLAHOSEINI, 2013).

Países localizados em regiões áridas e semiáridas têm incluído a reutilização da água no planejamento de suas fontes hídricas, haja vista que a escassez de água de boa qualidade tem limitado o desenvolvimento urbano, industrial e agrícola. Nesse sentido, os efluentes estão constituindo parte integrante do plano nacional dos recursos hídricos de vários países (BIXIO et al., 2006).

Assim a prática do reuso de águas domésticas tratadas tem papel fundamental no planejamento e na gestão sustentável dos recursos hídricos, podendo ser potencialmente utilizada em regiões áridas e semiáridas, como no Nordeste brasileiro (RIBEIRO et al.; 2012).

A utilização de águas residuárias na agricultura é uma alternativa para o controle da poluição do sistema água-solo-atmosfera, disponibilização de água, fontes de nutrientes essenciais para diversas culturas e consequente aumento de produção agrícola. Entretanto, para que isso possa se tornar uma prática viável, é preciso aperfeiçoar as técnicas de tratamento, aplicação e manejo de efluentes (CONDÉ et al., 2012).

O reuso de água na agricultura, se bem manejado, traz um aumento na produção e evita grande utilização de compostos químicos sintéticos, evitando a poluição do ambiente, trazendo economias nos custos e contribuindo também para o abastecimento do lençol freático; mas se mal manejadas podem contaminar o solo com metais pesados, salinidade e microrganismos patógenos à saúde humana e animal, trazendo danos à saúde pública (VARALLO et al., 2012).

Diversos são os benefícios da aplicação de águas residuárias no solo, tais como: melhorias nas condições físicas e na fertilidade do solo, diminuição nos teores de Al trocável e, por consequência, da saturação por alumínio, elevação dos teores de N, P, K, S, Ca, Mg, da saturação por bases, da matéria orgânica (MO), da capacidade de troca catiônica (CTC), da saturação por bases (V) e dos teores de micronutrientes (VON SPERLING, 2011).

Apenas cerca de 0,1% da composição dos esgotos domésticos é material sólido, grande responsável pelos problemas de contaminação e poluição; a fração sólida nos esgotos ainda pode ser dividida em sólidos orgânicos, que é a maior parte (proteínas, carboidratos e

lipídeos), e sólidos inorgânicos (areia, sais e metais); o restante (99,9%) é água suja e contaminada (SOUZA & LEITE, 2008).

A utilização de métodos alternativos, como o reúso de água proveniente de estações de tratamento de esgoto no fornecimento de água para irrigação se torna opção economicamente viável e ambientalmente sustentável, já que é grande a utilização de água pelo setor agrícola (ANA, 2011).

No caso particular da agricultura, o reúso de águas residuárias, principalmente no semiárido nordestino, além de promover a preservação dos recursos hídricos, dá condições de sobrevivência à população dessa região, gerando emprego e renda, e ainda, controla a poluição ambiental (MEDEIROS, 2007).

Quando se utilizam águas residuárias provenientes de esgotos para irrigação, o sistema solo-microrganismos-plantas pode estabilizar o esgoto, complementando a depuração e, além de "proteger" os corpos d'água à jusante, fornece nutrientes para as plantas que utilizam no seu processo de crescimento (ALVES, 2006).

Todavia, o uso incorreto pode trazer efeitos deletérios, tanto ao solo quanto à cultura (Lo Monaco et al., 2009; Gonçalves et al., 2013); além do mais, as diretrizes para o reúso agrícola ainda não estão bem definidos (ROSOLEM et al., 2010).

O uso de esgoto sanitário depende do manejo adequado da irrigação, do monitoramento das características do solo e da cultura. Os efeitos da salinidade, da sodicidade e da alcalinidade consistem em limitantes para o uso continuado de águas residuárias na irrigação de culturas agrícolas (BARROSO & WOLFF, 2011).

## **2.4 Critérios para o reúso de água**

No Brasil, ainda não há normalização específica para os sistemas de reúso da água. O que se tem praticado é a adoção dos padrões internacionais ou mesmo a adoção de orientações técnicas produzidas por instituições privadas (CREA-PR, 2010).

A norma técnica NBR 13.969-97 (ABNT, 1997) prevê o reúso de água de origem essencialmente doméstica e tratada, para fins nos quais a água não precisa ser necessariamente potável, mas sanitariamente seguro, como a irrigação dos jardins, lavagem de pisos e dos veículos automotivos, na descarga de vasos sanitários, na manutenção paisagística dos lagos e canais com água, na irrigação dos campos agrícolas, pastagens entre outros. Nesta norma, a água a ser usada na irrigação de jardins, deverá apresentar: turbidez inferior a 5 UNT, coliforme fecal inferior a 500 NMP por 100 mL e cloro residual superior a 0,5 mg L<sup>-1</sup>; não sendo permitido o uso, mesmo desinfetado, para irrigação das hortaliças e frutas de ramas

rastejantes (como melão e melancia), mas admite-se seu reúso para plantações de milho, arroz, trigo, café e outras árvores frutíferas, via escoamento no solo, tomando-se o cuidado de interromper a irrigação pelo menos 10 dias antes da colheita.

Os parâmetros necessários e que precisam ser estudados para se verificar a aplicabilidade do efluente para irrigação, são: pH; salinidade; problemas de permeabilidade (ou infiltração); toxicidade por íons específicos; desequilíbrio nutricional; DBO; SST; turbidez e cor aparente; coliformes fecais; nematódeos intestinais; elementos traços e problemas de obstrução em gotejadores (irrigação localizada) (HESPANHOL, 2003).

As principais tecnologias de tratamento de esgotos domésticos usadas pelas companhias de saneamento são as seguintes: (1) tratamento preliminar, (2) tratamento primário, (3) tratamento secundário e tratamento terciário (4). A primeira remove as partículas sólidas grosseiras em suspensão nos esgotos através de processos físicos, empregando grades, desarenadores e caixas de gordura; a segunda reduz os sólidos em suspensão através da degradação anaeróbia do material orgânico, empregando tanques sépticos, flotores e filtros anaeróbios; a terceira reduz os sólidos dissolvidos e sólidos suspensos muito pequenos, empregando as lagoas facultativas e os filtros biológicos e a quarta objetiva a redução do nível populacional de bactérias patogênicas, bem como a remoção final da matéria orgânica, nitrogênio, fósforo e outros elementos que ainda persistem das etapas anteriores (CHERNICHARO et al., 2006).

Existem ainda as tecnologias que complementam o tratamento dos esgotos domésticos com baixo custo e boa eficiência, como os reatores solares e os sistemas alagados construídos. Os reatores solares podem ser construídos em alvenaria ou fibra de vidro, armazenando o esgoto de forma que este fique exposto à radiação direta do sol, inativando os microrganismos patogênicos. Esta tecnologia se adapta muito bem a Região Nordeste do Brasil (Sanches-Ramon et al., 2007). Já os sistemas alagados construídos são estruturas feitas em alvenaria ou com manta impermeabilizante e preenchidas com material poroso e inerte (brita, cascalho, etc). Sobre o meio filtrante são cultivadas plantas com grande capacidade de extração de poluentes presentes nos esgotos domésticos, neste sistema é recomendável que o esgoto tenha um fluxo subsuperficial para evitar a presença de insetos e animais peçonhentos, além do surgimento de odores desagradáveis (MATOS, 2007).

A água de esgoto tratada pode ser reutilizada de maneira planejada em diversas finalidades, como na irrigação, tornando-se um método alternativo de tratamento de efluentes no solo via fertirrigação, utilizando a água proveniente das estações de tratamento de esgoto. Entretanto, as águas residuárias devem ser avaliadas, também, quanto à salinidade, sodicidade

e toxicidade de íons, variáveis fundamentais na determinação da qualidade agrônômica (SOUSA, 2009).

A utilização de água proveniente de reuso deve ser direcionada para a irrigação de plantas não comestíveis (silvicultura, pastagens, fibras e sementes), porém para plantas comestíveis essas águas necessitam de um nível maior de qualidade, principalmente em relação às questões sanitárias (BERNARDI, 2003).

A aplicação de água residuária por meio do sistema de irrigação localizada tem sido usada em razão da alta eficiência na distribuição do efluente e do baixo risco de contaminação do produto agrícola e do operador do sistema em campo (PUIG-BARGUES et al., 2010).

O estado do Ceará através da Resolução Nº 2 (COEMA, 2017), dispõe no Art. 39 que o reúso externo de efluentes sanitários para fins agrícolas e florestais deverá obedecer aos seguintes parâmetros específicos: I - Coliformes termotolerantes, da seguinte forma: a) Culturas a serem consumidas cruas cuja parte consumida tenha contato direto com a água de irrigação: Não Detectado – ND, b) as demais culturas até 1000 CT/100 mL; II - Ovos de geohelmintos, da seguinte forma: a) Culturas a serem consumidas cruas cuja parte consumida tenha contato direto com a água de irrigação: Não Detectado – ND, b) as demais culturas: até 1 ovo geohelmintos/L de amostra; III - Condutividade elétrica: até 3000  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ; IV - pH entre 6,0 e 8,5; V - Razão de Adsorção de Sódio – RAS 15 ( $\text{mmol L}^{-1}$ )<sup>1/2</sup>

Em termos mundiais os critérios para uso de efluentes para a irrigação foram desenvolvidos pela Organização Mundial da Saúde (OMS), a partir de evidências epidemiológicas, modelos teóricos e um vasto conjunto de informações sobre a remoção de organismos patogênicos em sistemas de tratamento, particularmente lagoas de estabilização de países em desenvolvimento onde predominam as doenças causadas por helmintos em relação a outras doenças.

A OMS assegura que o tratamento primário de esgotos domésticos já é suficiente para torná-los adequados à irrigação de culturas de consumo indireto. No entanto, recomendam-se tratamentos secundário e terciário quando estas águas forem utilizadas na irrigação das culturas para consumo direto (SHUVAL et al., 1997).

Para o uso agrícola de efluentes, são geralmente utilizadas as recomendações da Organização Mundial da Saúde, os padrões de qualidade do estado da Califórnia (EUA) e as recomendações da Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (EPA, 1992).

Após minuciosa revisão de estudos epidemiológicos envolvendo o uso de águas residuárias, chegou às seguintes conclusões: a irrigação de culturas utilizando águas residuárias não tratadas causa um elevado número de infecções endêmicas, por nematódeos

intestinais, em consumidores dessas culturas e trabalhadores dos campos de irrigação, principalmente se estes trabalhadores trabalharem descalços e sem nenhuma proteção; a irrigação de culturas utilizando água residuária tratada não causa um número alto de infecções para trabalhadores e consumidores desses produtos; a cólera e provavelmente a febre tifóide podem ser transmitidas com a irrigação de verduras com água residuária não tratada; gado que utiliza pastagens irrigadas com águas residuárias não tratadas pode se infectar com *Cysticercus bovis* (*Taenia saginata*), porém existe pouca evidência de risco de contaminação humana; não está comprovado que pessoas que residem próximo às áreas de cultivo com águas residuárias e que tenham bons hábitos de higiene sejam afetadas pelo contato direto com o solo e com agricultores; a irrigação com águas residuárias, tratadas por aspersão, promove a transmissão de certa quantidade de vírus excretados, porém, sendo pouco comum a ocorrência de enfermidades por esta via (SHUVAL et al., 1986),

Com base nas evidências existentes, a OMS recomenda o padrão parasitológico de < 1 ovo de helminto/L de efluente e um padrão bacteriológico, mais flexível que o norte-americano, de <1.000CF/100mL para irrigação irrestrita, ou seja, daquelas culturas a serem consumidas cruas (WHO, 1989). Muitos são os estudos conduzidos em várias partes do mundo onde o reuso planejado é uma realidade, visando avaliar os riscos potenciais e reais envolvidos no uso das águas residuárias (BLUMENTHAL et al., 2000).

## **2.5 A cultura do algodoeiro**

O algodoeiro (*Gossypium hirsutum* L. Malvaceae) é uma das mais antigas e importantes espécies cultivadas da história humana, existindo relatos de seu cultivo há mais seis mil anos A.C. (Moulherat et al., 2002), tendo como centro de origem a Índia sendo pouco demandante em fertilidade do solo e em água, e possuindo habilidade em se desenvolver em uma ampla faixa de temperatura que vai de 15 a 40°C (REDDY et al., 1992).

A domesticação ocorreu há mais de quatro mil anos, no sul da Arábia. Os incas, no Peru, e outras civilizações antigas já o utilizavam por volta de 4500 a.C., com escritos antigos anteriores à Era Cristã indicando seu uso na Índia, Egito, Sudão e toda a Ásia Menor, como produto de primeira necessidade (AMPA, 2017).

A Europa começou a usá-lo regularmente na época das Cruzadas, e no século XVIII, o surgimento de novas máquinas de descaroçamento e de fiação fizeram a tecelagem de algodão dominar o mercado mundial de fios e tecido; no Brasil os índios já conheciam o algodão e dominavam o seu plantio desde antes do descobrimento, sendo capazes de colher, fiar, tecer e

tingir tecidos feitos com suas fibras; eles convertiam o algodão em fios para a utilização na confecção de redes e cobertores, aproveitavam a planta na alimentação e usavam suas folhas na cura de feridas (AMPA, 2017).

O Brasil é o centro de origem da espécie alotetraplóide ( $2n=52$ ) *Gossypium mustelinum*, que, provavelmente, entrou na complexa composição genética do algodoeiro arbóreo, perene, denominado mocó, singular no Nordeste brasileiro. A espécie *G. mustelinum* chegou, no passado, a ser classificada como *G. caicoense*, em homenagem ao Município de Caicó, RN, onde foi coletada em uma das serras da região (BELTRÃO & ARAÚJO, 2004).

A maior parte dessas espécies é oriunda de uma faixa geográfica que compreende regiões tropicais e subtropicais de baixa latitude, e tendem a ocorrer em ambientes relativamente áridos e, eventualmente, extremamente áridos. O clima nessas áreas é desértico (BW), com temperaturas médias anuais superiores a  $18^{\circ}\text{C}$  (h) (BWh - Köppen). Essa condição climática, aliada às características do solo, exerce um controle sobre a vegetação de uma determinada região, e, por sua vez, as características genéticas de cada espécie conferem sua adaptação ao ambiente (FRYXELL, 1986).

No mundo são cultivados dois tipos diferentes de algodão: o arbóreo e o herbáceo. O algodão arbóreo é aquele que parece uma árvore mediana, de cultivo permanente; já a espécie herbácea (*Gossypium hirsutum* L. r. *latifolium* Hutch) é um arbusto de cultivo anual, sendo uma entre as 50 espécies já classificadas e descritas do gênero *Gossypium*.

Atualmente, é cultivado economicamente em países subtropicais acima da latitude de  $30^{\circ}$  LN (Usbequistão, integrante da antiga União Soviética) até  $30^{\circ}$  LS (Argentina, Austrália e África do Sul) (Beltrão, 2006); figurando-se como uma das principais commodities mundiais e é a fibra natural mais importante e mais utilizada na indústria têxtil, sendo responsável por abastecer aproximadamente 50% deste mercado (SANTOS et al., 2008).

O algodoeiro é o nome vulgar atribuído a várias espécies do gênero *Gossypium* L. que pertence à família Malvaceae, ordem Malvales, Angiosperma e reino Plantae; a morfologia do algodoeiro, assim como sua fisiologia, é extremamente complexa; a raiz principal é do tipo pivotante, como uma continuação direta da haste principal da planta e se situa em sua grande maioria nos primeiros 20 cm de profundidade no solo, podendo atingir, em condições ideais até 2,5 m de profundidade; o caule é cilíndrico, ereto e às vezes pode apresentar forma ligeiramente quadrangular ou pentangular (SOUZA & BELTRÃO, 1999).

As folhas do algodão são simples e se apresentam como uma expansão laminar do caule. Existem no algodoeiro três tipos de folhas, as cotiledonares, que são as primeiras que surgem após a germinação, em forma de rim (riniformes); os prófilos, que são pequenas

folhas que surgem na base da gema próxima à axila da folha verdadeira; e as folhas verdadeiras, do tipo lobada e incompletas pois não possuem bainha, subdividindo-se em dois tipos: as vegetativas, ou do ramo, e as frutíferas, originadas no lado oposto de cada nó frutífero junto à estrutura reprodutiva (SOUZA & BELTRÃO, 1999).

A flor é do tipo hermafrodita e simétrica e o fruto é em forma de cápsula, apresentando de três a cinco lóculos, cada um com seis a oito sementes. Podem apresentar formato arredondado ou alongado na ponta (SOUZA & BELTRÃO, 1999).

O algodoeiro herbáceo ou anual (*Gossypium hirsutum* L. raça *latifolium* Hutch.) é uma planta de elevada complexidade morfológica e fisiológica, tendo metabolismo fotossintético do tipo C3, com elevada taxa de fotorrespiração, superior a 40% da fotossíntese bruta, dependendo do ambiente, em especial luminosidade e temperatura, que quanto maiores forem, mais a planta do algodão fotorrespira, desassimilando o carbono, e assim reduzindo a fotossíntese líquida (BELTRÃO, 2005).

As fases do ciclo de vida da planta do algodão são: estabelecimento ou pré-floração (1-20 dias após a emergência das plântulas), florescimento (21 -60 dias após emergência), formação das maçãs (61-100 dias após emergência) e, por fim, maturação dos frutos com a abertura dos capulhos e exposição das fibras de algodão com as sementes (101-170 dias após a emergência), sendo cada uma dessas fases de fundamental importância para a alta produtividade da planta (SOUZA & BELTRÃO, 1999).

A velocidade de emergência depende fundamentalmente da temperatura (WANJURA & BUXTON, 1972). Em condições normais, ela deve ocorrer entre 5 e 10 dias.

Durante a maior parte do ciclo da planta do algodoeiro, há diversos eventos ocorrendo ao mesmo tempo, como crescimento vegetativo, aparecimento de gemas reprodutivas, florescimento, crescimento e maturação de frutos. Cada um desses eventos é importante para a produção final, mas é necessário que eles ocorram de modo balanceado, havendo durante boa parte do ciclo da planta uma forte competição interna pelos carboidratos da fotossíntese (ROSOLEM, 2001).

Dentre as culturas anuais, o algodoeiro destaca-se pela tolerância relativamente alta à seca; isto provém de seus ajustes fisiológicos, de sua capacidade de crescimento e plasticidade radicular, o sistema radicular do algodoeiro pode atingir 2 m de profundidade, mas a maior parte se concentra na camada de solo entre 0 cm a 40 cm (SILVA et al., 2009).

A maioria dos algodoeiros no mundo é cultivada sob regime de irrigação, consumindo entre 600 e 1.200 mm de água; na região semiárida do Nordeste Brasileiro o consumo hídrico do algodoeiro no ciclo total varia entre 450 mm e 700 (Beltrão, 2006); sendo que para uma

boa produtividade há necessidade de cerca de 700 mm bem distribuídos ao longo do ciclo de crescimento ou aplicados via irrigação.

Nas condições da Chapada do Apodi/RN, constatou-se as maiores perdas no rendimento quando a deficiência hídrica acontece do aparecimento da primeira flor ao pico do florescimento, devido a maior demanda nessas fases, o que levou também a uma menor eficiência no uso da água; a irrigação regulada com déficit nas plantas de algodão pode ser executada aplicando lâminas menores que as recomendadas nas fases iniciais de crescimento e na fase final após o início da abertura dos capulhos (ZONTA et al., 2017).

Embora o algodão seja conhecido por ter certa resistência à seca, maior que a dos cereais, por exemplo, isso não significa que não necessite de água. Para obtenção de altas produtividades, é necessária uma quantidade de água na ordem de 700 mm durante todo o ciclo da cultura (GRIMES & EL-ZIK, 1990).

O sistema irrigado é utilizado em mais de 60% das áreas de cultivo com algodoeiro em todo o mundo, apesar de ser considerada uma planta tolerante à seca. Se comparado à agricultura de sequeiro, o elevado custo de produção associado à irrigação é justificado especialmente quando a disponibilidade de água no solo durante o ciclo fenológico da planta não é suficiente para atender as suas necessidades hídricas (EMBRAPA, 2014).

No Brasil, a cotonicultura irrigada começa a ganhar espaço, porque, além de garantir a estabilidade da produção, ainda possibilita ganhos excepcionais de produtividade, representa concretas perspectivas de expansão nas áreas do Semiárido nordestino como uma alternativa viável para o desenvolvimento regional, possibilitando a geração de empregos aos agricultores locais (EMBRAPA, 2014).

No semiárido nordestino possui um grande potencial de crescimento, sendo uma alternativa viável para o desenvolvimento regional, possibilitando a geração de empregos aos agricultores locais. No sistema irrigado, apesar de um maior custo de produção, tem-se a garantia da produção e a obtenção de uma maior produtividade por área quando comparado com o sistema de sequeiro (EMBRAPA, 2014).

O algodoeiro herbáceo irrigado requer calor e umidade no solo para completar seu ciclo vegetativo, devendo o final do ciclo coincidir com o período seco, para possibilitar a perfeita secagem e deiscência do fruto. Entretanto, o algodoeiro é muito sensível à temperatura, um dos fatores ambientais que mais interferem no crescimento e desenvolvimento da cultura e que afeta significativamente a fenologia, a expansão foliar, a alongação dos internós, a produção de biomassa e a partição dos assimilados pelas diferentes partes da planta, entre outros aspectos (EMBRAPA, 2014).

O algodoeiro apresenta melhor desempenho em altas temperaturas e alta intensidade luminosa na superfície foliar. Temperaturas inferiores a 20 °C reduzem o comprimento e outras características tecnológicas da fibra, porque reduzem o metabolismo celular, envolvendo as organelas comprometidas na síntese dos componentes da fibra, dos quais a celulose, que representa mais de 94% da fibra madura, é o mais importante (EMBRAPA, 2014).

Quanto as exigências nutricionais em ordem crescente, o algodoeiro exige N>K>Ca>P>Mg>S>Fe. Nos primeiros 30 dias após a emergência é mais exigente em Mg, S e Fe. Já na fase entre o abotoamento e o máximo florescimento é mais exigente em N, P, K e Ca (EMBRAPA, 2014).

A quantidade de nutrientes exigida pelo algodoeiro para produzir uma tonelada de fibra depende de diversos fatores, como cultivares, condições de manejo da cultura, solo e irrigação. Sendo de acordo com o constatado por Carvalho et al. (2011) em estudo que analisou os resultados de diversos autores, chegou-se as seguintes exigências médias para a obtenção de uma produtividade de 5.000 kg ha<sup>-1</sup> de algodão em caroço, macronutrientes (N, 330 kg ha<sup>-1</sup>; P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 96 kg ha<sup>-1</sup>; K<sub>2</sub>O, 290 kg ha<sup>-1</sup>; CaO, 199 kg ha<sup>-1</sup>; MgO, 71 kg ha<sup>-1</sup>; S, 28 kg ha<sup>-1</sup>) e micronutrientes (B, 600 g ha<sup>-1</sup>; Cu, 210 g ha<sup>-1</sup>; Fe, 3150 g ha<sup>-1</sup>; Mn, 360 g ha<sup>-1</sup>; Mo, 5 g ha<sup>-1</sup>; Zn, 214 g ha<sup>-1</sup>).

O algodoeiro é uma cultura sensível à acidez do solo, ao alumínio e ao manganês tóxico, sendo necessário corrigi-lo, pelo menos nas camadas de 0-40 cm, de maneira que a reação do solo facilite a disponibilização dos nutrientes para a absorção das plantas, permitindo que estas expressem o seu potencial de produção; essa correção profunda do perfil do solo no cerrado, em geral, já é feita na abertura da área nativa para o cultivo agrícola. No semiárido, entretanto, a acidez pode não ser um problema no início do cultivo da área, no entanto a acidificação progressiva do solo ocasionado por cultivos sucessivos da área, com diversas culturas, deve ser monitorada por análise química de amostra de solo e corrigida toda vez que necessária; sendo o calcário aplicado no solo com o objetivo de corrigir sua acidez (elevar o pH para 6,5 a 7,0), eliminar a toxidez de Al e Mn e fornecer Ca e Mg à planta (EMBRAPA, 2014).

## **2.6 Trocas gasosas como parâmetro de avaliação**

De acordo com Santos et al. (2010), as medidas de trocas gasosas são significativas para determinar as taxas fotossintéticas, sendo uma importante ferramenta na determinação da

adaptação das plantas a determinados ambientes de cultivo, porque a redução na produtividade das plantas pode estar relacionada à redução na atividade fotossintética, podendo ela ser limitada por fatores inerentes ao local de cultivo (PAIVA et al., 2005).

De modo geral, as plantas quando estão sob algum tipo de estresse reduzem a condutância estomática e a transpiração e aumentam a eficiência do uso da água. Nessas condições, a taxa de fotossíntese também acaba sendo reduzida (FERRAZ et al., 2012).

O fechamento estomático e a consequente redução do fluxo normal de CO<sub>2</sub> em direção ao sítio de carboxilação constituem um dos principais responsáveis pela redução da fotossíntese, sendo a água um dos fatores fundamentais responsáveis pelo processo que regula a abertura ou fechamento dos estômatos (BOSCO et al., 2009).

A transpiração é o principal mecanismo envolvido na regulação da temperatura foliar devido às menores aberturas estomáticas e, por consequência, ocorrem diminuição da transpiração foliar e aumento da temperatura da folha, sinalizando que a capacidade de refrigeração das plantas diminui via transpiração (VIEIRA JÚNIOR et al., 2007).

A verificação das trocas gasosas é uma importante ferramenta na determinação da adaptação das plantas a determinados ambientes de cultivo, porque a redução na produtividade das plantas pode estar relacionada à redução na atividade fotossintética, podendo ela ser limitada por fatores inerentes ao local de cultivo (PEIXOTO et al., 2002).

Pesquisas envolvendo a fisiologia das plantas são importantes para subsidiar o desenvolvimento científico e tecnológico, notadamente, objetivando aumentar a eficiência do cultivo e incrementar a produção de algodão (OLIVEIRA et al., 2012).

## **2.7 Importância econômica e social do algodão**

O cultivo comercial do algodão se iniciou mesmo em 1760, no Nordeste, com a exportação das primeiras sacas do produto para a Europa, que eram de algodão arbóreo, de fibra longa; o algodão herbáceo de fibra mais curta, porém mais produtivo, começou a ser produzido em São Paulo, que foi o centro produtor até a safra 1978/1979, sendo superado pelo Paraná na safra seguinte (CONAB, 2018).

Até a década de 1970 a produção brasileira de algodão possuía expressiva participação no mercado internacional, porém, do final dos anos 1980 até o início dos anos 1990, o Brasil perdeu participação nesse mercado, por razões econômicas, fitotécnicas e relativas ao comércio exterior. Razões essas que, associadas à falta de competitividade, provocaram

desestímulo à produção interna, contribuindo para a ampliação da defasagem entre oferta e demanda (EMBRAPA, 2014).

Após este período de infortúnio, passou-se a observar mudanças importantes na cotonicultura brasileira, com deslocamento das atividades produtivas do Semiárido brasileiro e Sudeste para o Cerrado, além do uso de novas práticas culturais; a cultura passou por um período de plena recuperação, graças a incentivos fiscais, ao profissionalismo de grandes produtores e aos investimentos em pesquisas (EMBRAPA, 2014).

Em pouco mais de uma década, a cultura do algodão se consolidou na agricultura do Cerrado, principalmente na região Centro-Oeste e na parte oeste do Estado da Bahia e mais recentemente os cerrados maranhense e piauiense; a produção nos cerrados é altamente tecnificada, moderna e empresarial, o que confere ao algodão brasileiro qualidade superior ou equivalente aos melhores algodões do mundo (EMBRAPA, 2014).

Nos cerrados do Centro Oeste e do Nordeste, as terras planas e baratas, que, com a devida correção, somada à experiência e tecnologia dos produtores, aos incentivos governamentais e à pesquisa, poderiam explorar um grande potencial de produção ainda não aproveitado. Em menos de uma década o Brasil reverteu a condição de segundo maior importador, em 1997, a quinto maior produtor e quarto maior exportador mundial da fibra, em 2016 (ETENE, 2017).

Atualmente o Brasil é o quinto maior produtor mundial de algodão, atrás de Índia, China, Estados Unidos e Paquistão; os cinco responderam por 77% do total da fibra produzida no planeta na safra 2016/2017; sendo o Brasil também o quarto maior exportador mundial, atrás de Estados Unidos, Austrália e Índia (USDA, 2018).

A produção mundial para a safra 2017/2018 é estimada em 26,55 bilhões de toneladas, aumento de 14,2% sobre a última safra, de 23,25 milhões de toneladas. O consumo mundial também deve continuar o movimento de alta dos últimos cinco anos, subindo 5,2% em relação a 2016/2017 (de 24,99 para 26,29 bilhões de toneladas); mesmo assim, os estoques finais devem ficar 1,3% maiores (de 19,09 para 19,34 bilhões de toneladas) (USDA, 2018).

A produção nacional prevista para a safra (2017/2018) é de 2,005 milhão de toneladas de pluma, numa área total de 1,174 milhão de hectares, números que sinalizam aumento na casa de 31% em produção e de 25% em área plantada em relação à safra 2016/2017. A comercialização da safra 2016/2017, junto das boas perspectivas de mercado reforçam o otimismo do setor produtivo (CONAB, 2018).

Diante do potencial social, ambiental e econômico do algodão para o nordeste sobretudo para o semiárido, uma alternativa viável para o incremento de produção da cultura

segundo Ferraz, et al. (2014) é a utilização de cultivares de algodão de fibra colorida e ecoadaptadas às condições edafoclimáticas do semiárido.

No Nordeste, há ainda o modo de produção no semiárido de pequena escala, comum no sertão do Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco e sul da Bahia; sendo que a produção do semiárido é bem menor que a do cerrado, sobretudo composta de uma produção orgânica e agroecológica, no Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco e Bahia, cujos campos de produção são importantes espaços de atuação de institutos de pesquisa nacionais e estaduais, ONGs e projetos governamentais, a exemplo do Projeto Dom Helder Câmara, atualmente vinculado à Secretaria Especial de Agricultura Familiar e do Desenvolvimento Agrário (SEAD), do Governo Federal. Estes campos abastecem nichos de mercado como os da União Europeia e de alguns estados do Sul e do Sudeste do Brasil, que negociam por intermédio do comércio justo e pagam preço melhor que o da fibra convencional, exigindo, em troca, a certificação dos produtores (ETENE, 2017).

A cadeia produtiva do algodão tem, no seu elo de insumos, antes da fazenda, os fornecedores de produtos relacionados ao solo, como sementes, fertilizantes, defensivos, corretivos, e os fornecedores de máquinas e/ou equipamentos, como colheitadeiras, tratores, implementos agrícolas, caminhões, combustível, peças e equipamentos de proteção individual. No elo da produção, “dentro da porteira”, realiza-se o plantio e a colheita, obtendo-se a pluma e o caroço, que passam ao elo de beneficiamento, cujas indústrias transformam a pluma em fio e este em tecido, e do caroço extraem linter, óleo, torta e farelo (NEVES & PINTO, 2011).

O fio segue das indústrias de fiação para malharias e tecelagens (tanto o fio, como tecidos e a malha também podem ser importados, podendo ser vendidos às confecções ou diretamente ao atacado), de onde, transformado em tecido e roupas, é distribuído para as confecções, que as repassam ao comércio atacadista e varejista, que os comercializam para o consumidor final, sejam pessoas físicas ou jurídicas. O linter segue para indústrias de papel, celulose, química e farmacêutica; o óleo pode ser aproveitado para o biodiesel e para a indústria alimentícia, enquanto a torta e o farelo seguem para a indústria de adubos e de ração animal (ETENE, 2017).

Do algodoeiro quase tudo é aproveitado, notadamente o caroço (65% do peso da produção) e a fibra, (35% do peso da produção). O caroço (semente) é rico em óleo (18-25%) e contém 20-25% de proteína bruta. O óleo extraído da semente é refinado e destinado à alimentação humana e fabricação de margarina e sabões (DOCSITY, 2016).

Os restos de cultura, caule, folhas maçãs, capulhos, são utilizados na alimentação de animais em geral; bagaço (farelo ou torta), subproduto da extração do óleo, é destinado à alimentação animal (bovinos, aves, suínos), devido ao seu alto valor proteico (40-45% de proteína bruta) (DOCSITY, 2016).

A fibra, principal produto do algodoeiro, tem mais de 400 aplicações industriais, entre as quais: confecção de fios para tecelagem (tecidos variados) (DOCSITY, 2016).

A fibra de algodão é o item mais importante da pauta exportadora têxtil e confecções do Brasil e a principal matéria-prima das manufaturas destinadas ao mercado internacional; Argentina, Estados Unidos e Paraguai são os principais destinos do comércio exterior brasileiro de têxteis e confeccionados. Em 2017 a metade, 52,4% das exportações de toda cadeia de produção, no período de janeiro a agosto de 2017, compreendeu a fibra de algodão e seus manufaturados. Na categoria fibras, o equivalente a 84,1% foi a de algodão. Os tecidos de algodão corresponderam a 54,6% das vendas externas desses produtos (IEA, 2017).

A indústria têxtil do Brasil tem peso importante no PIB Nacional e representa 10% do PIB industrial e respondendo por 2,3% do Produto Interno Bruto do País de acordo com a Fundação Getulio Vargas (FGV); para 2019, a Associação Brasileira da Indústria Têxtil (ABIT) prevê um crescimento na produção de cerca de 3% e um aumento no varejo entre 3% a 4% (AGÊNCIA BRASIL, 2018).

No Rio Grande do Norte a indústria têxtil é uma das principais bases econômicas, os setores têxtil e de confecções evoluíram nos últimos cinco anos e a produção atingiu em 2015 o ápice de 89 mil toneladas. Isso representa um volume de R\$ 4,7 bilhões que são negociados a cada ano. Essa cadeia produtiva agrega 574 empresas, que empregam 46 mil pessoas, sendo a maioria – 39 mil - absorvida por aquelas de porte industrial (ASN, 2017).

## **2.8 Efeito da aplicação do uso da água residuária sobre o algodoeiro**

Azevedo et. al. (2005), estudando o efeito da água residuária e da adubação nitrogenada na cultura do algodão irrigado, comprovou que a produção foi superior quando se utilizou água residuária em comparação à água de abastecimento, e houve aumento da produção do algodão da ordem de 65,98% nos tratamentos que receberam 0 kg ha<sup>-1</sup> de N, adubação de fundação com fósforo e potássio e irrigação com água residuária tratada, quando comparado à produção obtida com a mesma adubação, porém irrigado com água de abastecimento.

A produção de algodão em caroço ( $3.300 \text{ kg há}^{-1}$ ), que correspondeu a  $1.200 \text{ kg/ha}$  de fibra, foi influenciada pela água residuária, que foi capaz de substituir a adubação nitrogenada mineral em  $180 \text{ kg}$  de nitrogênio por hectare (BRASIL, 2007).

Efeito significativo da interação entre as doses do composto orgânico e da água residuária na produção do algodão colorido foram verificados por Figueiredo et al. (2012), quando se estudou o crescimento e produção de algodão colorido com água residuária doméstica tratada e composto orgânico, sendo a dose do composto orgânico de  $40 \text{ kg ha}^{-1}$  de N, associada à água residuária, a que favoreceu a melhor produção.

A irrigação com o efluente proveniente do reator UASB proporcionou maior produtividade do algodão em caroço, em relação aos demais tratamentos, evidenciando o seu uso na agricultura; assim a água residuária tratada utilizada neste estudo pode ser empregada na irrigação da cultura do algodão, uma vez que a mesma incrementou um aporte parcial de nutrientes às plantas, contribuindo para o controle da poluição ambiental (FIDELES FILHO & NASCIMENTO, 2015).

A irrigação com água residuária influenciou significativamente o crescimento das plantas de algodoeiro, em referência ao índice de velocidade de emergência, à percentagem de germinação, à altura de plantas, ao diâmetro caulinar e número de folhas e à área foliar e massa seca de parte aérea, crescendo com o aumento da proporção de uso do efluente doméstico. Houve efeito positivo do acúmulo de nutrientes no solo aplicados via fertirrigação sobre as variáveis estudadas. A fertirrigação com efluente doméstico tratado pode substituir a adubação convencional do algodoeiro (SOUSA NETO et al., 2012).

Os rendimentos de algodão em rama, da pluma e de caroço foram superiores com a lâmina de  $692 \text{ mm}$  de efluente de esgoto doméstico tratado mais  $89 \text{ mm}$  de chuva. Com o uso do efluente de esgoto, os rendimentos de algodão em rama, de pluma foram maiores em relação à água de abastecimento, já o percentual de fibra diminuiu, quando foi usado o efluente doméstico (AZEVEDO et al., 2005).

As plantas do algodoeiro irrigadas com efluente de esgoto doméstico tratado aos 85 dias após a emergência estavam adequadamente supridas em macro e micronutrientes na ausência dos adubos químicos contendo ureia e fósforo; as crescentes lâminas do efluente de esgoto tratado promoveram aumento do percentual de óleo nas sementes; com o uso do efluente de esgoto aumentou a eficiência do uso de água pelas plantas refletindo-se em maior rendimento de algodão em caroço (ALVES, 2006).

Os maiores rendimentos econômicos, foram obtidos nos tratamentos irrigados com água residuária doméstica sem adubação do solo com nitrogênio e fósforo (ALVES, 2006).

Nas características físicas da fibra, a água residuária influenciou somente as variáveis comprimento da fibra, alongamento, finura e fiabilidade, mas não no ponto de afetar a qualidade global da fibra; o algodão produzido apresentou elevado índice de reflectância, com valor médio de 78%, sendo caracterizado como de elevada qualidade intrínseca, segundo os padrões de exigência da indústria têxtil internacional (BRASIL, 2007).

Em estudo sobre as características tecnológicas da fibra do algodão herbáceo sob efeito de adubação nitrogenada e irrigação com água residuária tratada, verificou-se que a água residuária tratada contribuiu para que as fibras do algodão apresentassem maior comprimento, uniformidade e alongamento à ruptura e tivessem um índice menor de fibras curtas (AZEVEDO, et al., 2005).

As características físicas da fibra da cultivar BRS 200 Marrom ficaram dentro dos padrões requeridos pela indústria têxtil e as do algodão verde ficaram fora dos padrões; além de que as características físicas da fibra independem dos tratamentos (doses de lodo e tipos de água de irrigação) (FIGUEIREDO, 2005).

## **2.9 Efeito da adubação fosfatada sobre as plantas**

O fósforo é um macronutriente essencial para as plantas, mesmo não sendo requerido em grandes quantidades quando comparado ao nitrogênio e o potássio. É um dos nutrientes mais estudados pelos pesquisadores, devido sua baixa disponibilidade nos solos (Novais & Smith, 1999). Em quantidades adequadas, ele estimula o desenvolvimento radicular, é essencial para a boa formação da planta e incrementa a produção (RAIJ, 1991).

O fósforo é considerado essencial uma vez que satisfaz os dois critérios da essencialidade, diretamente por participar de compostos e reações vitais para as plantas, e indireto porque na sua ausência a planta não completa seu ciclo de vida, não podendo ser substituído por outros. Este elemento é absorvido predominantemente na forma iônica de  $H_2PO_4^-$ , sua acumulação nas células corticais da raiz e seguida pela transferência dentro desta até o xilema através do simplasto, chegando as folhas ou as regiões de crescimento, sendo juntamente com o nitrogênio o elemento mais prontamente redistribuído (MALAVOLTA et al., 1997)

O fósforo na planta encontra-se em cinco grupos: DNA (ácido desoxirribonucleico), o RNA (ácidos ribonucleicos), polímeros de nucleotídeos, ésteres e Pi (fósforo inorgânico) (Malavolta et al., 1997). O acúmulo de fósforo (P) na planta é vital na síntese de proteínas, fotossíntese e transformação de açúcares na planta, participando também dos processos de

transferência de energia e na absorção de nutrientes pela planta, inclusive do N (BELTRÃO & AZEVEDO, 2008).

O fósforo (P), como fosfato ( $\text{HPO}_4^{2-}$ ) é um componente integral de importantes compostos da planta, incluindo açúcares-fosfato (a exemplo da glicose 6P, Frutose 6P), fosfolipídios de membranas, nucleotídeos usados como fonte de energia (ATP) e nos ácidos nucléicos (MARSCHNER, 1995).

Assim, o P está particularmente envolvido na transferência de energia, pois o ATP é necessário para a fotossíntese, translocação e muitos outros processos metabólicos de relevância (Shuman, 1994). Em sua forma inorgânica, o Pi é substrato ou produto final em muitas reações enzimáticas importantes, incluindo as da fotossíntese e metabolismo de carboidratos, sendo essencial para regulação das vias metabólicas no citoplasma e cloroplasto, síntese de amido e sacarose, transporte de trioses-fosfato, transporte de sacarose e síntese de hexoses (MITRA, et al., 1993).

No algodoeiro, a demanda por P é alta do início da formação dos botões florais até a maturação (Frye & Kairuz 1990). O P é importante especialmente para o pegamento e desenvolvimento da parte reprodutiva do algodoeiro (ROSOLÉM & BASTOS 1997).

Os sintomas de deficiência de P não são tão marcantes como para outros macronutrientes, e os efeitos mais evidentes são uma acentuada redução no crescimento da planta como um todo; um sintoma característico de deficiência de P é a coloração verde-escura de folhas mais velhas (primeiramente) associadas ao aparecimento da cor púrpura, devido ao acúmulo de antocianina (MALAVOLTA et al., 1997).

Entre os macronutrientes, o P foi o primeiro a mostrar efeito sobre a produção do algodoeiro, uma vez que os solos no Brasil são originalmente pobres em tal elemento. Em função da sua importância para o desenvolvimento e a frutificação das plantas, o P chegou a ser considerado o elemento regulador da produção (STAUT & ATHAYDE, 1999).

## **2.10 Efeito do uso da água residuária sobre o solo**

Uma das maneiras propostas pela comunidade científica para aumentar a oferta de água disponível para a irrigação é seu reuso (Souza et al., 2013), além do aspecto hídrico, outro benefício a ser aproveitado do efluente líquido é seu potencial nutricional (REBOUÇAS et al., 2010).

O efeito do uso das águas residuárias sobre o solo já foi objeto de vários estudos. Azevedo et al. (2013), estudando as alterações químicas de um cambissolo fertirrigado com

água residuária doméstica tratada, chegou a resultados que indicaram a ocorrência de elevações nos valores de condutividade elétrica do extrato de saturação do solo, sódio e matéria orgânica com o aumento da proporção da água residuária doméstica tratada, em relação à água de abastecimento, enquanto, que os valores de pH apresentaram redução, com o aumento da proporção da água residuária doméstica tratada.

Mikkelsen et al. (1997) afirmam que a aplicação de águas residuárias no solo, por períodos longos, pode resultar em acúmulo de nutrientes, excedendo as exigências nutricionais das plantas.

Uma das grandes vantagens de se utilizar a água residuária na fertirrigação de culturas agrícolas é devido a sua composição química, e, sobretudo, a sua constituição de macronutrientes, tais como, nitrogênio, fósforo e potássio (CHEVREMONT et al., 2013). Em efluentes líquidos, os nutrientes encontram-se combinados aos complexos orgânicos, que estão em sua maior parte em formas reduzidas.

Diversos são os benefícios da aplicação de águas residuárias no solo, tais como: melhorias nas condições físicas e químicas do solo, na fertilidade do solo, diminuição nos teores de Al trocável e, por consequência, da saturação por alumínio, elevação dos teores de N, P, K, S, Ca, Mg, da saturação por bases, da matéria orgânica (MO), da capacidade de troca catiônica (CTC), da saturação por bases (V) e dos teores de micronutrientes (VON SPERLING, 2011).

As maiores desvantagens da utilização de águas residuárias são os elevados requisitos de área, dependência climática, requerimentos de nutrientes pelos vegetais, possibilidade de contaminação dos agricultores (na aplicação por aspersão) e possibilidade de ocorrência de alterações físicas e químicas do solo com metais pesados.

A utilização da água residuária no cultivo do algodão herbáceo elevou os teores de potássio e sódio trocável no solo, alertando para a necessidade do seu monitoramento (BRASIL, 2007).

A aplicação de água residuária via irrigação na cultura do algodão proveniente do reator UASB e filtro em série aumentaram as concentrações de fósforo, potássio e matéria orgânica na camada superficial do solo, favorecendo o crescimento das plantas (FIDELES FILHO & NASCIMENTO, 2015).

O uso de águas residuárias com baixa salinidade, porém com porcentagem de sódio trocável (PST) acima de 10, pode promover a dispersão das partículas de argila, provocando diminuição na permeabilidade do solo e, conseqüentemente, acarretando a redução na aeração do solo (HOMEM et al., 2012; MATOS et al., 2013).

Medeiros et al. (2008) e Muscolo et al. (2013) afirmam que a principal limitação do uso de águas residuárias na agricultura é a sua composição química, ou seja, totais de sais dissolvidos, presença de íons tóxicos e a concentração elevada de sódio em relação ao cálcio e magnésio, além da tolerância das culturas. Outra limitação se refere ao acúmulo de metais pesados, como os estudos de Queiroz et al., (2004) em que há indicações de que 85% dos metais pesados se acumulam no solo, principalmente, na camada superficial.

Em estudos dos atributos químicos de solos submetidos à fertirrigação com água residuária nas condições do semiárido brasileiro, a aplicação de água residuária de esgoto doméstico provocou alterações químicas no solo com textura mais argilosa (Cambissolo) e no latossolo apenas o cálcio, todas as características avaliadas no Cambissolo foram alteradas pelas proporções de água residuária, exceto o cálcio (ANDRADE FILHO et al., 2013).

A fertirrigação com águas residuárias pode ser feita por sulco, por aspersão, gotejamento ou com uso de “chorumeiras”. A escolha do método de aplicação deve ser feita, principalmente, em função da cultura, da suscetibilidade às doenças e da capacidade de infiltração de água no solo (SILVA et al., 2010).

Falkiner e Smith (1997) não apenas observaram aumento no valor de pH de solos fertirrigados com água residuária, mas também diminuição do teor de alumínio trocável, em razão do aumento dos cátions trocáveis no solo (cálcio, magnésio, potássio e sódio) e da alcalinidade, adicionados pelo esgoto sanitário tratado.

Feigin et al. (1991) afirmaram que as elevadas concentrações de partículas orgânicas e inorgânicas dos esgotos sanitários obstruem os poros da superfície do solo, reduzindo a taxa de infiltração e a condutividade hidráulica, de 20 a 30%, sendo os solos arenosos mais suscetíveis ao entupimento de poros que os solos argilosos.

Smith et al. (1996), também, observaram, em solos florestais irrigados com efluente urbano tratado por mais de quatro anos, que as concentrações de cromo, níquel, chumbo e zinco permaneceram constantes.

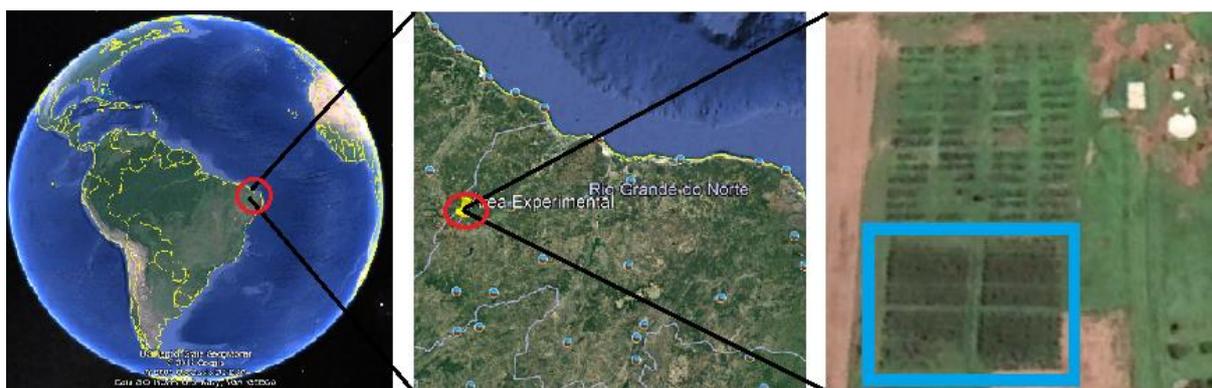
As adubações com nitrogênio e fósforo nas quantidades de 90 e 60 kg ha<sup>-1</sup> respectivamente, foram supridas com o uso da água residuária na irrigação do algodoeiro. Obtiveram-se os melhores rendimentos de peso em caroço, de algodão em rama e de algodão em pluma quando não se realizou a adubação com nitrogênio e fósforo (AZEVEDO, et al., 2014).

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 Caracterização do Local

Os experimentos foram realizados em duas safras agrícolas, o primeiro ciclo no período de 07/10/2016 a 27/01/2017 e o segundo ciclo no período de 11/08/2017 a 08/12/2017, sendo repetidos na mesma área experimental; situada próximo a estação de tratamento de águas residuais pertencente ao Assentamento Milagres, no município de Apodi, localizado no médio oeste do Rio Grande do Norte; que tem como coordenadas geográficas 5°35' 18,88" de latitude S e 37° 54' 09,77" de longitude W e uma altitude de 153 metros (Figura 1); e está inserido no geoambiente Chapada do Apodi.

No assentamento existe uma estação de tratamento de efluentes domésticos, que foi implantada através de Projeto de pesquisa realizado pela Universidade Federal Rural do Semi-Árido-UFERSA e financiado pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq, em condições aptas a se trabalhar o reuso.



**Figura 1.** Localização da área experimental (GOOGLE, 2013)

(Coordenadas Geográficas DATUM WGS84)

A área apresenta um relevo plano com declividade dominante inferior a 2% os solos que recobrem a área são CAMBISSOLOS HÁPLICOS Ta Eutróficos, de acordo com Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SANTOS, et al., 2013).

De acordo com a classificação de Köppen, o clima da região é do tipo BSw'h', caracterizado por ser quente e semiárido com temperatura média anual de 28,5°C, com a estação chuvosa se atrasando para o outono (IDEMA, 2013). A insolação média da região é de aproximadamente 3041 horas ano<sup>-1</sup>, com evaporação média de 2190 mm ano<sup>-1</sup>, umidade relativa média de 66,8 % e precipitação média de aproximadamente 893 mm ano<sup>-1</sup> segundo dados do INMET, obtidos na estação Apodi/RN, que fica localizada poucos quilômetros da área experimental.

### 3.2 Caracterização das águas utilizadas

A estação de tratamento de esgoto (ETE) fica localizada em área agrícola de uso coletivo da comunidade, onde processa todo efluente coletado da agrovila do Assentamento; o esgoto é coletado nas 28 residências por meio de rede coletora e segue por gravidade para ETE, dimensionada para tratar um volume de 20 m<sup>3</sup> de esgoto por dia, onde passa por um sistema denominado decanto-digestor, constituído por um tanque séptico de duas câmaras e dois filtros anaeróbicos de fluxo descendente para tratamento preliminar/primário do esgoto doméstico bruto (BATISTA et al., 2013).

Ao sair da estação a água segue por gravidade para uma cisterna de onde realizou-se a captação para irrigação na área experimental, através de bomba centrífuga instalada em uma casa de bombas, onde se instalou duas bombas independentes que captam a água residuária tratada e água de abastecimento oriunda de poço tubular e depositadas em reservatórios distintos, sendo assim possível combinar diferentes porcentagens de água residuária na fertirrigação da área experimental.

Para o monitoramento e avaliação da qualidade do efluente e da água de abastecimento, uma vez por mês durante a condução do experimento, coletou-se amostras pontuais entre 10:00 e 12:00 horas; após a coleta todas as amostras foram acondicionadas em recipiente apropriado, mantidas à baixa temperatura com gelo e imediatamente transportadas para o Laboratório para procedimentos das análises, sendo avaliadas suas características químicas, físico-química e microbiológicas.

Tais análises realizou-se no Laboratório de Análise de Solo Água e Planta (LASAP), Laboratório de Inspeção de Produtos de Origem Animal (LISPOA) e Laboratório de Saneamento, da UFERSA; e no Laboratório de Diagnóstico Físico-Químico da Universidade Estadual do Rio Grande do Norte (UERN), seguindo-se as recomendações descritas no “Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater” da American Public Health Associations - APHA (RICE et. al., 2012).

Para análises de macronutrientes, micronutrientes e metais pesados encaminhou-se ao laboratório; sendo medidos os valores do pH, com peagâmetro de bancada; a condutividade elétrica (CE), com condutivímetro de bancada; o nitrogênio (N), na forma de amônio (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) por processo semimicro Kjeldahl e nitrato (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) por espectrofotometria UV-Visível; fósforo (P), por espectrofotometria, utilizando o mobilidato de amônio; potássio (K<sup>+</sup>) e sódio (Na<sup>+</sup>), por fotometria de absorção de chama; cálcio (Ca<sup>2+</sup>), Magnésio (Mg<sup>2+</sup>), pelo método titulação complexométrica; o cloreto (Cl<sup>-</sup>), através de titulação por precipitação.

As concentrações de cobre total (Cu), manganês total (Mn), ferro total (Fe), zinco total (Zn), cromo (Cr), níquel total (Ni), cádmio total (Cd) e chumbo total (Pb) por espectrofotometria de absorção atômica na chama (EAA).

As amostras destinadas às análises microbiológicas coletaram-se em recipientes esterilizados, que identificou-se e acondicionou-se à temperatura de 4°C em caixa isotérmica com gelo e seguindo-se para o Laboratório para quantificação dos níveis populacionais de coliformes totais (CT) e termotolerantes (CTe) empregando a técnica dos tubos múltiplos; procedimento idêntico de coleta e condicionamento da água foi realizado e encaminhadas ao laboratório para as análises de demanda química de oxigênio (DQO), pelo método de oxidação química em refluxo aberto e demanda bioquímica de oxigênio (DBO), pelo método da quantificação do oxigênio dissolvido pelo iodométrico (Processo Winkler).

As concentrações dos sólidos suspensos (SS) e dos sólidos totais (ST), foram obtidas pelo método gravimétrico e as concentrações dos sólidos dissolvidos (SD), pela diferença de sólidos totais e sólidos suspensos.

### 3.3 Caracterização do solo e preparo da área

Antes do preparo do solo coletou-se amostras do solo (0,0 – 0,20 m e 0,20 – 0,40 m), para a caracterização física e química do solo (Tabela 1 e Tabela 2, respectivamente), realizada no LASAP/UFERSA, onde foi avaliada quanto as suas características físicas e químicas seguindo metodologia da EMBRAPA (2011).

**Tabela 1.** Características físicas do solo da área experimental

Prof. (m)	Areia <sup>1</sup> .....kg kg <sup>-1</sup> .....	Silte	Argila	Classificação Textural	Dp <sup>2</sup> --kg dm <sup>-3</sup> --	Ds	PT %	Umidade nas Tensões em KPa)			Disponibilidade de Água		
								10	33	1500	DTA <sup>3</sup> mm.cm <sup>-1</sup>	CTA mm	CRA mm
0,0-0,2	0,820	0,078	0,102	Areia franca	2,77	1,68	36,6	11,85	6,74	3,84	1,34	26,85	13,42
				Franco argilo									
0,2-0,4	0,608	0,070	0,322	arenosa	2,84	1,73	38,8	11,60	8,86	6,23	0,43	8,78	4,39

<sup>1</sup> As frações granulométricas foram determinadas a partir proporções areia total, silte e argila, sendo esta determinada pelo método da pipeta e expressas em kg kg<sup>-1</sup>

<sup>2</sup> A densidade de partículas determinada método do balão volumétrico, a densidade do solo pelo método anel volumétrico e a porosidade total com base nos valores de Ds e Dp

<sup>3</sup> A disponibilidade total de água (DTA), capacidade total de armazenamento de água (CTA) e capacidade real de armazenamento de Água (CRA) de acordo com expressões descrita por de acordo com expressões descrita por Bernardo, Soares e Mantovani (2009)

O preparo da área se deu com o uso de máquinas, realizando-se uma aração para a incorporação da vegetação espontânea crescida durante a estação chuvosa que antecedeu os

dois ciclos de cultivo, seguida de uma gradagem para o nivelamento da área e posterior sulcamento (Figura 2A e B), já que a irrigação se deu em sulcos, alimentados por microtubos.

**Tabela 2.** Características químicas do solo da área experimental

Prof. m	pH <sup>1</sup> água	CE dS m <sup>-1</sup>	P <sup>2</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Al <sup>3+</sup>	(H+Al)	SB	CTC	V	m	PST
			-----mg dm <sup>-3</sup> -----			-----cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> -----					-----%-----			
0,0-0,2	6,60	0,12	7,0	162,3	21,53	2,76	0,73	0,00	0,77	4,00	4,77	84	0	2
0,2-0,4	6,05	0,05	6,7	128,5	34,5	2,50	2,16	0,05	1,15	5,14	6,29	82	1	2
Prof. m	Matéria Orgânica <sup>3</sup>		N <sup>4</sup>		B <sup>5</sup>		Cu		Fe	Mn	Zn			
	-----g kg <sup>-1</sup> -----		-----		-----		-----mg dm <sup>-3</sup> -----		-----					
0,0-0,2	5,88		0,70		0,30		0,91		7,26	185,73	3,32			
0,2-0,4	2,97		0,44		0,20		0,89		3,23	26,16	1,54			

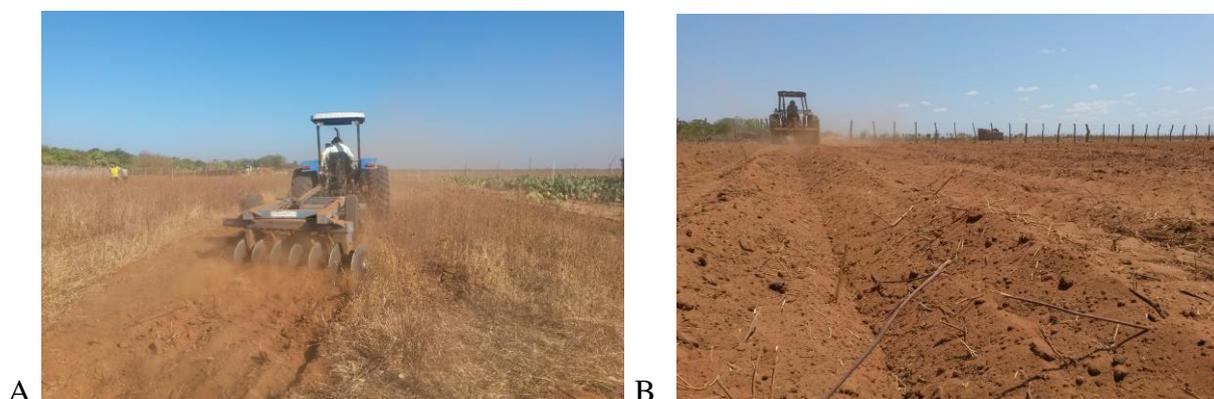
<sup>1</sup> O pH em água foi determinado potenciométricamente na suspensão cuja proporção solo-líquido foi de 1:2,5 e a CE<sub>1:2,5</sub> diretamente com o potenciômetro

<sup>2</sup> P, K<sup>+</sup> e Na<sup>2+</sup>, usando o extrator Mehlich-1; Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup> e Al<sup>3+</sup>, KCl 1N; (H+Al) com Acetato de cálcio a pH 7,0.

<sup>3</sup> MO através da oxidação com dicromato de potássio

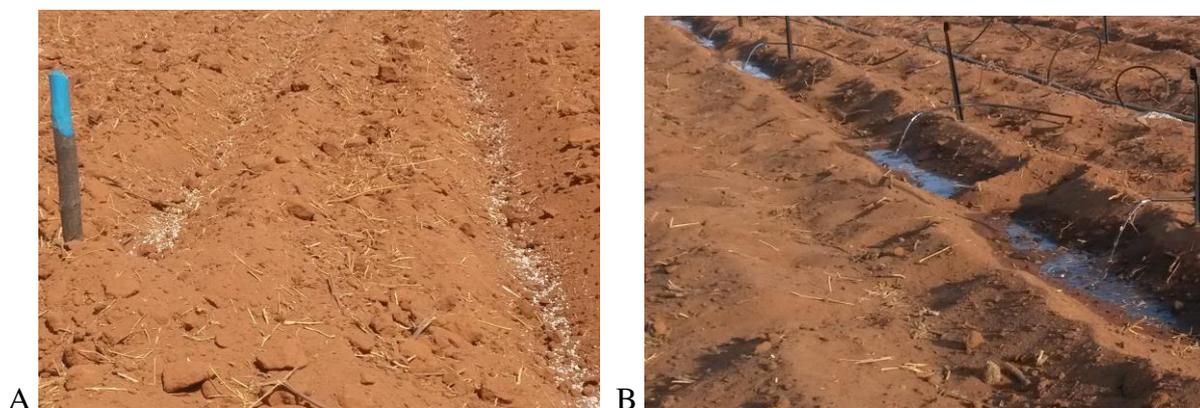
<sup>4</sup> N pelo método Kjeldahl (oxidação úmida (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> + H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) e titulação com solução padrão ácida (HCl 0,01M)

<sup>5</sup> B disponível foi extraído com água quente e posterior leitura com espectrofotômetro a 420 nm; Cu, Fe, Mn e Zn extraído com solução extratora Mehlich-1e determinado por espectrofotometria de absorção atômica (EAA)



**Figura 2.** Detalhe do preparo da área: aração (A) e sulcamento (B)

Após caracterização física e química do solo e preparo da área, estipulou-se a adubação fosfatada acordo com Ribeiro (1999), com base nos resultados obtidos de fertilidade na profundidade 0,00 a 0,20 m, para as subparcelas com essa condição de manejo, objetivando a obtenção de um alto rendimento da cultura e aplicado no sulco de plantio (Figura 3A e B).



**Figura 3.** Detalhe da adubação no sulco de plantio (A) e (B)

### **3.4 Delineamento experimental**

Após o preparo da área, realizou-se a casualização dos tratamentos pelo programa SISVAR - computer statistical analysis system (FERREIRA, 2011).

Montou-se um experimento em delineamento em blocos ao acaso, com parcelas subdivididas, sendo três porcentagens de esgoto doméstico tratado (AR) via fertirrigação para suprir a evapotranspiração da cultura (ETc) em substituição a água de abastecimento (AA), sendo a ETc suprida com (100% de AA - T1), (50% AA + 50% AR - T2) e (100% AR - T3), nas parcelas e adubação fosfatada (com adubação de cobertura e sem adubação fosfatada em pré-plantio), nas subparcelas; com seis repetições, perfazendo 36 parcelas experimentais, que juntas somaram 979,2 m<sup>2</sup>. Cada unidade experimental foi constituída por quatro fileiras, em espaçamento duplo (1,10 m x 0,5 m x 0,1 m) com 8,5 metros de comprimento, totalizando uma área de 27,2 m<sup>2</sup> (3,2 m x 8,5 m), sendo considerado como área útil as 2 fileiras centrais com 7,0 m de comprimento, descartando-se 0,75 m nas extremidades.

Para análise estatística dos dados referentes ao crescimento, acúmulo de massa seca, taxa de assimilação líquida e trocas gasosas; foram avaliadas no esquema de parcelas subdivididas tendo nas parcelas os tratamentos via irrigação (3 porcentagens de efluente tratado em substituição a água de abastecimento (0%, 50% e 100%) no suprimento da ETc da cultura, aplicados via fertirrigação), nas subparcelas a condição de manejo (com e sem adubação fosfatada em pré-plantio) e nas subsubparcelas os tempos de amostragem.

Para análise estatística dos dados referentes aos componentes de produção, eficiência do uso da água, qualidade da fibra, acúmulo de nutrientes nas plantas, extração por hectare de nutrientes e fertilidade do solo analisou-se no esquema de parcelas subdivididas, tendo os tratamentos nas parcelas e a condição de manejo nas subparcelas.

### **3.5 Irrigação e plantio da cultura**

Para a irrigação da área armazenou-se as águas provenientes do sistema de tratamento primário e do poço tubular que abastece a comunidade (com profundidade de 150 metros) em dois depósitos distintos de onde pressurizou-se por dois conjuntos eletrobomba independentes de 1,5 cv, no sistema de irrigação localizado as diferentes combinações de porcentagens de água residuária trabalhando sempre na mesma pressão.

O sistema de irrigação chamado “bubbler modificado”, foi desenvolvido com o objetivo de ser resistente a obstruções, reduzir o consumo de energia, que trabalha em baixa pressão, desenvolvido inicialmente para a irrigação de palma forrageira no semiárido do nordeste

brasileiro, através do reuso de esgoto doméstico tratado, utilizando-se emissores tipo microtubos de 3 mm de diâmetro interno, visando evitar entupimento pelas partículas em suspensão presentes no efluente, não requerendo assim sistemas sofisticados de filtragem (MEDEIROS et al., 2014).

Sendo este sistema de irrigação localizada composto por linha adutora, principal e linha secundária de tubos de PVC de 32 e 50 mm e com linhas laterais de polietileno de 16 mm de diâmetros, espaçadas 3,2 metros entre si de onde se conectou os emissores tipo microtubos para a irrigação das duas linhas de sucos nivelados de 2,0 m de comprimento, que em sequência um seguido ao outro irriga as duas fileiras de algodão que margeia as bordas dos sulcos.

Inicialmente foi realizada uma irrigação com as águas de abastecimento em todos os tratamentos de modo a deixá-lo próximo a capacidade de campo para a realização da semeadura da cultivar BRS 335, sendo semeadas 10 sementes por metro linear a uma profundidade padrão de 3 cm da superfície do solo e alternadas nas laterais do sulco de irrigação, em fileiras duplas (1,10 m x 0,5 m x 0,1 m) (Figura 4A, B e C), totalizando uma população de 125.000 plantas por hectare; aos 10 dias após o plantio, período em que houve a estabilização da germinação teve início a irrigação com as águas referentes a cada tratamento.



**Figura 4.** Detalhe da irrigação pré-plantio (A), plantio (B) e desenvolvimento da cultura em fileiras duplas (C)

A cultivar BRS 335 foi originada a partir de cruzamento triparental entre as cultivares DP 4049, CNPA ITA 96 e Delta Opal. Após ter sido empregado o método de seleção genealógica, obteve-se a progênie CNPA BA 2005-3008, que foi avaliada na safra 2006/2007 como linhagem preliminar e, na safra 2007/2008, como linhagem avançada. Nas safras 2008/2009 e 2009/2010, a progênie foi avaliada como linhagem final em 18 localidades do Cerrado e do Semiárido (EMBRAPA, 2014).

As irrigações subsequentes ao plantio realizou-se com base na evapotranspiração da cultura (ET<sub>c</sub>), determinada em função da evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>) calculada pela equação de Penman-Monteith parametrizada pela FAO (Allen et al., 2006) utilizando

dados da estação climatológica pertencente ao Instituto Nacional de Meteorologia - INMET (Apodi/RN) e do coeficiente da cultura de acordo com o Manual FAO 56 (Allen et al., 2006) (Equação 1), com turno de rega de 2 dias; sendo que ao final de cada dia coletou-se os dados climáticos necessários para alimentar a planilha de irrigação, com isso, determinava-se a lâmina de irrigação do dia seguinte; encerrando-se as irrigações quando o algodão apresentou 60% dos capulhos abertos.

$$ET_c = E_{To} \times K_c \text{ (Equação 1)}$$

Onde:  $ET_c$  = Evapotranspiração da cultura;

$K_c$  = coeficiente da cultura.

Para o cálculo da lâmina de irrigação, para um turno de rega de 2 dias utilizou-se a seguinte expressão:

$$L = (ET_c \times 2) / 0,85 \text{ (Equação 2)}$$

Em que  $L$  é a lâmina de irrigação, em mm;  $ET_c$  é a evapotranspiração da cultura média, em mm; e  $f$  é a eficiência de aplicação (considerada igual a 0,85, valor do CUD), decimal; sendo considerado excelente ( $CUD > 84\%$ ) de acordo com Mantovani (2001); os dados agrônômicos e da irrigação são apresentados na Tabela 3.

**Tabela 3.** Dados agrônômicos e parâmetros de irrigação durante o ciclo de cultivo do algodoeiro, Apodi (RN), 2016 e 2017.

Variáveis	2016	2017
Data do Plantio	07/10/2016	11/08/2017
Densidade de plantio	12 – 13 plantas m <sup>2</sup>	12 – 13 plantas m <sup>2</sup>
Adubação de plantio	(100 kg de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ha <sup>-1</sup> ) <sup>1</sup>	100 kg de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ha <sup>-1</sup>
Início da fertirrigação	17/10/2017 (10 DAP <sup>2</sup> )	21/08/2017 (10 DAP)
Última irrigação	11/01/2017 (97 DAP)	21/11/2017 (103 DAP)
Lâmina de irrigação aplicada	709,7 mm	759,1 mm
Precipitação total	0,0 mm	0,0 mm
Data da colheita	27/01/2017	08/12/2017
Duração do ciclo de cultivo	113 DAP	120 DAP

<sup>1</sup> Nas subparcelas com esse tratamento tendo como fonte o Superfosfato Triplo

<sup>2</sup> DAP – Dias após o plantio

### 3.6 Tratos culturais

O controle das plantas invasoras (daninhas) foi realizado através do controle mecânico com enxada, sendo realizado duas capinas aos 15 e aos 25 dias após a germinação (DAG), a partir de então as plantas alcançaram um rápido crescimento e conseqüentemente um elevado índice de cobertura do solo, favorecido pelo arranjo de plantas que favoreceu a mais rápida ocupação da área aumentando as vantagens competitivas do algodoeiro, que inibiu o surgimento das plantas espontâneas.

Foi realizado a amostragem de pragas semanalmente, com a aplicação de produtos seletivos, nos casos em que a população alcançou o nível de controle; além do controle preventivo da mosca branca (*Bemisia tabaci*). Não houve incidência do bicudo-do-algodoeiro, (*Anthonomus grandis*) nos dois ciclos de cultivo. A praga que iniciou um ataque mais severo foi a mosca minadora (*Liriomyza spp.*) mesmo sem ser considerada praga de relevada importância para o algodão, mas devido as grandes áreas de melão nas proximidades do experimento, houve a migração e o ataque ao algodão, havendo a necessidade de controle.

### **3.7 Características avaliadas**

#### **3.7.1 Altura de plantas**

Para determinação de altura mediu-se três plantas do colo até o broto terminal em cada subparcela aos 27, 44, 64 e 78 dias após a germinação (DAG), durante o primeiro ciclo de cultivo e aos 14, 27, 43, 57, 71 e 85 dias após a germinação (DAG), no segundo ciclo, sendo que após a primeira leitura em cada ciclo identificou-se as três plantas, de modo que as medições sempre ocorressem nas mesmas plantas.

#### **3.7.2 Diâmetro do caule**

Para a determinação do diâmetro do caule, mediu-se o diâmetro no colo aos 27, 44, 64 e 78 dias após a germinação (DAG), durante o primeiro ciclo de cultivo, e aos 14, 27, 43, 57, 71 e 85 dias após a germinação (DAG), no segundo ciclo, sendo que após a primeira leitura em cada ciclo identificou-se as três plantas, de modo que as medições sempre ocorressem nas mesmas plantas.

#### **3.7.3 Área foliar**

Para a determinação da área foliar das plantas utilizou-se o método dos discos foliares, sendo realizado a partir de amostras de 50 discos retirados de diferentes porções da folha, com o auxílio de um vazador, ferramenta cilíndrica afiada e com área interna de 2,5434 cm<sup>2</sup> (Figura 5A, B e C), em seguida as amostras dos discos foliares de área conhecida, foram colocados em estufa ventilada a 65 °C, por 72 horas para a obtenção da matéria seca, utilizou-se procedimento semelhante para a secagem das folhas sem pecíolo as quais

foram retirados os discos foliares, cuja massa resultou do somatório das folhas com a dos discos foliares, obtendo-se a matéria seca total das folhas.



**Figura 5.** Detalhe da metodologia de obtenção dos discos foliares (A, B e C)

Sendo realizadas medidas aos 22, 36, 50, 64, 78 e 92 dias após a germinação (DAG), durante o primeiro ciclo de cultivo e aos 16, 28, 42, 56, 70 e 84 dias após a germinação (DAG), durante o segundo ciclo de cultivo.

A área foliar (AF) foi obtida pelo produto entre a área total dos discos e o peso seco total das folhas, dividido pelo dos discos (FERNANDES, 2002).

Assim determinou-se a área foliar de uma planta, em  $\text{cm}^2$ , pelas relações abaixo:

$$\text{ATD} = \text{AD} * \text{NTD} \text{ (Equação 3)}$$

$$\text{AF} = \text{FSF} * (\text{ATD}/\text{FSD}) \text{ (Equação 4)}$$

Onde: ATD = Área de todos os discos juntos em  $\text{cm}^2$

AD = Área de cada disco em  $\text{cm}^2$

NTD = Número total de discos em  $\text{cm}^2$

AF = Área foliar da planta em  $\text{cm}^2$

FSF = Fitomassa seca de todas as folhas em g

FSD = Fitomassa seca dos discos em g

Apesar do método dos discos foliares não ser afetado pelas diferentes formas das folhas, este pode sofrer variações em função da idade das folhas, mas para se evitar esse erro foram coletados anéis foliares proporcionalmente a área das folhas imaturas e das expandidas que era composta cada amostra, sendo a amostra composta pelo limbo de 1 a 6 plantas, dependendo da idade.

### 3.7.4 Índice de área foliar

O IAF é dado pela Equação 5 de acordo com FLOSS (2004).

$$\text{IAF} = \text{Área Foliar}/\text{Área do solo ocupada pela planta} \text{ (m}^2/\text{m}^2) \text{ (Equação 5)}$$

### 3.7.5 Biomassa seca da parte aérea

Para a determinação da biomassa da parte aérea coletou-se através de corte rente ao solo e retirada da parte aérea de uma a três plantas competitivas em cada subparcela dependendo da época de coleta (em linha e em sequência) aos 22, 36, 50, 64, 78 e 92 dias após a germinação (DAG), durante o primeiro ciclo de cultivo e aos 16, 28, 42, 56, 70 e 84 dias após a germinação (DAG), durante o segundo ciclo de cultivo, as quais foram escolhidas visando representar importantes eventos fisiológicos da cultura, bem como manter padronização temporal, posteriormente separou-se as folhas, caule e estruturas reprodutivas (botão floral, flores e maçãs) (Figura 6A, B e C).



**Figura 6.** Detalhe da separação das diferentes partes, folhas (A), talos (B) e estruturas reprodutivas (C)

Posteriormente as amostras foram acondicionadas em sacos de papel e identificadas, seguindo-se com a secagem em estufa de circulação de ar forçada à temperatura de 65 °C durante 72 horas, ou até que as mesmas atinjam peso constate, posteriormente foram pesadas em balança analítica com precisão de 0,0001 g. De posse desses dados mensurou-se a massa seca das folhas (MSF) (g), massa seca do caule (MSC), massa seca estruturas reprodutivas (MSER) (g) e a massa seca total da parte aérea (MSPA) (g).

### 3.7.6 Taxas de crescimento absoluto (TCA)

Taxa de crescimento absoluto TCA ou taxa de crescimento da cultura é a variação ou incremento de um parâmetro entre duas amostragens, em função ao tempo, no estudo calculou-se as seguintes taxas:

#### 3.7.6.1 Taxa de crescimento absoluto do caule

A taxa de crescimento absoluto expressa o crescimento da planta em altura dada pela Equação 6, (SILVA, 2000).

$$TCA_{\text{caule}} = (ALT_2 - ALT_1)/(t_2 - t_1) \text{ (cm dia}^{-1}\text{)} \text{ (Equação 6)}$$

Onde:  $TCA_{\text{caule}}$  = Taxa de crescimento absoluto do caule (cm.dia<sup>-1</sup>)

$ALT_1$  = Altura da planta relativo ao tempo  $t_1$  (cm)

$ALT_2$  = Altura da planta relativo ao tempo  $t_2$  (cm)

$t_2 - t_1$  = Intervalo de tempo entre duas leituras consecutivas (dias)

Realizou os cálculos utilizando-se a média dos dados das três plantas as quais mediu-se a altura em cada subparcela aos 27, 44, 64 e 78 dias após a germinação (DAG), durante o primeiro ciclo de cultivo e aos 14, 27, 43, 57, 71 e 85 dias após a germinação (DAG).

### 3.7.6.2 Taxa de crescimento absoluto da biomassa total

A taxa de crescimento absoluto para a fitomassa seca total da parte aérea ( $TCA_{\text{BT}}$ ) foi determinada de acordo com a equação sugerida por FERNANDES (2002):

$$TCA_{\text{FS}} = (FSPA_2 - FSPA_1)/(t_2 - t_1) \text{ (Equação 7)}$$

Onde:  $TCA_{\text{FSPA}}$  = Taxa de crescimento absoluto em FSPA (g.dia<sup>-1</sup>)

$FSPA_1$  = Fitomassa seca da parte aérea relativa ao tempo  $t_1$  (g)

$FSPA_2$  = Fitomassa seca da parte aérea relativa ao tempo  $t_2$  (g)

$t_2 - t_1$  = Intervalo de tempo entre duas leituras consecutivas (dias)

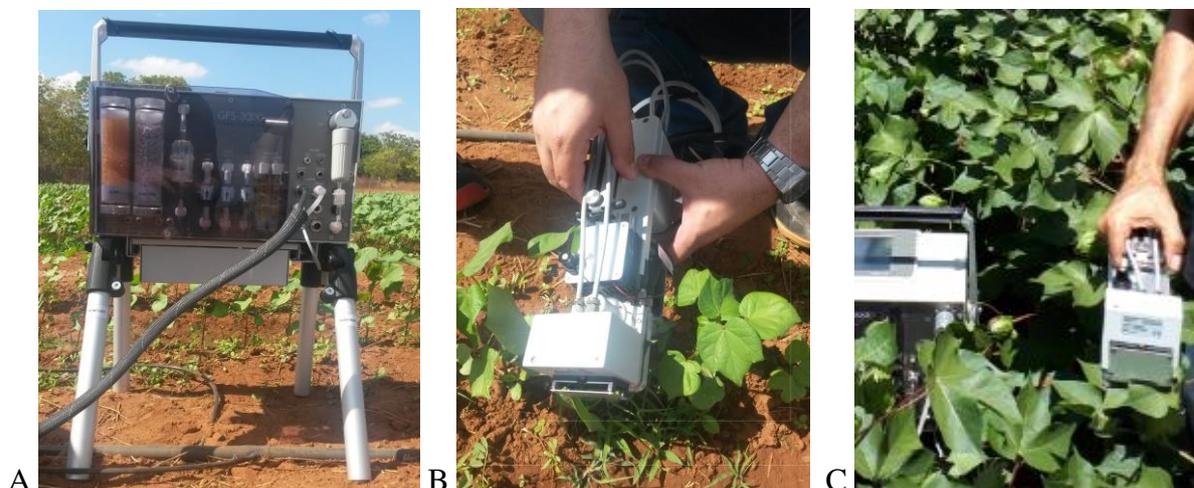
Realizou os cálculos utilizando-se a média dos dados das três plantas as quais mediu-se a biomassa seca em cada subparcela aos 22, 36, 50, 64, 78 e 92 dias após a germinação (DAG), durante o primeiro ciclo de cultivo e aos 16, 28, 42, 56, 70 e 84 dias após a germinação (DAG).

### 3.7.7 Trocas gasosas

Para as avaliações das trocas gasosas utilizou-se um analisador de gás no infravermelho (IRGA), modelo GFS-3000FL (Fabricado pela Walz, Alemanha), sendo as leituras de trocas gasosas realizadas na primeira folha totalmente expandida contada a partir da base do primeiro ramo com botão floral (Figura 7A, B e C).

Mensurou-se as trocas gasosas aos 22, 36, 50, 64, 78 e 92 dias após a germinação (DAG), durante o primeiro ciclo de cultivo e aos 28, 42, 56, 70 e 84 dias após a germinação (DAG), durante o segundo ciclo de cultivo, as quais escolheu-se visando representar

importantes eventos fisiológicos da cultura, bem como manter padronização temporal; realizou-se leituras da taxa de assimilação de  $\text{CO}_2$  ( $A$ ) ( $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ), transpiração ( $E$ ) ( $\text{mmol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ), condutância estomática ( $g_s$ ) ( $\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) e concentração interna de  $\text{CO}_2$  ( $C_i$ ) ( $\mu\text{mol mol}^{-1}$ ) (AMARAL; RENA; AMARAL, 2006).



**Figura 7.** Detalhe do analisador de gás no infravermelho (IRGA) (A) e da leitura das trocas gasosas (B e C)

De posse desses dados, estimou-se a eficiência instantânea no uso da água ( $E_iUA$ ) ( $A/E$ ) [ $(\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}) (\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1})^{-1}$ ] e a eficiência instantânea da carboxilação ( $E_iC$ ) ( $A/C_i$ ) [ $(\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}) (\mu\text{mol mol}^{-1})^{-1}$ ], de acordo com a metodologia descrita em AMARAL; RENA; AMARAL (2006) e CARNEIRO (2011).

### 3.7.8 Estado nutricional das plantas

Para a diagnose foliar coletou-se a 5ª folha totalmente expandida a partir da ponta da haste principal da planta, na época de florescimento plena, aos 70 DAG de acordo com metodologia proposta por (Malavolta et al. 1997). Sendo 30 folhas em cada subparcela com o mesmo tratamento e embaladas em saco de papel e etiquetados, seguindo-se com a secagem em estufa de circulação forçada a  $65^\circ\text{C}$ , até adquirir o peso constante e em seguida triturou-se em moinho de aço do tipo Willey, com posterior armazenamento em saquinhos de plástico etiquetados de onde seguiu para a análise.

No laboratório o material passou por Digestão via úmida ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ , 98% p.a. +  $\text{H}_2\text{O}_2$ , 98% p.a.) em sistema aberto, colocando-se 0,4 g da amostra seca em tubo digestor e adicionando 4 ml de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  + 2 ml de  $\text{H}_2\text{O}_2$  + mistura de sais ( $\text{K}_2\text{SO}_4$  +  $\text{CuSO}_4$ , 10:1), usando bloco digestor como fonte de calor (aquecendo-se até alcançar  $350^\circ\text{C}$  e mantendo a  $350^\circ\text{C}$  por duas horas

(até a obtenção de um líquido viscoso esverdeado), que foi esfriado filtrado, completando-se o volume até 50 ml (extrato).

O extrato produzido na digestão ( $H_2SO_4 + H_2O_2$ ) foi armazenado em coletores para serem utilizados na para a determinação das concentrações foliares totais de nitrogênio (N) pelo método de kjeldahl, que consiste na destilação o  $NH_4^+$  produzido na digestão em meio fortemente alcalino,  $NH_4^+$  condensado é coletado na solução de  $H_3BO_3$  e titulado com a solução de HCl (0,01 M) (SILVA, 2009).

Realizou-se a digestão seca para a obtenção do extrato utilizado na leitura das concentrações foliares totais de fósforo (P), que foi determinado por espectrometria de absorção molecular pelo método do azul de molibdênio (660 nm); potássio (K), por fotometria de chama; cálcio (Ca), magnésio (Mg), manganês (Mn), Ferro (Fe), zinco (Zn) e Cobre (Cu), determinados por espectrometria de absorção atômica; determinou-se as concentrações de Boro (B) por espectrofotometria de absorção molecular (420 nm), utilizando-se a azometina-H como reagente, de acordo com os procedimentos de descritos em (SILVA, 2009).

Para interpretação da análise foliar, empregou-se a concentração de nutrientes considerados adequados para o algodoeiro, descritos por Malavolta et al. (1997); que estabelece a frequência dos nutrientes N, P, K, Ca, Mg, B, Cu, Fe, Mn e Zn, obtida pela análise foliar e os classifica em baixo, adequado e acima.

### **3.7.9 Acúmulo de nutrientes na planta**

Para a determinação do acúmulo de nutrientes as plantas coletadas e secas com o objetivo de se determinar o acúmulo de biomassa seca da parte aérea em cada subparcela no final do ciclo de cultivo foram trituradas em moinho de aço do tipo Willey e armazenamento em saquinhos de plástico etiquetados de onde retirou-se amostras para a determinação do acúmulo de nutrientes nas diferentes partes das plantas, através da multiplicação da concentração dos elementos com o peso seco das estruturas avaliadas; de posse desse dado somava-se para a obtenção do total acumulado por planta.

Escolheu-se as últimas coletas em cada ciclo, assim 92 dias após a germinação (DAG) no primeiro ciclo de cultivo e aos 84 dias após a germinação (DAG) no segundo ciclo de cultivo, para representar a fase final de desenvolvimento da cultura.

No laboratório o material passou por Digestão via úmida em sistema aberto usando bloco digestor como fonte de calor e a mistura de  $H_2SO_4 + H_2O_2$  para digerir a matéria seca,

para a obtenção de um extrato (Silva, 2009), que foi armazenado em coletores para serem utilizados na para a determinação das concentrações foliares totais de nitrogênio (N) pelo método de kjeldahl (TEDESCO et al., 1995).

Realizou-se a digestão seca para a obtenção do extrato utilizado na leitura das concentrações foliares totais de fósforo (P), que foi determinado por espectrometria de absorção molecular pelo método do azul de molibdênio (660 nm); potássio (K), por fotometria de chama; cálcio (Ca), magnésio (Mg), manganês (Mn), Ferro (Fe), zinco (Zn) e Cobre (Cu), determinados por espectrometria de absorção atômica, de acordo com os procedimentos de descritos em (SILVA, 2009).

#### **3.7.10 Extração de nutrientes por hectare**

Para a obtenção do total extraído de cada nutriente por hectare multiplicou-se das quantidades acumuladas por planta pela densidade de plantio obtendo-se assim o acumulado por área.

#### **3.7.11 Peso do capulho e porcentagem de fibras**

Para a avaliação da peso do capulho e porcentagem de fibras, em cada ciclo de cultivo colheu-se 20 capulhos do terço médio das plantas em cada unidade experimental, estas foram identificadas e pesadas para se determinar o peso do capulho, e em seguida estas foram encaminhadas ao Laboratório de Análise de Fibra e Fios do Centro Nacional de Pesquisa do Algodão (CNPA) - Embrapa Algodão, para a determinação da porcentagem de fibras.

#### **3.7.12 Produtividade em caroço e fibras**

Para a avaliação da produção do algodão em caroço em cada ciclo de cultivo colheu-se após a abertura de 100% dos capulhos e pesou-se a produção em 8 metros lineares na linha de plantio em cada subparcela de posse desses dados fez-se a extrapolação dos valores para a obtenção da produtividade em caroço por hectare e de posse desse, considerando-se a porcentagem de fibras calculou-se a produtividades de fibras.

#### **3.7.13 Características tecnológicas da fibra**

A avaliação das características tecnológicas da fibra foi realizada no Laboratório de Análise de Fibra do Centro Nacional de Pesquisa do Algodão (CNPA) - Embrapa Algodão, na mesma amostra composta por 20 capulhos do terço médio das plantas; onde avaliou-se: a percentagem de fibras; UHM- Comprimento (mm); UNF - Uniformidade (%); SFI - Índice de fibras curtas (%); STR - Resistência (g/tex); ELG - Alongamento à ruptura (%); MIC - Índice micronaire; MAT- Maturidade; Rd - Reflectância (%); +b – Grau de Amarelo; CSP - Índice de fiabilidade.

### 3.7.14 Fertilidade do solo

Para a avaliação da variação nas características químicas do solo, coletou-se antes do primeiro plantio e no final de cada ciclo após a colheita uma amostra de em cada subparcela experimental na profundidade de 0,00-0,20 m; sendo estas embaladas e devidamente rotuladas e encaminhadas ao laboratório, onde foram secas ao ar e peneiradas em peneira de 2 milímetros, para então ser analisadas no Laboratório de Análise de Solo Água e Plantas da Universidade Federal Rural do Semiárido (LASAP/UFERSA).

Analisou-se as seguintes propriedades químicas do solo: pH, condutividade elétrica ( $CE_{1:2,5}$ ), nitrogênio (N), fósforo assimilável (P), bases trocáveis ( $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $K^+$  e  $Na^+$ ), acidez potencial ( $H^+ + Al^{3+}$ ) e micronutrientes (Cu, Mn, Fe e Zn); de posse desses resultados foi determinada soma de bases (SB), pela fórmula  $SB = (Ca^{+2} + Mg^{+2} + K^+ + Na^+)$ ; a Capacidade de troca catiônica do solo (CTC) que foi calculada usando a fórmula  $CTC\ Total = SB + (H^+ + Al^{3+})$ ; a CTC efetiva =  $t = SB + Al^{3+}$ , expressos em ( $cmol_c\ dm^{-3}$ ); a percentagem de saturação por bases (Valor V), através da fórmula  $V = SB/CTCTotal * 100$ , percentagem de saturação por sódio (PST), através da fórmula  $PST = ((Na^{2+} / (CTC)) * 100$  e expressos em %.

A matéria orgânica (MO) pela equação  $MO = Carbono\ Orgânico\ (CO) \times 1,724$ , sendo o CO determinado através da oxidação da matéria orgânica com dicromato de potássio e titulação do excesso de dicromato com solução de sulfato ferroso amoniacal, usando difenilamina como indicador, catalisador e expresso em (g/kg).

O Nitrogênio determinou-se pelo método Kjeldahl (oxidação úmida) que consistiu na digestão da amostra para converter N orgânico a íon amônio ( $N-NH_4^+$ ) e, posteriormente, em amônia), seguida de destilação da amônia arrastada com o  $H_3BO_3$ , na presença de indicador ácido-base; a determinação de N nas formas de amônio e nitrato se dá indiretamente por titulação com solução padrão ácida ( $H_2SO_4\ 0,005\ M$ ) e expresso em g/kg.

Os teores de fósforo (P), sódio ( $\text{Na}^+$ ) e potássio ( $\text{K}^+$ ) se determinou a partir da extração dos elementos com Mehlich-1 ( $\text{HCl}$   $0,05 \text{ mol L}^{-1}$  +  $\text{H}_2\text{SO}_4$   $0,0125 \text{ mol L}^{-1}$ ); utilizando-se  $10 \text{ cm}^3$  de solo para  $100 \text{ ml}$  da solução extratora e  $5 \text{ min}$  de agitação da mistura, seguidos de decantação durante uma noite; sendo o P determinado em fotocolorímetro na presença do ácido ascórbico como catalisador e expresso em ( $\text{mg dm}^{-3}$ ); enquanto o  $\text{Na}^+$  e  $\text{K}^+$  foram determinados por fotometria de emissão de chama, expressos em ( $\text{cmolc dm}^{-3}$ ).

Os teores de cálcio ( $\text{Ca}^{+2}$ ), magnésio ( $\text{Mg}^{+2}$ ) e alumínio ( $\text{Al}^{3+}$ ) trocáveis foram extraídos das amostras de solo a partir da adição da solução de cloreto de potássio ( $\text{KCl}$ )  $1 \text{ mol L}^{-1}$ ; utilizando-se  $10 \text{ cm}^3$  de solo para  $100 \text{ ml}$  da solução extratora e  $5 \text{ min}$  de agitação da mistura, seguidos de decantação durante uma noite; sendo cálcio e magnésio titulados com  $\text{EDTA}$   $0,0125 \text{ mol L}^{-1}$  na presença dos indicadores calcon para o  $\text{Ca}^{+2}$  e o negro de eriocromo para o ( $\text{Ca}^{+2} + \text{Mg}^{+2}$ ) e o  $\text{Mg}^{+2}$  determinado pela diferença, expressos em ( $\text{cmolc dm}^{-3}$ ); o ( $\text{Al}^{3+}$ ) titulado com solução de  $\text{NaOH}$  diluído ( $0,025 \text{ mol L}^{-1}$ ), usando o indicador azul de bromotimol.

A acidez potencial ( $\text{H}^+ + \text{Al}^{+3}$ ) pelo acetato de cálcio; utilizando-se  $5 \text{ cm}^3$  de solo para  $75 \text{ ml}$  da solução de acetato de cálcio ( $0,5 \text{ mol.L}^{-1}$  a  $\text{pH}$   $7,1-7,2$ ) e  $5 \text{ min}$  de agitação da mistura, seguidos de decantação durante uma noite e determinado volumetricamente com solução de  $\text{NaOH}$  ( $0,025 \text{ mol L}^{-1}$ ) em presença de fenolftaleína como indicador e expresso em ( $\text{cmolc dm}^{-3}$ ).

Os micronutrientes Cu, Fe, Mn e Zn extraído utilizando Mehlich-1 ( $\text{HCl}$   $0,05 \text{ mol L}^{-1}$  e  $\text{H}_2\text{SO}_4$   $0,0125 \text{ mol L}^{-1}$ ) e determinados em espectrofotômetro de absorção atômica (EAA) e expressos em  $\text{mg.dcm}^{-3}$ . Todos os métodos utilizados nas análises estão descritos em (EMBRAPA, 2011).

### **3.8 Análise dos dados**

Os resultados das avaliações foram submetidos à análise de variância pelo teste F e as diferenças entre médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro, através do programa estatístico SISVAR versão 5.3 (FERREIRA, 2011).

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Qualidade do efluente utilizado

A Tabela 4 apresenta os valores médios e os desvios padrão (Dp) dos resultados das análises das características físico-químicas e biológicas das amostras de esgoto doméstico, da estação de tratamento de esgoto (ETE) do Projeto de Assentamento Milagres, Apodi/RN, coletadas durante monitoramento mensal da qualidade da água realizado durante a condução

**Tabela 4.** Características físico-químicas e biológicas da água residuária doméstica (AR) e da água de poço (AP), utilizadas no experimento

Características	ARD*	Dp	AP	Dp
pH (Água)	7,40	±0,43	6,84	±0,17
CE (ds/m)	1,09	±0,15	0,09	±0,01
K <sup>+</sup> (mg/L)	27,37	±0,10	9,38	±0,07
Na <sup>+</sup> (mg/L)	74,95	±0,54	3,91	±0,01
Ca <sup>2+</sup> (mg/L)	18,44	±0,09	11,14	±0,36
Mg <sup>2+</sup> (mg/L)	23,33	±1,11	8,14	±0,36
Cl <sup>-</sup> (mg/L)	125,85	±1,21	31,55	±0,06
CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> (mmolc/L)	0,00	±0,00	0,00	±0,00
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mmolc/L)	6,70	±1,00	0,48	±0,03
RAS (mg/L)	2,80	±0,48	0,21	±0,10
P <sup>+</sup> (mg/L)	7,82	± 0,95	0,57	±0,12
N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg/L)	29,91	±9,29	0,56	±0,98
N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/L)	14,58	±18,73	0,02	±0,03
Sólidos Suspensos (mg/L)	33,00	±11,00	0,00	±0,00
Sólidos dissolvidos (mg/L)	389,00	±39,00	53,00	±3,00
TOG (mg/L)	18,1	±3,32	-	-
DBO (mg/L)	18,75	±10,90	-	-
DQO (mg/L)	94,00	±10,80	-	-
Coliformes totais (NMP/100mL)	1100,00	±169,71	0,00	±0,00
Coliformes termotolerantes (NMP/100mL)	290,00	±44,74	0,00	±0,00
Cu (mg/L)	0,08	±0,005	0,02	±0,01
Mn (mg/L)	0,08	±0,009	0,06	±0,01
Fe (mg/L)	0,24	±0,018	0,23	±0,03
Zn (mg/L)	0,05	±0,041	0,15	±0,04
Cr (mg/L)	0,00	±0,00	0,00	±0,00
Ni (mg/L)	0,00	±0,00	0,00	±0,00
Cd (mg/L)	0,00	±0,00	0,00	±0,00
Pb (mg/L)	0,00	±0,00	0,00	±0,00

\*Valores Médios e Desvio padrão (Dp)

O pH encontrado nas análises do efluente da ETE foi de 7,40 (tabela 4), segundo Von sperling (1996), para este tipo de estrutura (ETE) o pH deve se manter entre 6,7 e 7,5, estes resultados próximos ao limite superior se deve a qualidade da água utilizada como afluente, segundo o mesmo autor, pH abaixo de 8,0 ha predominância de 100% do íon amônio (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>), provenientes de cátions de nitrogênio amoniacal oriundos da degradação de proteínas composta na matéria orgânica e do sódio originado da degradação de sabão utilizado para a limpeza diária que tendem a aumentar ainda mais o pH do efluente.

Esse valor de pH atende aos parâmetros da Agência Nacional de Águas - ANA para uso na irrigação que é de 6,0-9,0; e estão dentro da faixa normal para as águas utilizadas na irrigação ( $6,5 < \text{pH} < 8,4$ ) de acordo com os parâmetros de qualidade recomendadas (Ayers & Westcot, 1999), assim como a Resolução do Conselho Estadual do Meio Ambiente do Estado do Ceará – COEMA/CE, que estabelece que o reúso externo de efluentes sanitários para fins agrícolas e florestais, pH entre 6,0 e 8,5 (COEMA, 2017); assim podemos ressaltar que o pH está dentro da faixa considerada normal para irrigação e não provocará problemas decorrentes da continuidade do uso, o que poderia criar desequilíbrios na nutrição das plantas; quanto a influência do pH no surgimento de problemas de obstruções em sistemas de irrigação localizada apresenta-se dentro da faixa de restrição moderada de acordo com Nakayama, (1982) que é de 7,0 – 8,0 e atente ao padrão da Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA que estabelece limites para lançamento de esgotos domésticos tratados em corpos hídricos (BRASIL, 2011).

A condutividade elétrica (CE) do efluente utilizada no experimento foi de  $1,09 \text{ dS m}^{-1}$  (tabela 4), que possui grau de restrição ligeira a moderada conforme Ayeres & Westcot (1999), e pode ser usada pois atende aos parâmetros estabelecidos pelo COEMA (2017), que estabelece o limite de  $3 \text{ dS m}^{-1}$  para reúso com fins agrícolas e florestais.

A média do teor de potássio ( $\text{K}^+$ )  $0,70 \text{ mmol}_c \text{ L}^{-1}$  ( $27,37 \text{ mg L}^{-1}$ ) (tabela 4), está muito acima da faixa de  $0-2 \text{ mg L}^{-1}$ , considerada normal para irrigação de acordo com Almeida (2010), mas se torna benéfico aplicado via fertirrigação devido a grande exigência do algodoeiro; já os teores  $3,26 \text{ mmol}_c \text{ L}^{-1}$ ,  $0,92 \text{ mmol}_c \text{ L}^{-1}$  e  $1,92 \text{ mmol}_c \text{ L}^{-1}$ , respectivamente para os cátions sódio ( $\text{Na}^+$ ), cálcio ( $\text{Ca}^{+2}$ ), magnésio ( $\text{Mg}^{+2}$ ), estão dentro dos padrões estabelecidos para água de irrigação que são; assim como os ânions cloreto ( $\text{Cl}^-$ ), carbonato ( $\text{CO}_3^-$ ) e bicarbonato ( $\text{HCO}_3^-$ ) que apresentam  $3,55 \text{ mmol}_c \text{ L}^{-1}$ ,  $0,00 \text{ mmol}_c \text{ L}^{-1}$  e  $6,70 \text{ mmol}_c \text{ L}^{-1}$  e se enquadram dentro das faixas consideradas normais para irrigação (AYERES & WESTCOT, 1999).

A razão de adsorção de sódio (RAS) (tabela 4) apresenta-se igual a  $2,80 \text{ mmol}_c \text{ L}^{-1}$  e está abaixo do parâmetro máximo estabelecido para uso agrícola pelo COEMA (2017), e se encontra dentro da faixa considerada normal para água de irrigação; mesmo quando se avalia quanto ao risco de sodicidade com base na RAS corrigida ( $\text{RAS}^0$ ), calculado com base no teor de cálcio corrigido ( $\text{Ca}^0$ ) pela relação  $\text{HCO}_3^-/\text{Ca}$ , chega-se a uma  $\text{RAS}^0$  ( $2,95 \text{ mmol}_c \text{ L}^{-1}$ ) que analisada conjuntamente com a CE ( $1,09 \text{ ds m}^{-1}$ ), chega-se a uma classe (S1) e sem risco de sodicidade de acordo com (Ayers & Westcot, 1999), risco de salinidade e sodicidade

consistem em limites para o uso continuado de águas residuárias na irrigação (BARROSO & WOLFF, 2011)

A água de esgoto apresentou concentração média de fósforo (P) de 7,82 mg L<sup>-1</sup> (tabela 4), mantendo-se próximo ao limite inferior típico, que segundo Von Sperling (1996) que é de 5 mg L<sup>-1</sup>, tendo como limite máximo o valor de 25 mg L<sup>-1</sup>; já para Almeida (2010) e Ayers & Westcot (1999), que estabelece faixa recomendável de 0-2 mg L<sup>-1</sup>, se encontra bem acima; esse valor elevado se deve as várias fontes de (P) presente nos esgotos domésticos que são: resíduos humanos, detergentes domésticos e produtos de limpeza doméstica (Jenkins & Hermanowicz, 1991), mas que podem ser benéficas para a nutrição das plantas, quando o (P) se apresenta em níveis abaixo dos recomendados no solo.

O efluente apresentou 44,49 mg L<sup>-1</sup> de nitrogênio total (N) (tabela 4), e verifica-se, de acordo com os dados apresentados na mesma tabela, que os valores médios de nitrato (14,58 mg L<sup>-1</sup>) na água foram menores que os valores de nitrogênio amoniacal (29,91 mg L<sup>-1</sup>), valores menores de nitrato na água residuária também foram constatados por Duarte et al. (2008); verifica-se no efluente utilizado no experimento o N total está acima da faixa de (1 - 30 mg L<sup>-1</sup>) desejada para águas de reuso de acordo com Fatta & Kytheretou (2005), mas encontra-se dentro da faixa típica citada por Von Sperling (1996) que afirma ser esse valor entre 40 e 80 mg L<sup>-1</sup>; já Pescod & Arar (1992) afirmam que esgotos domésticos possuem, em geral concentrações de N na faixa de 50 mg L<sup>-1</sup>. Esse valor pode ser devido à concentração de proteínas contidas na matéria orgânica do efluente doméstico, cuja concentração depende da fonte de proteínas, ou seja, da dieta das famílias. No entanto está acima das faixas de 0 -10 e 0 - 5 mg L<sup>-1</sup>, respectivamente para Nitrato e Amônio considerados normais nas águas de irrigação em geral (ALMEIDA, 2010); AMORIM et al., 2008 e AYERES & WESTCOT, 1999).

Há de se considerar que mesmo que o efluente tenha apresentado teores de amônio e nitrato acima do recomendável não significa que venha prejudicar as condições do solo ou das plantas, pelo contrário, a aplicação da água de irrigação rica em nutrientes nas quantidades adequadas, serve para adubar a cultura com esses elementos através da fertirrigação, desde que não apresente desequilíbrio nutricional.

Os sólidos em suspensão e os sólidos solúveis apresentaram teores de 33 mg L<sup>-1</sup> e 389 mg L<sup>-1</sup>, a quantidade de sólidos dissolvidos totais (SDT) de 422 mg L<sup>-1</sup> (tabela 4), está dentro dos parâmetros (450 < SDT mg L<sup>-1</sup> > 1500) classe 3 para uso na irrigação de jardins e áreas verdes (ANA, 2005) e segundo Nakayama, (1982) não oferece nenhum risco de entupimento do sistema de irrigação.

A média do teor de óleos e graxas (TOG) de 18,1 mg L<sup>-1</sup> (tabela 4), está dentro dos padrões estabelecidos de 50 mg L<sup>-1</sup> pela norma NBR 13969, para o lançamento de efluentes nos corpos hídricos (ABNT, 1997), assim como atende ao padrão estabelecido pelo COEMA/CE (COEMA, 2017) e CONAMA (BRASIL, 2011) para lançamento de efluentes sanitários diretamente no corpo hídrico que tem como limite máximo 100 mg L<sup>-1</sup>.

A demanda bioquímica de oxigênio (DBO) no esgoto tratado é de 18,75 mg L<sup>-1</sup> e a demanda química de oxigênio (DQO) do esgoto tratado é de 94,00 mg L<sup>-1</sup> (tabela 4), e encontra-se dentro da faixa desejada para águas de reuso (<10 – 45) mg L<sup>-1</sup> e de (<20 – 90) mg L<sup>-1</sup>, respectivamente para DBO e DQO de acordo com Fatta & Kythretou (2003); o valor da DBO do esgoto tratado está muito abaixo dos 120 mg L<sup>-1</sup> estabelecido pela Resolução do COEMA para lançamento de efluentes sanitários diretamente no corpo no corpo hídrico (COEMA, 2017), e está dentro dos padrões estabelecidos de 60 e 150 mg L<sup>-1</sup>, respectivamente para DBO e DQO pela norma NBR 1396 para o lançamento de efluentes nos corpos hídricos (ABNT, 1997); e muito abaixo do limite máximo permitido para lançamento de efluentes sanitários exigido pelo CONAMA que é de 120 mg L<sup>-1</sup> (BRASIL, 2011).

A média do teor de coliformes termotolerantes no esgoto doméstico tratado é de 290/100mL (tabela 4), atende ao parâmetro estabelecido pelo COEMA (1000/100mL) para irrigação de todas as culturas, exceto as que as partes a serem consumidas cruas tenham contato direto com a água de irrigação, assim como para o parâmetro para lançamento no corpo hídrico que é de 5000/100mL (COEMA, 2017). O nível médio populacional de coliformes totais de 1100/100mL foi inferior ao limite de 5000/100mL, sendo assim permitido o uso em pomares, forragens, pastagens para gado e outros cultivos através e de escoamento superficial ou por sistema de irrigação pontual, desde que as aplicações sejam interrompidas 10 dias antes da colheita (ABNT, 1997) e está muito abaixo do limite de 10.000 UFC por mL que classifica o risco de obstrução de gotejadores como baixo (NAKAYAMA et al., 2006).

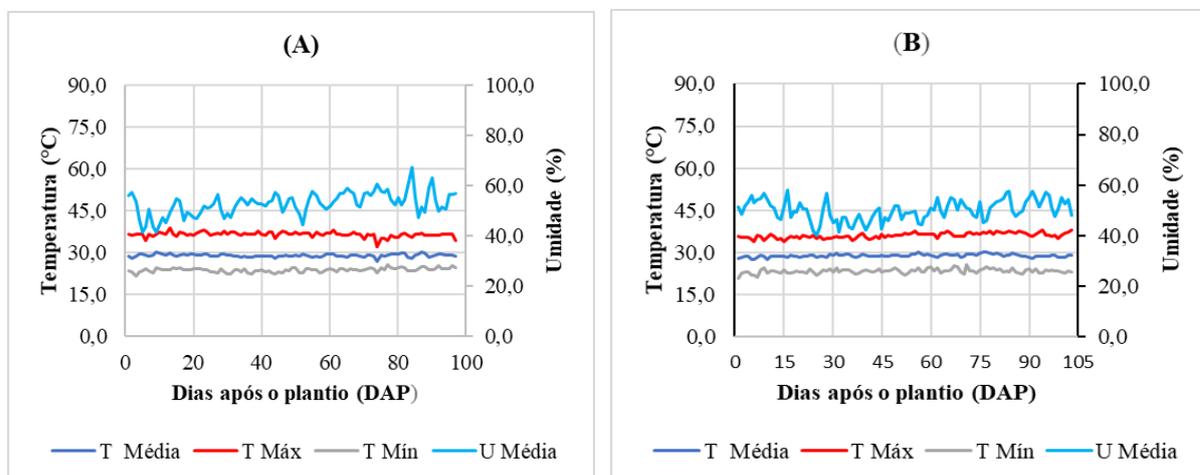
De acordo com o apresentado (tabela 4), os micronutrientes apresentam-se com teores de 0,08; 0,08; 0,24 e 0,05 mg L<sup>-1</sup>, respectivamente para cobre (Cu), manganês (Mn), ferro (Fe) e zinco (Zn), concentrações bem abaixo das máximas recomendáveis para a água de irrigação que são de 0,20; 0,20; 5,00; e 2,0 mg L<sup>-1</sup>, respectivamente para Cu, Mn, Fe e Zn de acordo com Ayers & Westcot (1999) as concentrações máximas recomendáveis para a água de irrigação de até 0,2; 0,20; 5,00; e 2,0 mg L<sup>-1</sup>, respectivamente para Cu, Mn, Fe e Zn; quanto ao surgimento de problemas de obstruções em sistemas de irrigação localizada, apenas o ferro (Fe) apresenta-se dentro da faixa de restrição moderada (0,1 -1,5 mg L<sup>-1</sup>) que

de acordo com Nakayama (1982), todos se enquadram nos limites estabelecidos pelo CONAMA para lançamento de efluentes nos corpos hídricos que é de 01,0; 1,0; 15,00; e 5,0 mg L<sup>-1</sup>, respectivamente para Cu, Mn, Fe e Zn (BRASIL, 2011).; os metais pesados cromo (Cr), níquel (Ni), cádmio (Cd) e chumbo (Pb) não foram encontrados nas amostras de nenhuma das águas utilizadas no experimento.

A água de abastecimento (tabela 4) se enquadra em todos os parâmetros de qualidade para a irrigação, exceto o teor de potássio (K<sup>+</sup>) 0,24 mmolc L<sup>-1</sup> (9,38 mg L<sup>-1</sup>) muito acima da faixa de 0-2 mg L<sup>-1</sup>, considerada normal para irrigação de acordo com Almeida (2010), mas se torna benéfico aplicado via fertirrigação devido a grande exigência do algodoeiro, já o cálcio (Ca<sup>+2</sup>), que apresenta 0,55 mmolc L<sup>-1</sup> (11,02 mg L<sup>-1</sup>), mas dentro do que se considera normal para uso na irrigação.

## 4.2 Variáveis meteorológicas e lâmina aplicada

Durante o período experimental altas temperaturas foram observadas (Figura 8), com registro de mínima 20,8°C e máxima de 38,9°C, para os dois ciclos de cultivo. A temperatura média variou de 27,0°C a 30,4°C e de 27,4°C a 30,3°C, no primeiro e segundo ciclos de cultivo, respectivamente.

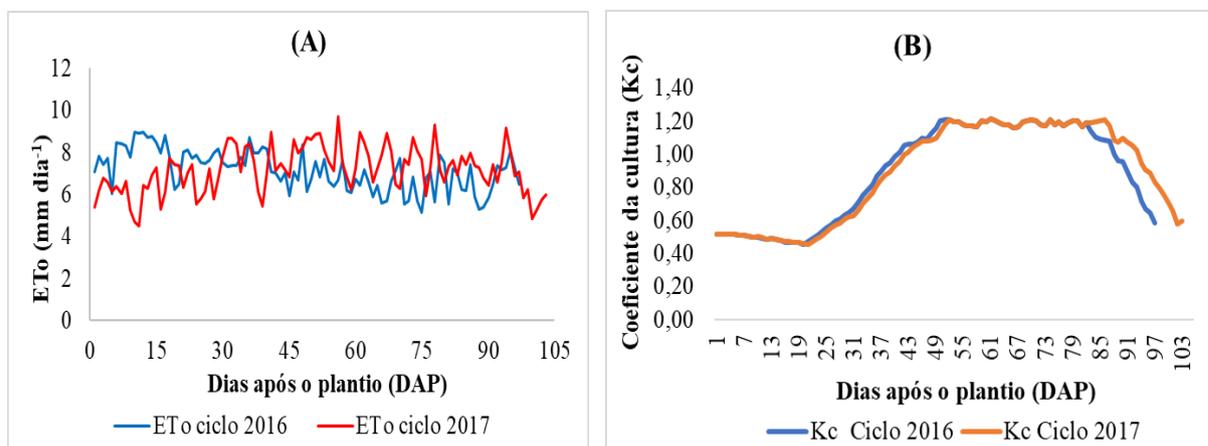


**Figura 8.** Variação das temperaturas média, máxima e mínima e umidade relativa média do ar durante o período de 07 de outubro de 2016 a 11 de janeiro de 2017 (A) e de 11 de agosto de 2017 a 21 de novembro de 2017 (B)

A temperatura média nos dois ciclos de cultivos está dentro da faixa considerada ótima para o desenvolvimento da cultura que de acordo com Souza et al. (2008), está entre 25°C e 30°C para a germinação e na fase de crescimento vegetativo, a faixa ideal está entre 27°C e 32°C. Ainda de acordo com estes autores, temperaturas noturnas superiores a 25°C atrasam o

florescimento, enquanto temperatura noturna baixa (20°C) combinada com temperatura diurna de 25°C estimula o florescimento. Porém, em temperaturas acima de 38 °C, ocorre elevada queda dos botões florais e de frutos jovens de até cinco dias de idade (*shedding*), o que reduz substancialmente a capacidade produtiva das plantas (Beltão, 2006). A umidade relativa média (Figura 8) variou de 41,5 a 67,6 e de 39,9 a 58,1 no primeiro e segundo ciclo, respectivamente; o que está em grande parte dentro dos padrões exigidos pelo algodoeiro herbáceo que segundo Beltão (2006) prefere locais com umidade do ar abaixo de 65%.

A evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>) estimada conforme equação de Penman-Monteith parametrizada pela FAO (Allen et al., 2006), utilizando dados da estação climatológica pertencente ao Instituto Nacional de Meteorologia - INMET (Apodi/RN) e do coeficiente da cultura de acordo com o Manual FAO 56 (Allen et al., 2006) (pela equação ET<sub>c</sub> = ET<sub>o</sub> x K<sub>c</sub>), variou de 5,13 a 8,95 mm.dia<sup>-1</sup> e de 4,52 a 9,69 mm.dia<sup>-1</sup>, para o primeiro e segundo ciclo de cultivo, respectivamente (Figura 9A), com média de 7,16 mm.dia<sup>-1</sup> para ambos os ciclos, o que é considerada elevada, mas dentro da normalidade para uma região semiárida, localizada nos trópicos e com baixos índices de cobertura de nuvens nas respectivas épocas do estudo; o coeficiente de cultivo (K<sub>c</sub>) variou de 0,52 e seguiu crescente, sendo que aos 52 dias após a germinação (DAG) alcançou um valor de 1,21 e partir daí permanecendo com pouca variação até os 87 DAP, de onde iniciou uma redução até o final do ciclo (Figura 9B).



**Figura 9.** Variação da evapotranspiração (ET<sub>o</sub>) (A) e coeficiente de cultivo do algodoeiro herbáceo (BRS 335) (B), durante o período de 07 de outubro de 2016 a 11 de janeiro de 2017 (ciclo 2016) e de 11 de agosto de 2017 a 21 de novembro de 2017 (B)

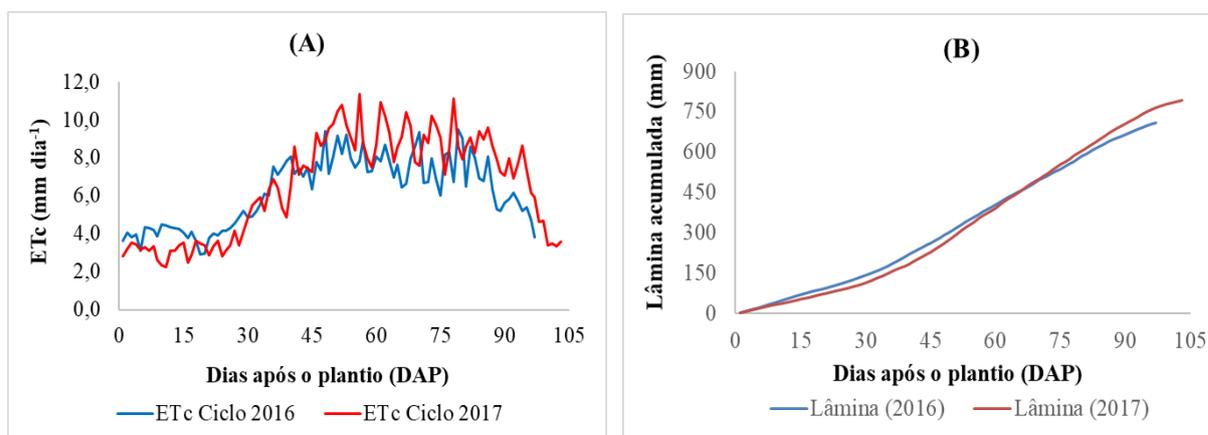
Analisando-se os dados meteorológicos, percebe-se uma tendência uniforme durante os dois ciclos de cultivo, o que caracteriza um clima bem definido, isso favorece o planejamento

dos plantios comerciais, sobretudo quando se faz uso de tecnologias como irrigação e fertirrigação.

O ciclo fenológico do algodoeiro BRS 335 foi completado com 113 dias em 2016 e de 120 dias em 2017, sendo o corte da irrigação realizado aos 97 e aos 103 DAG, respectivamente no ciclo 2016 e 2017; tendo um consumo hídrico total 603,2 mm, no primeiro ciclo de cultivo (2016) e de 673,7 mm no segundo ciclo (2017) (Figura 10A); o que está numa faixa próximo a 746,3 mm constatado por Bezerra et al., (2011) trabalhando com algodoeiro BRS 187 – 8H no geoambiente Chapada do Apodi/RN.

Esse comportamento bastante variável foi também observado por Bezerra et al. (2010) para o algodoeiro BRS 200. Esta variação durante a mesma fase fenológica nos dois ciclos de cultivo é fruto das condições meteorológicas locais, já as variações ao longo de cada ciclo se deram em função da fase de desenvolvimento.

Quando se analisam os valores médios da evapotranspiração diária para cada fase do ciclo fenológico, observa-se que o valor mínimo foi 3,1 mm.dia<sup>-1</sup>, no início do desenvolvimento vegetativo (Fase I) e máximo de 9,0 mm.dia<sup>-1</sup>, na fase de desenvolvimento reprodutivo (Fase III), do segundo ciclo de cultivo.



**Figura 10.** Evapotranspiração da cultura durante os ciclos de cultivo (A) e Lâmina de água aplicada acumulada ao longo dos dois ciclos de cultivo (B)

Observa-se que o consumo hídrico varia em função da cultura e da fase fenológica e foi crescente da Fase I até a Fase III, onde alcançou o máximo, voltando a decrescer, em ambos os ciclos de cultivo, o que está de acordo com os resultados obtidos por Bezerra, Zonta e Rodrigues (2014).

A lâmina aplicada ao longo dos dois ciclos de cultivo seguiu a ETc mais um pequeno acréscimo para a correção da eficiência do sistema, sendo aplicada uma lâmina de 709,6 mm e 792,6 mm, no primeiro e segundo ciclos respectivamente (Figura 10B), as lâminas aplicadas

estão próximo as faixas aplicadas por Zonta, et al. (2017), em dois ciclos de cultivo, sendo aplicadas 1090 mm e 779 mm em cada ciclo, realizado em anos sucessivos, na mesma região.

### 4.3 Aporte de nutrientes via água residuária

As lâminas aplicadas de cada tipo de água e total nos diferentes tratamentos para o suprimento da evapotranspiração da cultura nos dois ciclos de cultivo, nos períodos de germinação e pós germinação, são apresentados na (Tabela 5), onde percebe-se que 100% da lâmina total foi suprida com água de abastecimento no tratamento (T1), no tratamento (T2) foram aplicados via fertirrigação com esgoto doméstico tratado 334,02mm e 379,55mm, respectivamente no primeiro e segundo ciclo de cultivo, que correspondeu ao suprimento de 50% da evapotranspiração da cultura após a estabilização da germinação (10 dias após o plantio). Já no tratamento (T3) foi aplicado via fertirrigação as lâminas de 688mm e 759,1mm, que correspondeu ao suprimento de 100% da evapotranspiração da cultura após a estabilização da germinação, respectivamente no primeiro e segundo ciclo de cultivo.

**Tabela 5.** Lâminas aplicadas para o suprimento da evapotranspiração da cultura nos dois ciclos de cultivo, com estratificação da parte da lâmina suprida com água de abastecimento e com esgoto doméstico tratado, nos tratamentos com essa condição

Tratamentos <sup>3</sup>	Período 1 (P1) <sup>1</sup>		Período 2 (P2)		Total (mm)
	Tipo de Água <sup>2</sup>				
	AA	AR	AA	AR	
	----- Lâmina aplicada (em mm) – ciclo 2016 -----				
T1	41,62	0,00	688,04	0,00	709,7
T2	41,62	0,00	334,0	334,0	709,7
T3	41,62	0,00	0,00	688,0	709,7
	----- Lâmina aplicada (em mm) – ciclo 2017 -----				
T1	33,50	0,00	759,1	0,00	792,6
T2	33,50	0,00	379,5	379,5	792,6
T3	33,50	0,00	0,00	759,1	792,6

<sup>1</sup>P1 – Período compreendido do plantio a estabilização da germinação (10 dias após o plantio); P2 – Período compreendido da estabilização da germinação até o corte da irrigação

<sup>2</sup>AA – Água de Abastecimento; AR – Água residuária tratada

<sup>3</sup>T1 – 100% (AA); T2 – 50% de AA + 50% de AR; T3 – 100% (AR)

A partir das concentrações de nutrientes determinados no efluente e na água de abastecimento foram estimadas as quantidades de nutrientes adicionados ao solo via fertirrigação com base nas lâminas aplicadas via irrigação nos dois ciclos de cultivo, tais quantidades encontra-se na Tabela 6.

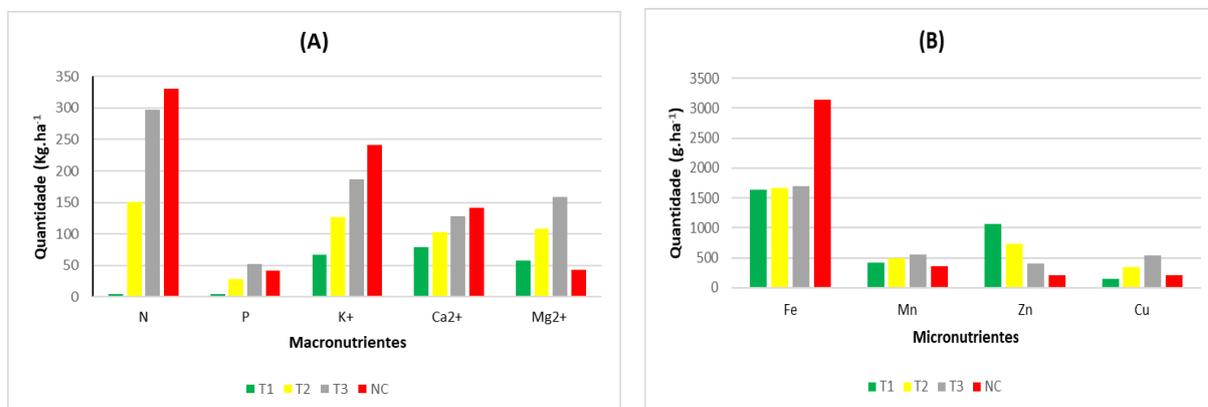
A visualização das quantidades de macronutrientes e micronutrientes adicionados ao solo via fertirrigação e sua relação com as quantidades exigidas pela cultura do algodão encontra-se detalhados na (Figura 11) e (Figura 12). As quantidades dos nutrientes

adicionados ao solo via fertirrigação no tratamento (T1) é superior as exigências da cultura por ( $Mg^{2+}$ , Mn e Zn) e em mais de 50% as de ( $Ca^{2+}$ , Fe e Cu) nos dois ciclos de cultivo, no entanto apenas 10% das exigências de P e 1% do N foram supridas, nos dois ciclos de cultivo. As quantidades adicionadas no tratamento (T2) é superior as exigências da cultura por ( $Mg^{2+}$ , Mn, Zn e Cu), em mais de 50% as de (P,  $K^+$ ,  $Ca^{2+}$  e Fe) e igual ou superior a 45% das exigências nutricionais por nitrogênio (N) nos dois ciclos de cultivo.

**Tabela 6.** Aporte de nutrientes via fertirrigação, nos dois ciclos de cultivo

Trat <sup>1</sup>	CICLO 2016												
	Macronutrientes						Micronutrientes						
	N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	N Total	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Fe	Mn	Zn	Cu	Na	Cl
kg ha <sup>-1</sup>													
T1	3,97	0,14	4,12	9,28	80,21	78,22	57,79	1,63	0,43	1,06	0,14	27,74	223,91
T2	102,01	48,78	150,78	64,75	152,57	102,98	108,52	1,67	0,49	0,73	0,34	265,02	538,87
T3	200,04	97,41	297,45	120,25	224,94	127,75	159,26	1,70	0,56	0,40	0,54	502,31	853,84
CICLO 2017													
T1	4,44	0,16	4,60	10,36	89,58	87,36	64,53	1,82	0,48	1,19	0,16	30,98	250,07
T2	115,84	55,42	171,26	73,42	171,82	115,50	122,19	1,86	0,55	0,81	0,39	300,61	607,98
T3	227,24	110,68	337,92	136,45	254,05	143,64	179,85	1,90	0,63	0,43	0,61	570,24	965,89

<sup>1</sup>T1 (100% da lâmina suprida com água de abastecimento + 0% de água residuária doméstica); T2 (50% da lâmina suprida com água de abastecimento + 50% de água residuária doméstica); T3 (0% da lâmina suprida com água de abastecimento + 100% de água residuária doméstica); as porcentagens referem-se a lâmina aplicada após a estabilização da germinação.



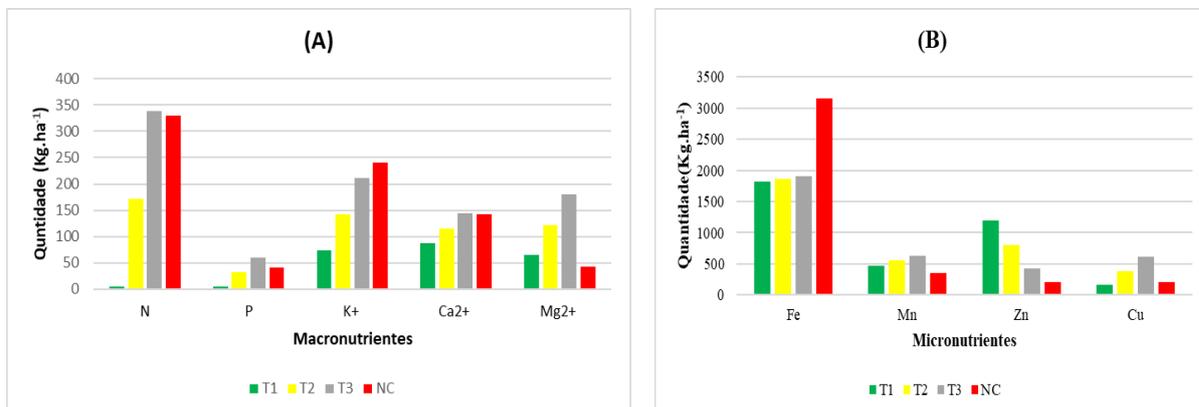
<sup>1</sup>T1 (100% da lâmina suprida com água de abastecimento + 0% de água residuária doméstica); T2 (50% da lâmina suprida com água de abastecimento + 50% de água residuária doméstica); T3 (0% da lâmina suprida com água de abastecimento + 100% de água residuária doméstica)

<sup>2</sup>NC (Quantidade média de nutrientes necessária para a obtenção de uma produtividade de 5 t ha<sup>-1</sup> de algodão em caroço) adaptado de CARVALHO et al., (2011)

**Figura 11.** Quantidade de nutrientes adicionados ao solo via lâmina de irrigação no primeiro ciclo de cultivo (2016)

As quantidades adicionadas ao solo no tratamento (T3) é igual ou superior as exigências da cultura por (P,  $Mg^{2+}$ , Mn, Zn e Cu), nos dois ciclos de cultivo, as exigências de N, foram supridas em 90% e 102%, respectivamente no ciclo 2016 e 2017, em no mínimo 70% das

exigências por  $K^+$  e de 90% as exigências por  $Ca^{2+}$  e mais de 50% das exigências por Fe, nos dois ciclos (Figura 11 (A), (B) e Figura 12 (A), (B)). As porcentagens do suprimento em nutrientes em relação a quantidade exigidas pela cultura do algodoeiro herbáceo BRS 335 para uma produção de 5 toneladas por hectare estão sistematizados na Tabela 7.



<sup>1</sup>T1 (100% da lâmina suprida com água de abastecimento + 0% de água residuária doméstica); T2 (50% da lâmina suprida com água de abastecimento + 50% de água residuária doméstica); T3(0% da lâmina suprida com água de abastecimento + 100% de água residuária doméstica)

<sup>2</sup>NC (Quantidade média de nutrientes necessária para a obtenção de uma produtividade de 5 t.ha<sup>-1</sup> de algodão em caroço) adaptado de (CARVALHO et al., 2011)

**Figura 12.** Quantidade de nutrientes adicionados ao solo via lâmina de irrigação no segundo ciclo de cultivo (2017)

**Tabela 7.** Porcentagens do suprimento de nutrientes em relação as quantidades exigidas, nos dois ciclos de cultivo

Porcentagens (em relação a necessidade da cultura) - Ciclo 2016									
Trat.	Macronutrientes					Micronutrientes			
	N	P	K <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Fe	Mn	Zn	Cu
T1	1	10	28	55	136	52	118	497	68
T2	46	68	53	73	255	53	137	341	163
T3	90	126	77	90	375	54	155	185	258
Porcentagens (em relação a necessidade da cultura) – Ciclo 2017									
T1	1	11	31	62	152	58	132	556	75
T2	52	77	59	81	288	59	153	378	184
T3	102	143	88	101	423	60	174	201	292

<sup>1</sup>T1 (100% da lâmina suprida com água de abastecimento + 0% de água residuária doméstica); T2 (50% da lâmina suprida com água de abastecimento + 50% de água residuária doméstica); T3(0% da lâmina suprida com água de abastecimento + 100% de água residuária doméstica)

#### 4.4 Alterações químicas no solo

Verifica-se as diferentes porcentagens de água residuária tratada via fertirrigação para suprir a ETc da cultura via irrigação promove alterações significativas para o Na<sup>+</sup>, PST, pH, CE, P, Fe e Mn nos dois ciclos de cultivo (Tabela 8).

**Tabela 8.** Resumo da análise de variância para K<sup>+</sup>, Na<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, soma de bases (SB), CTC efetiva (t), CTC Total, saturação por bases (V), porcentagem de saturação por sódio (PST), pH, condutividade elétrica (CE), fósforo disponível (P), matéria orgânica (MO), nitrogênio (N), cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn) e zinco (Zn) no solo, no final nos dois ciclos de cultivo

FV	GL	Pr>Fc <sup>1</sup>								
		Ciclo 2016								
		K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	SB	t	CTC	V	PST
Bloco	5	0,20 <sup>ns</sup>	0,81 <sup>ns</sup>	0,02*	0,11 <sup>ns</sup>	0,06 <sup>ns</sup>	0,06 <sup>ns</sup>	0,04*	0,33 <sup>ns</sup>	0,33 <sup>ns</sup>
Trat (T)	2	0,56 <sup>ns</sup>	0,00*	0,01*	0,63 <sup>ns</sup>	0,48 <sup>ns</sup>	0,48 <sup>ns</sup>	0,26 <sup>ns</sup>	0,00*	0,00*
Manejo (M)	1	0,45 <sup>ns</sup>	0,98 <sup>ns</sup>	0,40 <sup>ns</sup>	0,99 <sup>ns</sup>	0,68 <sup>ns</sup>	0,68 <sup>ns</sup>	0,83 <sup>ns</sup>	0,14 <sup>ns</sup>	0,89 <sup>ns</sup>
TXM	2	0,25 <sup>ns</sup>	0,35 <sup>ns</sup>	0,37 <sup>ns</sup>	0,13 <sup>ns</sup>	0,18 <sup>ns</sup>	0,18 <sup>ns</sup>	0,58 <sup>ns</sup>	0,06 <sup>ns</sup>	0,47 <sup>ns</sup>
Erro	25									
CV (%)		39,06	46,86	23,37	28,93	23,13	23,13	20,30	11,48	38,01
FV		pH	CE	P	M.O.	N	Cu	Fe	Mn	Zn
Bloco	5	0,68 <sup>ns</sup>	0,35 <sup>ns</sup>	0,61 <sup>ns</sup>	0,88 <sup>ns</sup>	0,05 <sup>ns</sup>	0,23 <sup>ns</sup>	0,73 <sup>ns</sup>	0,42 <sup>ns</sup>	0,94 <sup>ns</sup>
Trat (T)	2	0,00*	0,00*	0,00*	0,34 <sup>ns</sup>	0,33 <sup>ns</sup>	0,08 <sup>ns</sup>	0,04*	0,01*	0,47 <sup>ns</sup>
Manejo (M)	1	0,12 <sup>ns</sup>	0,73 <sup>ns</sup>	0,02*	0,74 <sup>ns</sup>	0,99 <sup>ns</sup>	0,45 <sup>ns</sup>	0,25 <sup>ns</sup>	0,09 <sup>ns</sup>	0,84 <sup>ns</sup>
TXM	2	0,03*	0,77 <sup>ns</sup>	0,39 <sup>ns</sup>	0,55 <sup>ns</sup>	0,77 <sup>ns</sup>	0,38 <sup>ns</sup>	0,83 <sup>ns</sup>	0,34 <sup>ns</sup>	0,39 <sup>ns</sup>
Erro	25									
CV (%)		4,52	63,01	45,69	69,08	25,02	104,38	23,83	24,09	28,86
FV		Ciclo 2017								
		K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	SB	t	CTC	V	PST
Bloco	5	0,62 <sup>ns</sup>	0,13 <sup>ns</sup>	0,09 <sup>ns</sup>	0,03*	0,01*	0,01*	0,00*	0,28 <sup>ns</sup>	0,20 <sup>ns</sup>
Trat (T)	2	0,06 <sup>ns</sup>	0,00*	0,65 <sup>ns</sup>	0,41 <sup>ns</sup>	0,35 <sup>ns</sup>	0,35 <sup>ns</sup>	0,01*	0,13 <sup>ns</sup>	0,00*
Manejo (M)	1	0,65 <sup>ns</sup>	0,83 <sup>ns</sup>	0,53 <sup>ns</sup>	0,42 <sup>ns</sup>	0,91 <sup>ns</sup>	0,91 <sup>ns</sup>	0,90 <sup>ns</sup>	0,71 <sup>ns</sup>	0,79 <sup>ns</sup>
TXM	2	0,37 <sup>ns</sup>	0,10 <sup>ns</sup>	0,42 <sup>ns</sup>	0,94 <sup>ns</sup>	0,77 <sup>ns</sup>	0,77 <sup>ns</sup>	0,40 <sup>ns</sup>	0,41 <sup>ns</sup>	0,18 <sup>ns</sup>
Erro	25									
CV (%)		32,84	34,83	18,12	44,26	17,09	17,09	13,23	10,12	24,75
FV		pH	CE	P	M.O.	N	Cu	Fe	Mn	Zn
Bloco	5	0,18 <sup>ns</sup>	0,64 <sup>ns</sup>	0,06 <sup>ns</sup>	0,88 <sup>ns</sup>	0,04*	0,06 <sup>ns</sup>	0,37 <sup>ns</sup>	0,00*	0,09 <sup>ns</sup>
Trat (T)	2	0,00*	0,00*	0,00*	0,78 <sup>ns</sup>	0,00*	0,00*	0,05*	0,00*	0,30 <sup>ns</sup>
Manejo (M)	1	0,06 <sup>ns</sup>	0,82 <sup>ns</sup>	0,02*	0,72 <sup>ns</sup>	0,08 <sup>ns</sup>	0,07 <sup>ns</sup>	0,01*	0,22 <sup>ns</sup>	0,57 <sup>ns</sup>
TXM	2	0,26*	0,60 <sup>ns</sup>	0,40 <sup>ns</sup>	0,62 <sup>ns</sup>	0,89 <sup>ns</sup>	0,92 <sup>ns</sup>	0,59 <sup>ns</sup>	0,69 <sup>ns</sup>	0,71 <sup>ns</sup>
Erro	25									
CV (%)		4,66	37,27	53,16	50,65	21,95	24,41	31,23	14,15	29,55

<sup>1/</sup> Valores de Pr>Fc iguais ou menores que 0,05 indicam diferença significativa a 5%, valores menores que 0,01 indicam significância a 1%

Os valores de pH apresentaram redução com o aumento da proporção de esgoto doméstico primário, devido provavelmente ao aumento nas taxas de produção de amônio, pelo processo de mineralização do nitrogênio orgânico, que posteriormente foi nitrificado liberando (H<sup>+</sup>) no meio com consequente redução do pH. Já os teores do Na<sup>+</sup>, PST CE, P, Fe e Mn aumentaram com o aumento da porcentagens de água residuária; isso pode ser explicado pelos elevados teores de sódio e fosfatos na água residuária, além do efeito positivo da redução do pH para uma faixa de maior disponibilidade de fósforo (P) e macronutrientes de acordo com Novais & Smyth (2007). Resultados similares a estes foram encontrados por Azevedo et al. (2013) que verificaram a ocorrência de elevações nos valores de condutividade

elétrica do extrato de saturação do solo, sódio e matéria orgânica com o aumento da proporção de esgoto doméstico primário em relação à água de abastecimento.

Os teores de (P) no solo evolui de muito baixo (T1) para baixo (T1 e T3), no primeiro ciclo, já no segundo ciclo evolui de baixo (T1) para médio (T2) e bom (T3) de acordo com Ribeiro et al. (1999); já de acordo com Souza & Lobato (2004), há uma evolução de baixo (T1) para médio (T2) e Alto (T3), no primeiro ciclo; e de baixo (T1) para muito alto (T2 e T3), no segundo ciclo, mostrando um efeito residual do (P) (Tabela 9 e 10).

**Tabela 9.** Teste de médias para as variáveis  $K^+$ ,  $Na^+$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ , soma de bases (SB), CTC efetiva (t), CTC Total, saturação por bases (V), porcentagem de saturação por sódio (PST), pH, condutividade elétrica (CE), fósforo disponível (P), matéria orgânica (MOS), nitrogênio (N), cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn) e zinco (Zn) no solo, no final no primeiro ciclo (2016)

Tratamentos	Ciclo 2016								
	$K^+$ -----mg dm <sup>-3</sup> ---	$Na^+$	$Ca^{2+}$	$Mg^{2+}$	SB	t	CTC	V	PST
	-----cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> -----				-----%-----				
T1	148,4A	13,4C	2,66A	0,87A	3,97A	3,97A	4,44A	90,1A	1,3C
T2	127,9A	46,5B	2,31AB	0,88A	3,72A	3,72A	5,07A	72,4B	3,8B
T3	128,7A	68,5A	1,94B	0,96A	3,54A	3,54A	4,89A	72,9B	6,2A
DMS	53,6	20,4	0,54	0,26	0,88	0,88	0,99	9,2	1,5
Manejo									
Com (P)	128,3a	42,7a	2,38a	0,90a	3,80a	3,80a	4,76a	80,80a	3,83a
Sem (P)	141,7a	42,8	2,23a	0,90a	3,68a	3,68a	4,84a	76,27a	3,76a
DMS	36,2	13,7	0,37	0,18	0,59	0,59	0,66	6,19	0,99
Tratamentos	pH água	CE <sub>1:2,5</sub> dS/m	P mg.dm <sup>-3</sup>	M.O. -----g kg <sup>-1</sup> -----	N	Cu	Fe	Mn	Zn
	-----mg.dcm <sup>-3</sup> -----								
T1	7,09A	0,11B	7,6B	14,41A	0,43A	1,30A	3,19B	70,63B	1,15A
T2	6,73B	0,10B	13,1B	11,41A	0,43A	0,61A	3,40AB	83,47AB	1,09A
T3	6,26C	0,21A	19,6A	9,48A	0,37A	0,56A	4,07A	95,95A	0,99A
DMS	0,30	0,09	4,22	8,27	0,11	0,87	0,86	20,43	0,31
Manejo									
Com (P)	6,77a	0,13a	16,00a	11,33a	0,41a	0,71a	3,71a	77,5a	1,09a
Sem (P)	6,61a	0,14a	10,92b	12,20a	0,41a	0,93a	3,38a	89,1a	1,07a
DMS	0,20	0,06	4,22	5,58	0,07	0,59	0,58	13,07	0,21

<sup>1/</sup> letras maiúsculas (A, B), comparam as médias dos tratamentos; as médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si ao nível de 5% de significância pelo Teste de Tukey

<sup>2/</sup> letras minúsculas (a, b), comparam médias dos manejos

Os resultados mostram a necessidade do monitoramento constante em áreas sob fertirrigação com água residuária, pelo risco de salinização e principalmente sodificação do solo, como mostra-se os valores de PST que já no primeiro ciclo tiveram incremento de 192,3% e 376,9%, respectivamente para T2 e T3 em relação a T1 (controle) (Tabela 9), além de mostrar um efeito residual pela elevação dos valores no final do segundo, saltando a PST de 3,8 e 6,2% para 4,7 e 9,9% um incremento de 23,68 e 59,67%, respectivamente para T2 e

T3, ao passo que no tratamento controle houve uma redução (Tabela 10). Alterações químicas em Cambissolo sob aplicação de água residuária de esgoto doméstico, para suprir a ETc da cultura do algodão, também foram constatadas por Andrade Filho et al. (2013), os mesmos autores recomendam que uso de água de água residuária na irrigação deve realizado de forma criteriosa, em virtude das alterações do solo para alguns nutrientes.

**Tabela 10.** Teste de médias para as  $K^+$ ,  $Na^+$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ , soma de bases (SB), CTC efetiva (t), CTC Total, saturação por bases (V), porcentagem de saturação por sódio (PST), pH, condutividade elétrica (CE), fósforo disponível (P), matéria orgânica (MO), nitrogênio (N), cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn) e zinco (Zn) no solo, no final no segundo ciclo (2017)

Tratamentos	Ciclo 2017								
	$K^+$ -----mg dm <sup>-3</sup> -----	$Na^+$ -----mg dm <sup>-3</sup> -----	$Ca^{2+}$ -----cmolc dm <sup>-3</sup> -----	$Mg^{2+}$ -----cmolc dm <sup>-3</sup> -----	SB -----	t	CTC	V -----%	PST
T1	116,1A	10,5C	2,25A	0,82A	3,42A	3,42A	4,56B	75,5A	1,0C
T2	155,2A	59,6B	2,23A	0,87A	3,75A	3,75A	5,36A	69,8A	4,7B
T3	158,5A	121,3A	2,11A	0,68A	3,73A	3,73A	5,26A	70,5A	9,9A
DMS	47,8	22,6	0,40	0,35	0,63	0,63	0,68	7,4	1,3
Manejo									
Com (P)	139,7a	64,5a	2,24a	0,74a	3,62a	3,62a	5,05a	72,4a	5,2a
Sem (P)	146,8a	63,0a	2,16a	0,83a	3,65a	3,65a	5,07a	71,5a	5,1a
DMS	32,3	1,2	0,27	0,24	0,42	0,42	0,45	5,0	0,8
Tratamentos	pH água	CE <sub>1:2,5</sub> dS m <sup>-1</sup>	P mg.dm <sup>-3</sup>	M.O. -----g kg <sup>-1</sup> -----	N	Cu	Fe	Mn	Zn
T1	6,77A	0,11B	10,81B	2,48A	0,30B	0,60A	2,62B	53,0B	1,43A
T2	5,99B	0,28A	27,25B	2,62A	0,4A	0,53A	3,31AB	90,22A	1,20A
T3	5,85B	0,3A	40,75A	2,86A	0,45A	0,37B	3,6A	91,20A	1,42A
DMS	0,29	0,09	14,21	1,36	0,09	0,12	1,01	11,25	0,40
Manejo									
Com (P)	6,10a	0,25a	37,45a	2,57a	0,38a	0,54a	3,65a	80,41a	1,39a
Sem (P)	6,30a	0,25a	15,10b	2,73a	0,43a	0,46a	2,75b	75,8a	1,31a
DMS	0,19	0,06	9,58	0,92	0,06	0,08	0,68	7,59	0,27

<sup>1/</sup> letras maiúsculas (A, B), comparam as médias dos tratamentos; as médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si ao nível de 5% de significância pelo Teste de Tukey

<sup>2/</sup> letras minúsculas (a, b), comparam médias dos manejos

Os teores de potássio ( $K^+$ ), magnésio ( $Mg^{2+}$ ) e zinco (Zn) não variaram significativamente (Tabela 8), isso pode ser explicado pelo consumo a medida que eram adicionados ao solo via fertirrigação, sendo bem mais elevados nos tratamentos sob fertirrigação em virtude da presença dos demais nutrientes; além de que a água de abastecimento possui teores consideráveis desses nutrientes, que na ausência dos demais eram acumulados no solo, embora o consumo  $K^+$  e  $Mg^{2+}$  fosse mais elevados nos tratamentos sob fertirrigação, mas devido ao maior aporte via água residuária contribuiu para que tanto  $K^+$  e  $Mg^{2+}$  continuasse elevados, sendo os teores de  $K^+$ , sendo classificados como bom (Ribeiro et, al., 1999) e alto de acordo com Raj et al. (1996) e Souza & Lobato (2004); já o  $Mg^{2+}$  foi considerado médio por todos os citados.

A saturação por bases (V) e  $\text{Ca}^{2+}$ , variaram apenas no primeiro ciclo, havendo redução com o aumento da porcentagem de água residuária (Tabela 9), isso pode ser explicado pelo reduzido crescimento das plantas submetidas ao tratamento (T1) ausência água residuária na fertirrigação, assim na ausência dos demais nutrientes houve pouca absorção, nessa condição o  $\text{Ca}^{2+}$  se acumulou no solo; a CTC, N e Cu variaram apenas no segundo ciclo, sendo a CTC e N elevados com o aumento da porcentagem de água residuária, o que aponta para efeito positivo da fertirrigação prolongada, melhorando a fertilidade do solo, já o Cu reduziu com o aumento da porcentagem de água residuária, o que pode ter sido causa do maior consumo das plantas submetidas a fertirrigação (tabela 10).

A matéria orgânica (MO) não variou significativamente (Tabela 8), isso pode ser causa da rápida mineralização nas condições do experimento. A mineralização da matéria orgânica resulta na liberação de nutrientes essenciais à planta, tais como N, P, S, K, Ca, Mg e micronutrientes (Marin, 2002), o autor ressalta ainda que, de 15 a 80% do P total encontrado no solo pode ser proveniente da matéria orgânica.

## **4.5 Crescimento de plantas**

### **4.5.1 Crescimento em altura e diâmetro**

Verifica-se que as diferentes porcentagens de esgoto doméstico tratado via fertirrigação (T1 – 100% da  $\text{ETc}$  suprida com água de abastecimento, T2 – 50% da  $\text{ETc}$  suprida com esgoto doméstico tratado + 50% da  $\text{ETc}$  com água de abastecimento e T3 – 100% da  $\text{ETc}$  suprida com esgoto doméstico tratado) promoveram diferenças significativas para as variáveis altura de plantas (AP), diâmetro de plantas (DP), taxa de crescimento absoluto do caule ( $\text{TCA}_c$ ) e taxa de crescimento relativo do caule ( $\text{TCR}_c$ ) nas diferentes épocas de avaliação (Tabela 11).

As variáveis altura de plantas (Tabela 12), diâmetro de plantas (Tabela 13) e a taxa de crescimento absoluto do caule (Tabela 14) apresenta-se superiores a partir dos 27 DAG nos tratamentos com fertirrigação (T2 e T3), nos dois ciclos de cultivo, tais efeitos podem ser explicados pelas elevadas doses de nutrientes e alto teor de matéria orgânica, presentes na fertirrigação (esgoto tratado). O poder fertilizante da água residuária no cultivo de algodão em Cambissolo também foi constatado por ANDRADE FILHO et al. (2013).

Quando se compara a altura de plantas (AP) apenas nos tratamentos que continham água residuária (Tabela 12), constata-se que não há diferença significativa até os 27 DAG, nos dois ciclos de cultivo, no entanto nas medições seguintes após os 42 DAG constata-se diferenças, isso pode ser explicado em função das exigências nutricionais da cultura aumentar

ao longo do ciclo para o seu crescimento da massa verde, principalmente por nitrogênio (N) o que só era suprida via fertirrigação apenas nos tratamentos T3, que estava com 100% da ETc da cultura suprida via fertirrigação com esgoto doméstico tratado.

**Tabela 11.** Resumo da análise de variância para as variáveis altura de plantas, diâmetro de plantas, taxa de crescimento absoluto do caule (TCAc) e taxa de crescimento relativo do caule (TCRc) do algodoeiro herbáceo (cultivar BRS 335), em dois ciclos de cultivo

FV	GL	Pr>Fc <sup>1</sup>			
		ciclo 2016			
		AP	DP	TCA_c	TCR_c
Bloco	5	0,31 <sup>ns</sup>	0,06 <sup>ns</sup>	0,07 <sup>ns</sup>	0,11 <sup>ns</sup>
Tratamento (TRAT)	2	0,00*	0,00*	0,00*	0,00*
Erro 1	10				
Manejo (MA)	1	0,06 <sup>ns</sup>	0,00*	0,25 <sup>ns</sup>	0,83 <sup>ns</sup>
TRAT*MA	2	0,26 <sup>ns</sup>	0,89 <sup>ns</sup>	0,41 <sup>ns</sup>	0,52 <sup>ns</sup>
Erro 2	15				
Tempo	3	0,00*	0,00*	0,00*	0,00*
TRAT*TEMP	6	0,00*	0,00*	0,00*	0,00*
MA*TEMP	3	0,66 <sup>ns</sup>	0,40 <sup>ns</sup>	0,53 <sup>ns</sup>	0,01*
TRAT*MA*TEMP	6	0,70 <sup>ns</sup>	0,94 <sup>ns</sup>	0,75 <sup>ns</sup>	0,31 <sup>ns</sup>
Erro 3	90				
CV 1 (%)		16,84	14,84	23,25	8,17
CV 1 (%)		18,00	7,12	19,80	5,46
CV 1 (%)		9,64	8,20	36,25	18,58
		ciclo 2017			
Bloco	5	0,80 <sup>ns</sup>	0,83 <sup>ns</sup>	0,82 <sup>ns</sup>	0,91 <sup>ns</sup>
Tratamento (TRAT)	2	0,00*	0,00*	0,00*	0,00*
Erro 1	10				
MA	1	0,90 <sup>ns</sup>	0,68 <sup>ns</sup>	0,78 <sup>ns</sup>	0,64 <sup>ns</sup>
TRAT*MA	2	0,50 <sup>ns</sup>	0,62 <sup>ns</sup>	0,48 <sup>ns</sup>	0,30 <sup>ns</sup>
Erro 2	15				
TEMPO (T)	5	0,00*	0,00*	0,00*	0,00*
TRAT*T	10	0,00*	0,00*	0,00*	0,00*
MA*T	5	0,59 <sup>ns</sup>	0,38 <sup>ns</sup>	0,11 <sup>ns</sup>	0,00*
TRAT*MA*T	10	0,81 <sup>ns</sup>	0,84 <sup>ns</sup>	0,88 <sup>ns</sup>	0,17 <sup>ns</sup>
Erro 3	150				
CV 1 (%)		31,45	21,22	39,06	9,86
CV 1 (%)		29,98	21,92	36,04	8,89
CV 1 (%)		10,08	6,39	25,35	12,13

<sup>1/</sup> Valores de Pr>Fc iguais ou menores que 0,05 indicam diferença significativa a 5%, valores menores que 0,01 indicam significância a 1%

Quando se analisa o diâmetro de plantas (DP) apenas nos tratamentos que continham água residuária (Tabela 13), constata-se diferença significativa no primeiro ciclo apenas aos 27 DAG, isso pode ser explicado em função das exigências nutricionais principalmente de potássio (K<sup>+</sup>), responsável pelo crescimento do caule ser elevadas e não serem totalmente supridas pela água que continha apenas 50% de água residuária (T2), tendo em vista que a fertirrigação, nos tratamentos com essa condição (T2 e T3), só teve início aos 10 DAG. Já no segundo ciclo os tratamentos com fertirrigação, apresenta diferença significativa a partir dos 27 DAG, isso pode ser explicado pelo efeito residual do uso da fertirrigação no cultivo

anterior; o efeito da irrigação água residuária em cultivo de algodão em sucessão a gergelim adubado foi estudado por Silva et al., (2013) e concluiu que em relação à irrigação com água potável, a aplicação do efluente de esgoto tratado intensifica o crescimento vegetativo do algodoeiro.

**Tabela 12.** Teste de médias para a variável altura de plantas do algodoeiro herbáceo (cultivar BRS 335), em dois ciclos de cultivo

Tratamentos	Alturas de plantas (cm)					
	ciclo 2016					
	Épocas de avaliação (DAG)					
	27	44	64	78		
T1	18,7B	37,7C	51,3C	54,0C		
T2	30,0A	71,3B	87,3B	90,4B		
T3	35,5A	80,2A	97,3A	105,5A		
DMS	5,9					
Tratamentos	ciclo 2017					
	Épocas de avaliação (DAG)					
	14	27	43	57	71	85
T1	10,84A	18,69B	34,03C	40,51C	41,91C	42,45C
T2	11,85A	26,89A	64,83B	81,51B	82,46B	83,76B
T3	12,19A	31,53A	72,69A	87,93A	89,36A	90,17A
DMS	4,9					

<sup>1/</sup> letras maiúsculas (A, B), comparam as médias dos tratamentos; as médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si ao nível de 5% de significância pelo Teste de Tukey

**Tabela 13.** Teste de médias para a variável diâmetro de plantas do algodoeiro herbáceo (cultivar BRS 335), em dois ciclos de cultivo

Tratamentos	Diâmetro de plantas (mm)					
	ciclo 2016					
	Épocas de avaliação (DAG)					
	27	44	64	78		
T1	3,8C	6,1B	7,2B	7,9B		
T2	5,7B	9,8A	10,8A	11,8A		
T3	6,7A	10,1A	11,2A	11,8A		
DMS	0,6					
Tratamentos	ciclo 2017					
	Épocas de avaliação (DAG)					
	14	27	43	57	71	85
T1	2,5A	3,8C	6,1C	6,6C	6,8C	6,9C
T2	2,8A	5,1B	8,7B	9,2B	9,3B	9,3B
T3	2,9A	6,1A	9,5A	10,1A	10,2A	10,4A
DMS	0,4					

<sup>1/</sup> letras maiúsculas (A, B), comparam as médias dos tratamentos; as médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si ao nível de 5% de significância pelo Teste de Tukey

Não se constatou efeito significativo na interação da fertirrigação com água residuária e o manejo (presença e ausência de fósforo (P) em pré-plantio), para as variáveis altura de plantas (AP), diâmetro de plantas (DP), taxa de crescimento absoluto do caule (TCAC), e taxa de crescimento relativo do caule (TCRC), isso mostra que água residuária já continha suficientemente a quantidade de nutrientes necessários ao desenvolvimento da cultura. Já no

tratamento apenas com água de abastecimento (T1), a aplicação apenas de fósforo (P) não foi o suficiente para mostrar uma resposta significativa, isso pode ser explicado pela interação que existe na absorção de fósforo com outros elementos, principalmente com nitrogênio (N), que se encontrava ausente no tratamento com água de abastecimento.

**Tabela 14.** Teste de médias para a variável taxa de crescimento absoluto do caule (TCA\_caule) do algodoeiro herbáceo (cultivar BRS 335), em dois ciclos de cultivo

Taxa de crescimento absoluto do caule (cm dia <sup>-1</sup> )						
Tratamentos	ciclo 2016					
	Épocas de avaliação (DAG)					
	27	44	64	78		
T1	0,69B	1,06B	0,69A	0,23A		
T2	1,11A	2,43A	0,79A	0,22A		
T3	1,31A	2,62A	0,85A	0,55A		
DMS	0,3					
Tratamentos	ciclo 2017					
	Épocas de avaliação (DAG)					
	14	27	43	57	71	85
T1	0,77A	0,60C	0,95B	0,46B	0,10A	0,03A
T2	0,84A	1,15B	2,37A	1,19A	0,06A	0,09A
T3	0,87A	1,48A	2,57A	1,08A	0,10A	0,06A
DMS	0,20					

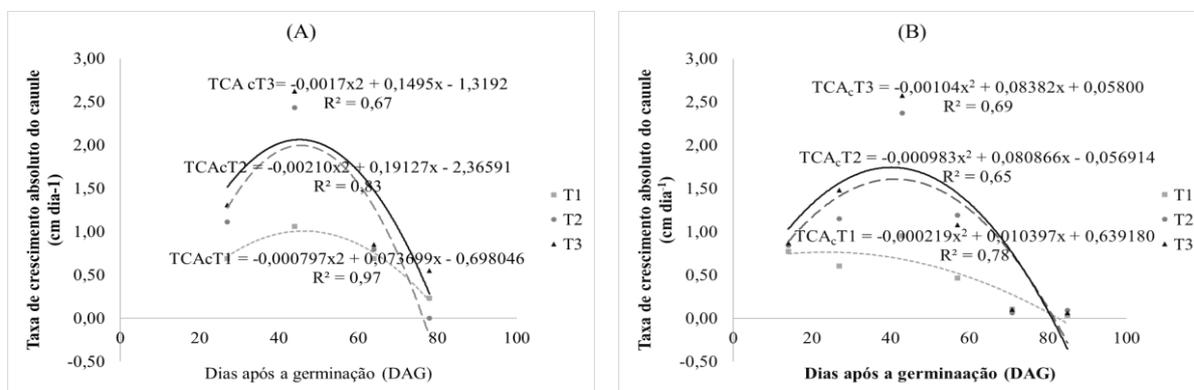
<sup>1/</sup> letras maiúsculas (A, B), comparam as médias dos tratamentos; as médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si ao nível de 5% de significância pelo Teste de Tukey

O manejo isoladamente (presença ou ausência de (P) em pré-plantio) apresenta-se significativo para a variável diâmetro de plantas (DP) (Tabela 11), apenas no primeiro ciclo de cultivo (2016), apresentando média 8,8 mm na presença de (P) e 8,3 mm na ausência de (P), isso aconteceu em função do efeito residual do fósforo procedente da fertirrigação do primeiro ciclo que acumulou e juntamente com o aporte do ciclo seguinte supriu totalmente a necessidade de (P), mesmo nos tratamentos com apenas 50% de da ETc da cultura suprida com água de esgoto doméstico tratado (T2); Costa et al., (2009) verificou que água residuária apresentou efeito residual em todos os parâmetros de crescimento estudados na cultura do milho em sucessão a mamona, com valores superiores aos dos tratamentos utilizando água de abastecimento.

A variável taxa de crescimento absoluto do caule (TCAc) apresenta-se significativa com interação dos tratamentos no tempo, nos dois ciclos de cultivo (Tabela 11), comportando-se superior e significativo nos tratamentos com fertirrigação (T2 e T3) apenas a partir dos 27 DAG nos dois ciclos de cultivo (Tabela 14), comportamento absolutamente normal tendo em vista que a fertirrigação só teve início aos 10 DAG, não hábil para efetivação dos benefícios dos nutrientes presentes na água de esgoto doméstico tratado. O poder fertilizante da água

residuária tratada na cultura do algodão também foi constatado por Santos et al. (2016), verificando o crescimento das plantas em altura semelhante às plantas com adubação mineral em cobertura.

A taxa de crescimento absoluto apresenta diferença significativa entre os tratamentos no tempo até os 57 DAG, mostrando-se superior nos tratamentos com fertirrigação (T2 e T3) (Tabela 11), e atinge-se a taxa máxima aos 46, 46 e 45 DAG no primeiro ciclo, alcançando 1,01; 1,99 e 2,06 cm dia<sup>-1</sup>, respectivamente em T1, T2 e T3; já no segundo a máxima é atingida aos 24, 41 e 42 DAG chegando a 0,76; 1,61 e 1,75 cm dia<sup>-1</sup>, respectivamente em T1, T2 e T3 de acordo com a equação de regressão ajustada ao maior coeficiente de determinação (R<sup>2</sup>) (Figura 13)., isso se deve ao aporte de nutrientes presentes na água residuária, principalmente nitrogênio (N).



**Figura 13.** Taxa de crescimento absoluto do caule (TCAc) do algodoeiro herbáceo (cultivar BRS 335) submetido a porcentagens de água residuária na fertirrigação e em dois ciclos de cultivo 2016 (A) e 2017 (B)

Esses dados mostram também um esgotamento do solo submetido ao tratamento T1 (controle) no segundo ciclo de cultivo. A partir dos 57 DAG inicia-se uma redução na taxa de crescimento, esse comportamento é absolutamente normal, uma vez que a partir desse período se inicia o máximo florescimento e consequente formação dos frutos, havendo assim um direcionamento dos assimilados para as estruturas reprodutivas, que os drenos efetivos da planta. No segundo ciclo percebe-se uma antecipação significativa no tempo da taxa de máximo crescimento no tratamento (T1) ausência de fertirrigação com esgoto doméstico tratado (controle), esse fato pode ser devido ao esgotamento do solo em cultivos sucessivos, principalmente nitrogênio (N), responsável em grande parte pelo crescimento vegetativo das plantas. Silva et al. (2013) constataram que nos tratamentos irrigados com água potável a fase de crescimento vegetativo mais acentuado se concentrou nos 50 primeiros dias após a

emergência das plantas enquanto que, quando a irrigação se deu mediante a aplicação do efluente doméstico, esta fase se estendeu até os 70 DAE.

Verificou-se que o incremento no crescimento no intervalo de alta concentração de efluente doméstico (entre os tratamentos T2 e T3), foi menor quando comparado com o incremento no intervalo de mais baixa concentração esgoto doméstico (entre os tratamentos T1 e T2), evidenciando que a fertirrigação com 50% de água residuária do total da evapotranspiração da cultura já se aproxima do crescimento máximo da cultura.

A taxa de crescimento relativo do caule ( $TCR_c$ ) apresenta variação significativa na interação dos tratamentos no tempo (Tabela 11), apresentando-se superior até os 44 dias após a germinação nos tratamentos com fertirrigação e posteriormente até o final do ciclo não apresenta variação significativa (Tabela 15), esse comportamento é absolutamente normal tendo em vista que a  $TCR_c$  é simplesmente uma função da altura já existente, assim nos estádios iniciais a fertirrigação fornecia uma grande quantidade de nutrientes, principalmente nitrogênio (N), que conduzia a um crescimento em altura maior, ao passo que em após os 44 DAG inicia-se o período em que o maior dreno de nutrientes é as estruturas reprodutivas.

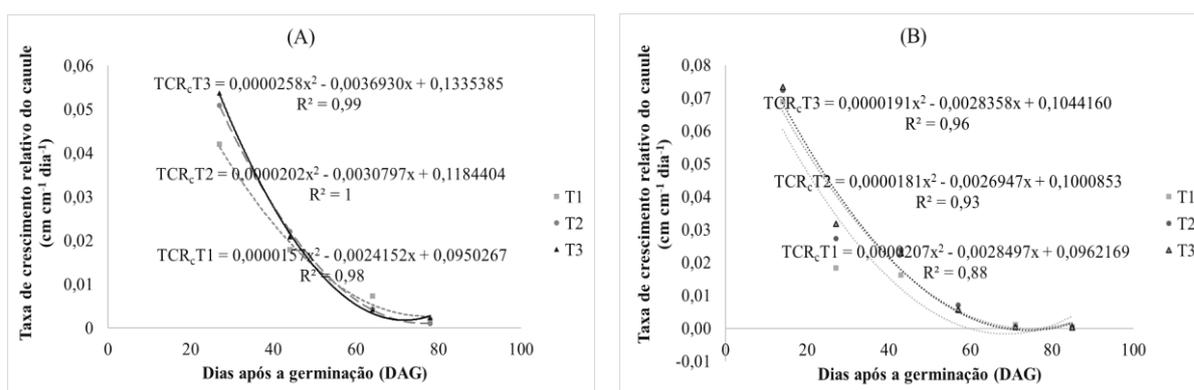
**Tabela 15.** Teste de médias para a variável taxa de crescimento relativo do caule ( $TCR_c$ ) do algodoeiro herbáceo (cultivar BRS 335), em dois ciclos de cultivo

Tratamentos	Taxa de crescimento relativo do caule ( $cm\ cm^{-1}\ dia^{-1}$ )					
	ciclo 2016					
	Épocas de avaliação (DAG)					
	27	44	64	78		
T1	0,042033B	0,017850B	0,007250A	0,001867A		
T2	0,050842A	0,022117A	0,004358A	0,001067A		
T3	0,053733A	0,020825AB	0,004242A	0,002375A		
DMS	0,00344					
Manejo						
com (P)	0,050256a	0,018800b	0,005583a	0,001622a		
sem (P)	0,047483b	0,021728a	0,004983a	0,001917a		
DMS	0,00234					
Tratamentos	ciclo 2017					
	Épocas de avaliação (DAG)					
	14	27	43	57	71	85
T1	0,068933B	0,018250C	0,016250B	0,005195A	0,001025A	0,000400A
T2	0,072275A	0,027283B	0,023967A	0,007117A	0,000375A	0,000483A
T3	0,073333A	0,031708A	0,022758A	0,005708A	0,000467A	0,000292A
DMS	0,002448					
Manejo						
com (P)	0,073183a	0,025578a	0,020078b	0,005239a	0,000456a	0,000383a
sem (P)	0,069844b	0,025917a	0,021906a	0,006772a	0,000789a	0,000400a
DMS	0,001668					

<sup>1/</sup> letras maiúsculas (A, B), comparam as médias dos tratamentos; as médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si ao nível de 5% de significância pelo Teste de Tukey

<sup>2/</sup> letras minúsculas (a, b), comparam médias nos manejos

Em todo o ciclo e em todos os tratamentos o algodoeiro apresentou-se com um crescimento relativo decrescente do caule adequando-se melhor ao modelo polinomial e de acordo com a equação (Figura 14) aos 45 DAG apresenta a taxa de 0,018; 0,020 e 0,019 cm cm<sup>-1</sup>dia<sup>-1</sup>, respectivamente para os tratamentos T1, T2 e T3, no primeiro ciclo de cultivo e de 0,009; 0,015 e 0,015 cm cm<sup>-1</sup>dia<sup>-1</sup>, respectivamente para os tratamentos T1, T2 e T3, no segundo ciclo de cultivo, apresentando valores próximos ao encontrado por Beltrão & Guerra (1990), de 0,017 cm cm<sup>-1</sup>dia<sup>-1</sup> na cultivar CNPA precoce 1, em um Vertissolo em condições de sequeiro com uma precipitação pluvial de 873,3 mm.



**Figura 14.** Taxa de crescimento relativo do caule (TCR<sub>c</sub>) do algodoeiro herbáceo (cultivar BRS 335) submetido a porcentagens de água residuária na fertirrigação em dois ciclos de cultivo 2016 (A) e 2017 (B)

#### 4.5.2 Área foliar e Índice de Área foliar

Verifica-se as diferentes porcentagens de esgoto doméstico tratado via fertirrigação (T1 – 100% da ET<sub>c</sub> suprida com água de abastecimento, T2 – 50% da ET<sub>c</sub> suprida com esgoto doméstico tratado + 50% da ET<sub>c</sub> com água de abastecimento e T3 – 100% da ET<sub>c</sub> suprida com esgoto doméstico tratado), assim como o manejo (presença e ausência de fósforo (P) em pré-plantio) promoveram diferenças significativas para as variáveis área foliar por planta (AF) e índice de área foliar (IAF) nas diferentes épocas de avaliação (Tabela 16); tais efeitos podem ser explicados pelas elevadas teores de nutrientes presentes na água de esgoto doméstico tratado, no entanto houve interação tripla dos tratamentos x manejo no tempo apenas segundo ciclo, isso pode ser explicado pelo efeito residual da adubação fosfatada que só aparece no segundo ciclo.

As Tabelas 17 e 18 apresentam a evolução temporal da área foliar (AF) e do índice de área foliar (IAF) ao longo do estágio fenológico da cultura nos tratamentos. Aos 22 dias após a germinação (DAG), no primeiro ciclo e aos 16 e 28 DAG no segundo ciclo não se verificou

variação significativa na AF e IAF, este resultado é absolutamente normal, uma vez que a fertirrigação com diferentes percentagens de água residuária se iniciou aos 10 DAG, sendo a partir de então 50% da evapotranspiração da cultura (ETc) suprida com água residuária (T2) e 100% do suprimento da ETc com água residuária (T3). Já a partir das primeiras medições a AF e o IAF se apresenta superiores nos tratamentos fertirrigados com água residuária, no entanto torna-se significativas a partir dos 36 e 42 DAG, respectivamente no primeiro e segundo ciclo de cultivo.

**Tabela 16.** Resumo da análise de variância para as variáveis área foliar (AF) e índice de área foliar (IAF) do algodoeiro herbáceo (cultivar BRS 335), em dois ciclos de cultivo

FV	GL	Pr>Fc <sup>1</sup>			
		ciclo 2016		ciclo 2017	
		AF	IAF	AF	IAF
Bloco	5	0,39 <sup>ns</sup>	0,39 <sup>ns</sup>	0,06 <sup>ns</sup>	0,06 <sup>ns</sup>
Tratamento (TRAT)	2	0,00*	0,00*	0,00*	0,00*
Erro 1	10				
Manejo (MA)	1	0,01*	0,01*	0,06 <sup>ns</sup>	0,06 <sup>ns</sup>
TRAT*MA	2	0,58 <sup>ns</sup>	0,59 <sup>ns</sup>	0,00*	0,00*
Erro 2	15				
Tempo (T)	5	0,00*	0,00*	0,00*	0,00*
TRAT*T	10	0,00*	0,00*	0,00*	0,00*
MA*T	5	0,37 <sup>ns</sup>	0,37 <sup>ns</sup>	0,52 <sup>ns</sup>	0,52 <sup>ns</sup>
TRAT*MA*T	10	0,21 <sup>ns</sup>	0,21 <sup>ns</sup>	0,02*	0,02*
Erro 3	150				
CV 1 (%)		50,55	50,55	40,72	40,72
CV 2 (%)		25,65	25,65	30,08	30,08
CV 3 (%)		26,24	26,24	29,61	29,61

<sup>1/</sup> Valores de Pr>Fc iguais ou menores que 0,05 indicam diferença significativa a 5%, valores menores que 0,01 indicam significância a 1%

Verifica-se que no primeiro ciclo os tratamentos que continham água residuária na fertirrigação apresentaram o pico de máxima área foliar aos 78 DAG (Tabela 17), com uma área de 4760 cm<sup>2</sup> planta<sup>-1</sup> no T3, 3394 cm<sup>2</sup> planta<sup>-1</sup> no T2 e 1207 cm<sup>2</sup> planta<sup>-1</sup> no T1 (controle), havendo assim diferença significativa entre os três tratamentos, e sendo superior e crescente com o aumento da fertirrigação com água residuária, se apresentando-se 2,8 e 3,9 vezes superior, respectivamente T2 e T3, à apresentada pela cultura submetida apenas a irrigação com água de abastecimento.

No segundo ciclo o pico de máxima área foliar aos 70 DAG (Tabela 17), sendo os valores mais elevados registrados no T3 (na ausência de fósforo em pré-plantio), apresentando uma área de 5029 cm<sup>2</sup> planta<sup>-1</sup>, 3352 cm<sup>2</sup> planta<sup>-1</sup> no T2 e 854 cm<sup>2</sup> planta<sup>-1</sup> no T1 (controle); havendo assim diferença significativa entre os três tratamentos, e sendo superior e crescente com o aumento da irrigação com água residuária, representando 5,8 e 3,9 vezes respectivamente para T2 e T3, em relação a cultura submetida apenas a irrigação com água de abastecimento.

Na ausência de fósforo em pré-plantio os valores mais elevados de AF (Tabela 17) foram registrados no T2, apresentando uma área de 4362 cm<sup>2</sup> planta<sup>-1</sup>, 4240 cm<sup>2</sup>planta<sup>-1</sup> no T3 e 827 cm<sup>2</sup>planta<sup>-1</sup> no T1, havendo assim diferença significativa para a presença e ausência de água residuária na fertirrigação, sendo superior nos tratamentos fertirrigados com água residuária. Bezerra & Fideles Filho (2009) observaram que o algodoeiro irrigado com esgotos decantados apresentou incremento na área foliar quase três vezes superior aos resultados apresentados pela mesma cultura submetida à mesma lâmina e ao mesmo turno de rega com água de poço.

**Tabela 17.** Teste de médias para a variável área foliar (AF) do algodoeiro herbáceo (cultivar BRS 335), em dois ciclos de cultivo

Tratamentos	ciclo 2016					
	Épocas de avaliação (DAG)					
	22	36	50	64	78	92
	----- (cm <sup>2</sup> planta <sup>-1</sup> ) -----					
T1	109A	370C	714C	1180C	1207C	1216B
T2	284A	1047B	2146B	4118B	3394B	2617A
T3	411A	1609A	3174A	4818A	4760A	2934A
DMS	508					
Tratamentos	ciclo 2017					
	Épocas de avaliação (DAG)					
	16	28	42	56	70	84
	----- (cm <sup>2</sup> planta <sup>-1</sup> ) -----					
	Com P					
T1	72Aa	248Aa	541Ca	767Ba	827Ba	690Ba
T2	98Aa	518Aa	1687Ba	4150Aa	4362Aa	4843Aa
T3	118Aa	827Aa	2836Aa	3568Aa	4240Ab	4639Aa
DMS (TratxMxT)	755					
	Sem P					
T1	39Aa	122Aa	424Ca	611Ca	854Ca	802Ca
T2	72Aa	562Aa	1557Ba	3002Bb	3352Bb	3497Bb
T3	91Aa	858Aa	2772Aa	3824Aa	5029Aa	4677Aa
DMS (MxTrat,xT)	630					

<sup>1/</sup> letras maiúsculas (A, B), comparam as médias dos tratamentos; as médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si ao nível de 5% de significância pelo Teste de Tukey

<sup>2/</sup> letras minúsculas (a, b), comparam médias do mesmo tratamento nos manejos

No período compreendido de 70 a 78 DAG houve uma estabilidade no crescimento da área foliar, seguido de posterior decréscimo (Tabela 17 e 18), esse comportamento é absolutamente normal, uma vez que a partir de então se dá o início da senescência da cultura, visto que o ciclo vegetativo do algodoeiro varia, de cultivar para cultivar, de 100 a 130 dias. Na cultivar BRS verde, Fideles Filho et al. (2005) observaram que a estabilização do crescimento da AF aconteceu no período compreendido entre 80 e 90 dias após a semeadura.

Não se verificou alterações significativas na interação tratamentos x manejo x tempo AF e IAF no primeiro ciclo de cultivo, no entanto verificou-se efeito do manejo (Figura 15), onde percebe-se uma superioridade nos tratamentos com continha fósforo (P) em pré-plantio,

por outro lado no segundo ciclo se constata uma interação positiva na AF e IAF nos tratamentos que apresenta P no pré-plantio a partir dos 56 DAG, apenas no tratamento T2, tal fato pode ser explicado pela interação positiva que há na absorção de P na presença de nitrogênio, por outro lado no tratamento T3 a fertirrigação já supriu 100% das exigências de fósforo (P), além do efeito residual do aporte do primeiro ciclo, o que neutraliza o efeito positivo do P no pré-plantio, ao passo que em T1 (ausência de fertirrigação), apenas a presença de P não ocasionou alterações significativas na AF e IAF.

**Tabela 18.** Teste de médias para a variável índice de área foliar (IAF) do algodoeiro herbáceo (cultivar BRS 335), em dois ciclos de cultivo

ciclo 2016						
Tratamentos	Épocas de avaliação (DAG)					
	22	36	50	64	78	92
----- (cm <sup>2</sup> m <sup>-2</sup> ) -----						
T1	0,13A	0,46C	0,89C	1,47C	1,51C	1,52B
T2	0,35A	1,30B	2,68B	5,14B	4,24B	3,27A
T3	0,51A	2,01A	3,96A	6,02A	5,95A	3,66A
DMS	0,63					
ciclo 2017						
Tratamentos	Épocas de avaliação (DAG)					
	16	28	42	56	70	84
----- (cm <sup>2</sup> cm <sup>-2</sup> ) -----						
Com (P)						
T1	0,09Aa	0,31Aa	0,67Ca	0,95Ba	1,03Ba	0,86Ba
T2	0,12Aa	0,64Aa	2,11Ba	5,19Aa	5,45Aa	6,05Aa
T3	0,14Aa	1,03Aa	3,54Aa	4,45Aa	5,30Ab	5,79Aa
DMS (TratxMxT)	0,94					
Sem (P)						
T1	0,05Aa	0,15Aa	0,52Ca	0,76Ca	1,06Ca	1,00Ca
T2	0,09Aa	0,70Aa	1,94Ba	3,75Bb	4,19Bb	4,37Bb
T3	0,11Aa	1,07Aa	3,44Aa	4,78Aa	6,28Aa	5,84Aa
DMS (MxTrat,xT)	0,78					

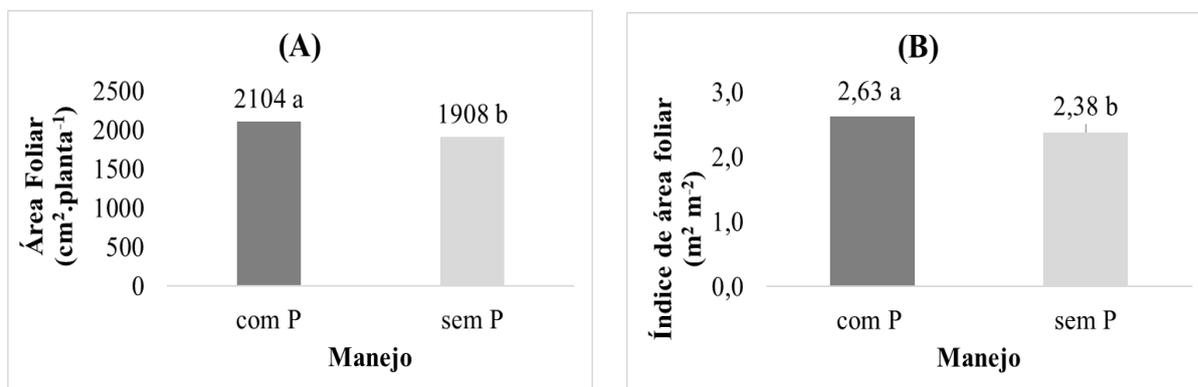
<sup>1/</sup> letras maiúsculas (A, B), comparam as médias dos tratamentos; as médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si ao nível de 5% de significância pelo Teste de Tukey

<sup>2/</sup> letras minúsculas (a, b), comparam médias do mesmo tratamento nos manejos

Verificou-se que o incremento no crescimento no intervalo de alta concentração de efluente doméstico (entre os tratamentos T2 e T3), foi menor quando comparado com o incremento no intervalo de mais baixo da concentração esgoto doméstico (entre os tratamentos T1 e T2), significando que a fertirrigação com 50% de água residuária do total da evapotranspiração da cultura já se aproxima do rendimento máximo (Tabela 17 e 18).

Constata-se que o IAF apresenta variação significativa nos tratamentos fertirrigados com água residuária nos dois ciclos de cultivo (Tabela 15), apresentando no primeiro ciclo 1,51, 4,24 e 5,95 m<sup>2</sup>/m<sup>2</sup>, respectivamente em T1, T2 e T3, sendo superior e crescente com o aumento da porcentagem de água residuária na fertirrigação. No segundo ciclo os tratamentos com água residuária continua a apresentar diferença significativa em relação ao tratamento

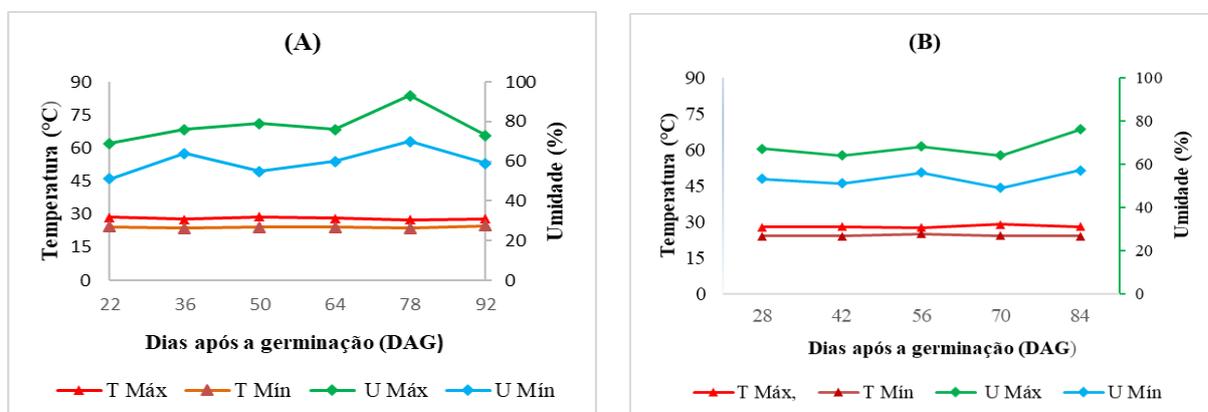
controle (T1), tanto na presença como na ausência de fósforo em pré-plantio, no entanto não constata-se diferença significativa aos 56, 70 e 84 DAG, entre os tratamentos fertirrigados e com fósforo em pré-plantio, isso pode ser explicado pelo fato da fertirrigação com água residuária já suprir a cultura com quantidades suficientes de fósforo (P).



**Figura 15.** Variação média da área foliar (A) e do (B) índice de área foliar (B), nos diferentes manejos (com e sem adubação fosfatada no pré-plantio) no ciclo de cultivo (2016), do algodoeiro herbáceo (cultivar BRS 335)

#### 4.6 Trocas gasosas

Na análise das trocas gasosas, realizou-se leituras entre 8:00 e 11:00 horas, cujos dados de temperatura e umidade no horário das coletas são apresentados na (Figura 16), com registro de temperatura mínima 23,6°C e 23,9°C, respectivamente para o primeiro e segundo ciclo de cultivo e máxima de 28,8°C para os dois ciclos de cultivo. A umidade mínima registrada foi de 51% nos dois ciclos de cultivo e máxima de 93% e 76%, respectivamente para o primeiro e segundo ciclo de cultivo.



**Figura 16.** Temperatura máxima (T Máx), temperatura mínima (T Mín), umidade Máxima (U Máx) e umidade mínimo (U Mín) nos dias e horários de coleta de dados com IRGA

A temperatura afeta todas as reações bioquímicas da fotossíntese, bem como a integridade de membranas em cloroplastos, não surpreendendo que as respostas a temperatura sejam complexas (Taiz & Zeiger, 2013). Se faz necessário a verificação dos parâmetros de temperatura e umidade conjuntamente; tendo em vista que para medirmos a transpiração em relação à umidade do ar precisamos levar em consideração a temperatura, visto que, quando a umidade relativa do ar é baixa a transpiração tende a aumentar por conta do gradiente transpiracional formado, com influência direta nas trocas gasosas e consequente crescimento.

Conforme os resultados das análises de variância pelo teste F para as respostas fisiológicas do algodão, referente aos efeitos dos tratamentos, os manejos e das épocas de avaliação para os resultados obtidos, em dois ciclos de cultivo (Tabela 19).

**Tabela 19.** Resumo da análise de variância para as variáveis fisiológicas do algodoeiro herbáceo (cultivar BRS 335), submetido a fertirrigação com esgoto doméstico tratado e adubação fosfatada, em várias épocas de avaliação, durante dois ciclos de cultivo

FV	GL	Pr>Fc <sup>1</sup>					
		Ciclo 2016					
		E <sup>2</sup>	gs	A	Ci	EiC	EiUA
Bloco	5	0,06 <sup>ns</sup>	0,01*	0,02*	0,00*	0,00*	0,00*
Tratamento (TRAT)	2	0,00*	0,01*	0,00*	0,06 <sup>ns</sup>	0,10 <sup>ns</sup>	0,17 <sup>ns</sup>
Erro 1	10						
Manejo (MA)	1	0,25 <sup>ns</sup>	0,14 <sup>ns</sup>	0,20 <sup>ns</sup>	0,35 <sup>ns</sup>	0,88 <sup>ns</sup>	0,70 <sup>ns</sup>
TRAT*MA	2	0,41 <sup>ns</sup>	0,42 <sup>ns</sup>	0,71 <sup>ns</sup>	0,11 <sup>ns</sup>	0,17 <sup>ns</sup>	0,02*
Erro 2	15						
Tempo (T)	5	0,00*	0,00*	0,00*	0,00*	0,00*	0,00*
TRAT*T	10	0,19 <sup>ns</sup>	0,00*	0,00*	0,10 <sup>ns</sup>	0,00*	0,13 <sup>ns</sup>
MA*T	5	0,86 <sup>ns</sup>	0,52 <sup>ns</sup>	0,61 <sup>ns</sup>	0,89 <sup>ns</sup>	0,53 <sup>ns</sup>	0,27 <sup>ns</sup>
TRAT*MA*T	10	0,67 <sup>ns</sup>	0,86 <sup>ns</sup>	0,41 <sup>ns</sup>	0,77 <sup>ns</sup>	0,69 <sup>ns</sup>	0,66 <sup>ns</sup>
Erro 3	150						
CV 1 (%)		21,19	23,08	12,00	13,38	13,73	18,58
CV 2 (%)		17,23	19,08	10,64	14,56	23,97	11,64
CV 3 (%)		16,59	16,79	11,35	12,73	19,45	17,43
FV	GL	Ciclo 2017					
Bloco	5	0,02*	0,00*	0,33 <sup>ns</sup>	0,00*	0,01*	0,00*
Tratamento (TRAT)	2	0,00*	0,02*	0,01*	0,00*	0,00*	0,00*
Erro 1	10						
Manejo (MA)	1	0,08 <sup>ns</sup>	0,10 <sup>ns</sup>	0,14 <sup>ns</sup>	0,69 <sup>ns</sup>	0,33 <sup>ns</sup>	0,84 <sup>ns</sup>
TRAT*MA	2	0,82 <sup>ns</sup>	0,72 <sup>ns</sup>	0,82 <sup>ns</sup>	0,38 <sup>ns</sup>	0,49 <sup>ns</sup>	0,88 <sup>ns</sup>
Erro 2	15						
Tempo (T)	4	0,00*	0,00*	0,00*	0,00*	0,00*	0,00*
TRAT*T	8	0,03*	0,00*	0,00*	0,00*	0,00*	0,00*
MA*T	4	0,96 <sup>ns</sup>	0,94 <sup>ns</sup>	0,69 <sup>ns</sup>	0,70 <sup>ns</sup>	0,97 <sup>ns</sup>	0,87 <sup>ns</sup>
TRAT*MA*T	8	0,56 <sup>ns</sup>	0,50 <sup>ns</sup>	0,84 <sup>ns</sup>	0,15 <sup>ns</sup>	0,91 <sup>ns</sup>	0,76 <sup>ns</sup>
Erro 3	120						
CV 1 (%)		18,4	15,54	10,39	14,51	31,49	15,10
CV 2 (%)		10,50	9,79	9,84	12,56	28,68	10,41
CV 3 (%)		10,94	11,41	10,04	10,59	23,84	10,24

<sup>1/</sup> Valores de Pr>Fc iguais ou menores que 0,05 indicam diferença significativa a 5%, valores menores que 0,01 indicam significância a 1%

<sup>2/</sup> (E) - transpiração foliar, (gs) - condutância estomática, (A) - assimilação líquida de CO<sub>2</sub>, (Ci) - concentração interna de CO<sub>2</sub>, (EiC) - eficiência instantânea da carboxilação e (EiUA) - eficiência no uso da água

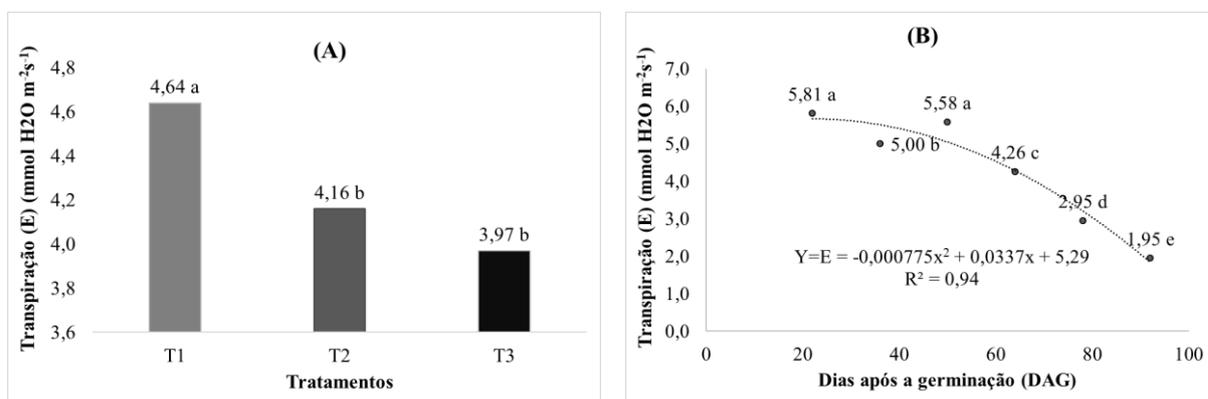
Verifica-se que não houve efeito significativo do manejo (com e sem fósforo (P) em pré-plantio) isoladamente para todas as variáveis estudadas ao longo dos dois ciclos de cultivo, o que explicado pela interação positiva que há na absorção de P na presença de nitrogênio, condições esta não presentes no tratamento (T1), assim a presença de P não ocasionou alterações significativas nas trocas gasosas, em virtude da deficiência dos demais nutrientes essenciais ao pleno desenvolvimento da planta, por outro lado o tratamento T2 e T3 a fertirrigação já supriu as exigências de fósforo (P), o que neutraliza o efeito positivo do P no pré-plantio. No primeiro ciclo de cultivo a transpiração (E) não apresentou variação significativa nos tratamentos nas épocas de avaliação (Tabela 20)

**Tabela 20.** Teste de médias para as variáveis transpiração foliar (E), condutância estomática (gs), assimilação líquida de CO<sub>2</sub> (A), concentração interna de CO<sub>2</sub> (Ci), concentração interna de CO<sub>2</sub> (Ci), eficiência instantânea da carboxilação (EiC) e a eficiência no uso da água (EiUA) dos tratamentos, nas diversas épocas de avaliação, durante o primeiro ciclo de cultivo (2016) do algodoeiro herbáceo (cultivar BRS 335)

Tratamentos	Ciclo de cultivo (2016)					
	Épocas de avaliação (DAG)					
	22	36	50	64	78	92
	transpiração (E) (mmol H <sub>2</sub> O m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup> )					
T1	6,10a	5,06a	6,04a	4,89a	3,45a	2,35a
T2	5,58a	4,88a	5,42a	4,29a	2,81a	1,99a
T3	5,75a	5,06a	5,31a	3,61a	2,61a	1,52a
DMS	0,41					
	condutância estomática (gs) (mol H <sub>2</sub> O m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup> )					
T1	0,38a	0,37a	0,42a	0,34a	0,27a	0,12a
T2	0,36a	0,38a	0,42a	0,29b	0,20b	0,07ab
T3	0,36a	0,39a	0,40a	0,25c	0,19b	0,05b
DMS	0,047					
	taxa de assimilação líquida (A) (μmol CO <sub>2</sub> m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup> )					
T1	30,31a	31,47a	33,34a	32,73a	31,09a	16,29a
T2	31,07a	32,46a	33,55a	29,63b	26,33b	11,07b
T3	30,83a	32,41a	32,35a	29,31b	25,34b	7,58c
DMS	3,03					
	concentração interna de CO <sub>2</sub> (Ci) (μmol m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup> )					
T1	232,06a	225,58a	234,98a	214,45a	181,48a	164,52a
T2	223,92a	223,39a	229,08a	199,80a	167,89a	147,21a
T3	224,69a	226,83a	228,71a	169,75a	177,73a	157,14a
DMS						
	eficiência instantânea de carboxilação (EiC) (A/Ci) (μmol CO <sub>2</sub> m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup> ) (μmol m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup> ) <sup>-1</sup>					
T1	0,13a	0,14a	0,14a	0,15b	0,18a	0,10a
T2	0,14a	0,14a	0,14a	0,15b	0,16ab	0,08a
T3	0,14a	0,14a	0,14a	0,18a	0,14b	0,05b
DMS	0,02					
	eficiência instantânea de uso da água (EiUA) (A/E) (μmol CO <sub>2</sub> m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup> ) (mmol H <sub>2</sub> O m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup> ) <sup>-1</sup>					
T1	5,02a	6,30a	5,59a	6,89a	9,37a	7,26a
T2	5,61a	6,71a	6,26a	7,07a	9,52a	6,37a
T3	5,38a	6,43a	6,12a	8,33a	10,08a	6,70a
DMS						

<sup>1</sup>/letras minúsculas (a, b), comparam as médias dos tratamentos

No entanto os tratamentos diferiram entre si, quando se considera todo o ciclo, se apresentando superior no tratamento (T1) (controle) (Figura 17A), apresentando declínio durante o ciclo (Figura 17B), registrou-se comportamento de declínio no tempo nos dois ciclos de cultivo com média variando de 5,81 mmol H<sub>2</sub>O m<sup>-2</sup>s<sup>-1</sup> aos 22 dias após a germinação (DAG) a 1,95 mmol H<sub>2</sub>O m<sup>-2</sup>s<sup>-1</sup> aos 92 DAG no primeiro ciclo e de 4,7 mmol H<sub>2</sub>O m<sup>-2</sup>s<sup>-1</sup> aos 28 dias após a germinação (DAG) a 3,89 mmol H<sub>2</sub>O m<sup>-2</sup>s<sup>-1</sup> aos 84 DAG.



**Figura 17.** Variação da transpiração (E) nos diferentes tratamentos (A) e ao longo do ciclo (B), primeiro ciclo de cultivo (2016) do algodoeiro herbáceo (cultivar BRS 335)

No segundo ciclo; no entanto cultivo a transpiração (E) apresenta variação significativa nos tratamentos no tempo, apresentando-se superior no tratamento controle (T1) com declínio em função do aumento da dose de água residuária na fertirrigação (T2 e T3) (Tabela 21).

Tais comportamentos pode ser explicado pela quantidade de sais adicionados no solo via fertirrigação com esgoto doméstico tratado via lâmina de irrigação, que no primeiro ciclo teve uma lâmina total aplicada de 709,7 mm, sendo que desse 334 mm foi suprida via fertirrigação com esgoto doméstico tratado no tratamento T2 (que correspondeu a 50% da evapotranspiração da cultura (ET<sub>c</sub>) após a estabilização da germinação), o que correspondeu a um aporte de 250,34 kg ha<sup>-1</sup> de sódio (Na<sup>+</sup>) e 420,36 34 kg ha<sup>-1</sup> de cloreto (Cl<sup>-</sup>). Já no tratamento (T3) foi aplicado uma lâmina de 668 mm via fertirrigação (que correspondeu a 100% da ET<sub>c</sub> após a estabilização da germinação), o que correspondeu a um aporte de 500,68 kg ha<sup>-1</sup> de sódio (Na<sup>+</sup>) e 840,71 kg ha<sup>-1</sup> de cloreto (Cl<sup>-</sup>). Mantido a mesma metodologia no segundo ciclo foi aplicado uma lâmina de 792,6 mm de irrigação total, desse 379,5 foi aplicado via fertirrigação no tratamento T2, que correspondeu a um aporte de 284,47 kg ha<sup>-1</sup> de sódio (Na<sup>+</sup>) e 477,66 34 kg ha<sup>-1</sup> de cloreto (Cl<sup>-</sup>). Já no tratamento (T3) foi aplicado uma lâmina de 759 mm via fertirrigação, o que correspondeu a um aporte de 568,93 kg ha<sup>-1</sup> de sódio e 955,32 kg ha<sup>-1</sup> de cloreto (Cl<sup>-</sup>), o que aliado ao fator residual de acúmulo de sais no solo com o tempo provou esse comportamento da transpiração. Segundo Taiz e Zeiger (2013),

como resposta as condições de estresse as plantas fecham os estômatos para evitar as perdas de água, conforme constatado por Tatagiba et al (2014) estudando a fotossíntese na cultura do tomateiro (*Solanum lycopersicum*) submetidas a crescentes concentrações de salinidade.

**Tabela 21.** Teste de médias para as variáveis transpiração foliar ( $E$ ), condutância estomática ( $g_s$ ), assimilação líquida de  $CO_2$  ( $A$ ), concentração interna de  $CO_2$  ( $C_i$ ), eficiência instantânea da carboxilação ( $E_iC$ ) e a eficiência no uso da água ( $E_iUA$ ) dos tratamentos, nas diversas épocas de avaliação, durante o primeiro ciclo de cultivo (2017) do algodoeiro herbáceo (cultivar BRS 335)

Tratamentos	Ciclo de cultivo (2017)				
	Épocas de avaliação (DAG)				
	28	42	56	70	84
	transpiração ( $E$ ) ( $mmol\ H_2O\ m^{-2}s^{-1}$ )				
T1	5,21a	3,72a	3,39a	4,84a	4,29a
T2	4,61b	3,48a	2,85b	4,04b	3,75b
T3	4,38b	3,47a	3,11ab	4,57a	3,65b
DMS	0,42				
	condutância estomática ( $g_s$ ) ( $mol\ H_2O\ m^{-2}s^{-1}$ )				
T1	0,277a	0,225a	0,223a	0,257a	0,211a
T2	0,239b	0,216a	0,202a	0,242a	0,193ab
T3	0,223b	0,215a	0,220a	0,266a	0,184b
DMS	0,025				
	taxa de assimilação líquida ( $A$ ) ( $\mu mol\ CO_2\ m^{-2}s^{-1}$ )				
T1	30,64a	26,04a	25,55c	27,74b	26,00a
T2	27,94ab	26,40a	28,73b	30,60a	28,51a
T3	27,66b	27,11a	31,63a	31,79a	27,81a
DMS	2,75				
	concentração interna de $CO_2$ ( $C_i$ ) ( $\mu mol\ m^{-2}s^{-1}$ )				
T1	180,51a	179,58a	181,38a	189,62a	164,70a
T2	175,73ab	170,90a	136,10b	159,80b	128,01b
T3	163,02b	164,18a	129,71b	167,06b	122,25b
DMS	16,51				
	eficiência instantânea de carboxilação ( $E_iC$ ) ( $A/C_i$ ) ( $\mu mol\ CO_2\ m^{-2}s^{-1}$ ) ( $\mu mol\ m^{-2}s^{-1}$ ) <sup>-1</sup>				
T1	0,17a	0,14a	0,14b	0,14b	0,16b
T2	0,16a	0,15a	0,21a	0,19a	0,23a
T3	0,17a	0,17a	0,25a	0,19a	0,25a
DMS	0,04				
	eficiência instantânea de uso da água ( $E_iUA$ ) ( $A/E$ ) ( $\mu mol\ CO_2\ m^{-2}s^{-1}$ ) ( $mmol\ H_2O\ m^{-2}s^{-1}$ ) <sup>-1</sup>				
T1	5,93a	7,02b	7,71b	5,75b	6,23b
T2	6,05a	7,59ab	10,23a	7,58a	7,69a
T3	6,35a	7,78a	10,30a	7,01a	7,73a
DMS	0,73				

<sup>1</sup>/letras minúsculas (a, b), comparam as médias dos tratamentos

Há de se considerar também que o maior índice de área foliar (IAF), aumenta a demanda hídrica da planta contribuindo para uma menor abertura estomática e consequente menor transpiração ( $E$ ), o que está de acordo com Dalmago et. al (2006), atendida a suplementação de água às plantas, na qualidade e na quantidade que necessitam para consumo, o fluxo transpiratório é determinado basicamente pela área foliar e pela variação dos elementos meteorológicos que caracterizam a demanda hídrica. Vale ressaltar que existe

uma relação direta entre transpiração e condutância estomática (Gonçalves et al., 2010), tendo em vista que há diminuição do fluxo de vapor d'água para a atmosfera e, conseqüentemente, da transpiração, na medida em que em se fecham os estômatos.

A condutância estomática ( $g_s$ ) (Tabela 20 e 21) diminuiu no tempo nos dois ciclos de cultivo, em todos os tratamentos, apresentando uma redução mais expressiva nos tratamentos com água residuária na fertirrigação (T2 e T3), sendo essa redução mais acentuada no primeiro ciclo e na maior dose de esgoto doméstico na fertirrigação (Tabela 20 e 21) variando no (T3) de  $0,36 \text{ mol H}_2\text{O m}^{-2}\text{s}^{-1}$  aos 22 dias após a germinação (DAG) para  $0,05 \text{ mol H}_2\text{O m}^{-2}\text{s}^{-1}$  aos 92 DAG. Isso pode ser explicado por dois fatores, o primeiro é ocasionado pelo maior índice de área foliar (IAF) das plantas submetidas a fertirrigação, forçando o mais rápido fechamento estomático para a redução da transpiração e conseqüente condutância estomática ( $g_s$ ) outro fator a considerar é a quantidade de sais adicionados via fertirrigação com esgoto doméstico tratado, visto que este insumo apresenta teor de  $\text{Na}^+$  elevado, ou seja, o aumento das dosagens proporcionou redução do potencial osmótico do solo dificultando a absorção de água pelas plantas e, conseqüentemente, diminuindo a condutância estomática.

De acordo com Chaves *et al.* (2003), o NaCl em alta concentração pode promover um sinal de estresse salino que pode ser percebido pelas raízes como um estresse osmótico. Tatagiba et al. (2014) observaram decréscimos nas variáveis de  $A$  e  $E$ , os quais estiveram associados à redução em  $g_s$  nas folhas de tomateiro submetidas aos crescentes concentrações salinas.

Observou-se que a variação da  $g_s$  se apresenta significativa no primeiro ciclo já a partir dos 64 DAG, ao passo que no segundo ciclo apenas no final aos 84 DAG (Tabela 20 e 21), o que pode ser explicado pelo fator residual e adaptação da planta a salinidade, visto que no segundo ciclo desde o plantio já existia um resíduo de sais no solo, em virtude do ciclo anterior o que induziu a uma melhor adaptação das plantas a essa condição, inferindo-lhes uma menor variação da  $g_s$  ao longo do segundo ciclo. Daley et al. (1989) relatam que a redução da condutância estomática pode limitar a taxa de retenção de  $\text{CO}_2$  e, conseqüentemente, a concentração  $C_i$  diminui nos espaços intercelulares devido ao consumo de  $\text{CO}_2$  pela atividade fotossintética.

A taxa de assimilação líquida ( $A$ ) apresentou no primeiro ciclo um pequeno aumento inicialmente até os 50 DAG, apresentando em média  $30,73 \text{ } \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2}\text{s}^{-1}$  aos 22 DAG e  $33,15 \text{ } \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2}\text{s}^{-1}$  aos 50 DAG e se apresentou superior a partir dos 64 DAG no tratamento controle (ausência de fertirrigação), em comparação aos demais tratamentos (tabela 17). Já no segundo ciclo apresentou um leve decréscimo ao longo do ciclo

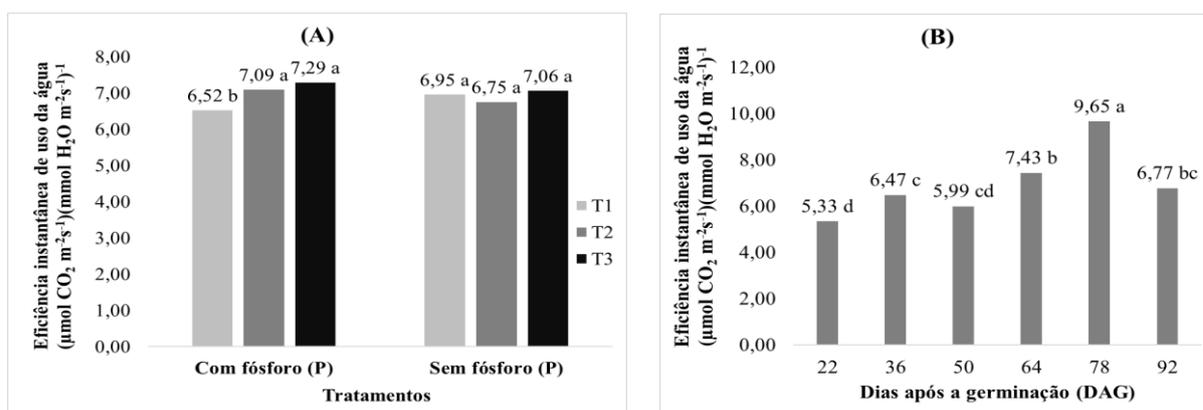
apresentando média de  $28,74 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2}\text{s}^{-1}$  aos 28 DAG e  $27,44 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2}\text{s}^{-1}$  aos 84 DAG, quando se analisa os tratamentos se constata um comportamento variável iniciando mais elevado no tratamento controle no início do ciclo, sendo posteriormente superado pelos tratamentos com fertirrigação que se apresentaram superiores a partir dos 56 DAG, mas no final do ciclo se apresentou igual em todos os tratamentos (Tabela 21), tal comportamento pode ser explicado pela melhor adaptação das plantas ao estresse salino quando são submetidas a essa condição desde o início, já que no segundo ciclo já estava sujeito a essa condição desde a semeadura, em virtude do efeito residual dos sais acumulados durante o primeiro ciclo, ao passo que no primeiro ciclo quando do início da fertirrigação água residuária, nos tratamentos com essa condição, não havia um efeito residual anterior. Segundo Bosco et al. (2009) o fechamento estomático e a conseqüente redução do fluxo normal de  $\text{CO}_2$  em direção ao sítio de carboxilação constituem um dos principais responsáveis pela redução da fotossíntese sendo a água um dos fatores fundamentais responsáveis pelo processo que regula a abertura ou fechamento dos estômatos. A aplicação contínua de água com CEa de  $5 \text{ dS m}^{-1}$  reduziu a condutância estomática, a taxa de transpiração e a taxa fotossintética em praticamente todas as medições realizadas, em relação à aplicação da água do poço (Neves et al., 2009).

A concentração interna de  $\text{CO}_2$  ( $C_i$ ) apresenta um leve aumento ao longo dos dois ciclos, com posterior redução ao final em todos os tratamentos (Tabela 20 e 21). No primeiro ciclo não há diferença entre os tratamentos, apenas uma redução significativa no tempo, alcançando média de  $226,89 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2}\text{s}^{-1}$  aos 22 DAG e  $156,29 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2}\text{s}^{-1}$  aos 92 DAG, valores elevados de concentração interna de  $\text{CO}_2$  associado ao aumento na condutância estomática indicam um acréscimo na eficiência instantânea de carboxilação ocorrido em função da disponibilidade de ATP e NADPH e do substrato para a rubisco. Se as concentrações de  $\text{CO}_2$  intercelulares são muito baixas, o influxo deste componente nas células do mesófilo é restringido, assim, a planta utiliza o  $\text{CO}_2$  proveniente da respiração para manter um nível mínimo de taxa fotossintética, tornando-a limitada (Salamoni, 2010). Já no segundo ciclo o tratamento T1 (controle) se apresenta superior ao longo do ciclo (Tabela 21), se  $C_i$  está aumentando significa que o  $\text{CO}_2$  que está chegando às células do mesófilo não está sendo fixado na fase de carboxilação da ribulose 1,5 bifosfato carboxilase-oxigenase (Rubisco), possivelmente por danos em sua estrutura, reduzindo então a taxa fotossintética; o que pode ser atribuído a deficiência de nitrogênio (N). Segundo Correia et al. (2005) o (N) faz parte dos principais componentes do sistema fotossintético, tais como clorofilas,

carboxilase/oxigenase da ribulose 1,5 bisfosfato (RubisCO) e carboxilase do fosfoenolpiruvato (PEPcase).

A eficiência instantânea de carboxilação (EiC), não apresentou variação significativa entre os tratamentos no primeiro ciclo, no entanto apresentou variação no tempo, havendo variações em função da presença de fertirrigação com água residuária, se apresentando superior no tratamento (T3), suprimento de 100% da ETc da cultura via fertirrigação, aos 64 DAG e inferior aos 78 e 92 DAG. No segundo ciclo a EiC apresenta variação significativa entre os tratamentos e no tempo (tabela 18), se apresentando superior nos tratamentos com fertirrigação (T2 e T3) a partir dos 56 DAG. Tal comportamento pode ser explicado pela adaptação do algodoeiro no segundo ciclo, onde a cultura é implantada em uma condição de resíduos de saís do cultivo anterior, alcança na segunda metade do ciclo maiores valores de taxa de assimilação líquida (A) e consequente aumento na EiC.

A eficiência instantânea de uso da água (EiUA) não apresenta variação significativa em função dos tratamentos com doses de fertirrigação com água residuária primeiro ciclo, no entanto se apresenta significativo em função do manejo, havendo variação dos tratamentos na presença de fósforo em pré-plantio e sendo superior nos tratamentos fertirrigados com água residuária (Figura 18A), além de apresentar variação significativa no tempo variando de 5,33 ( $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ) ( $\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2}\text{s}^{-1}$ )<sup>-1</sup> aos 22 DAG e alcançando o máximo de 9,65 ( $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ) ( $\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2}\text{s}^{-1}$ )<sup>-1</sup> aos 78 DAG e voltando a decrescer no final do ciclo (Figura 18B).



**Figura 18.** Variação da eficiência de uso da água (EiUA) nos diferentes tratamentos e manejos (A) e ao longo do ciclo (B), no primeiro ciclo de cultivo (2016) do algodoeiro herbáceo (cultivar BRS 335)

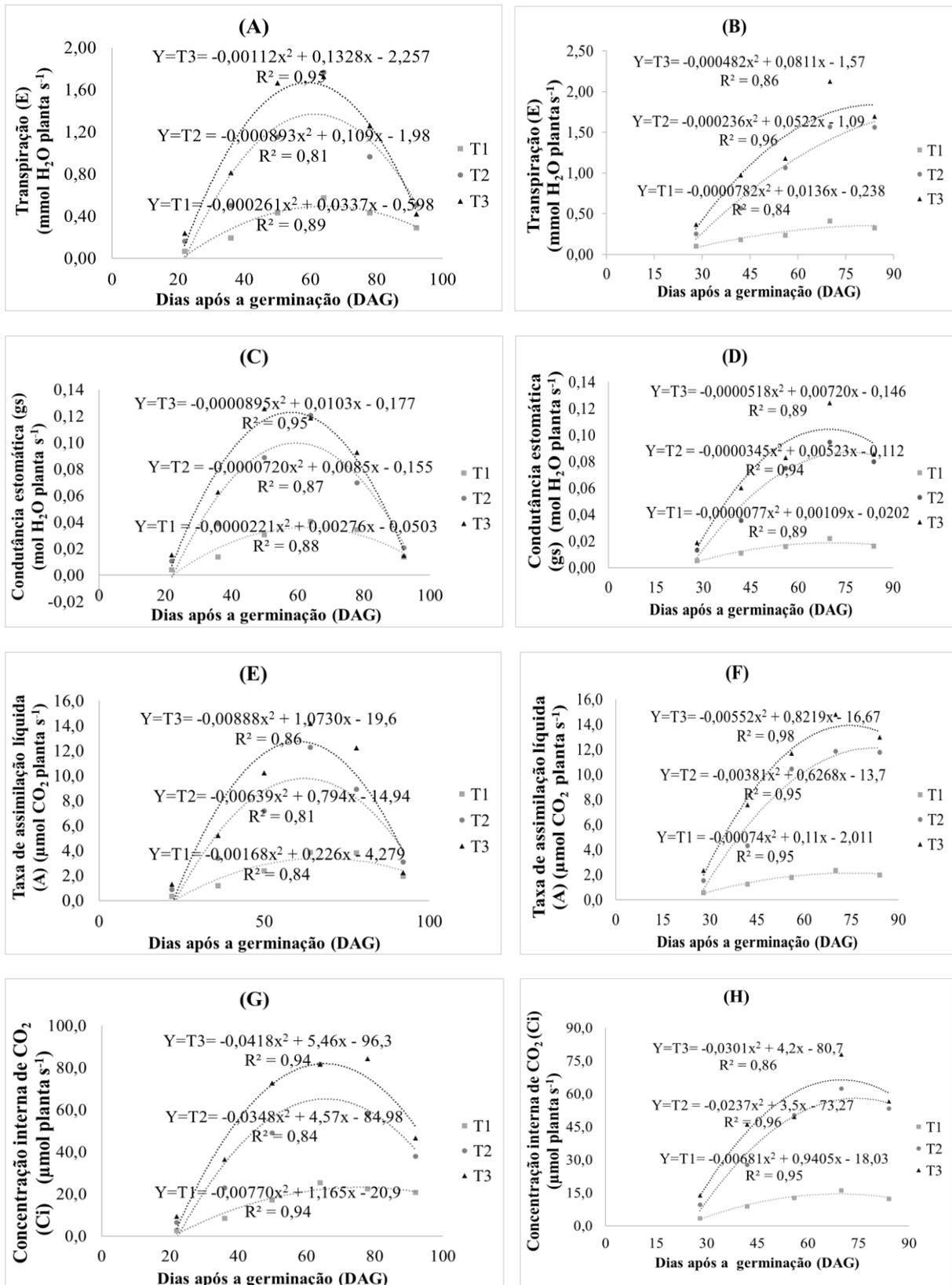
No segundo ciclo a eficiência instantânea de uso da água (EiUA), apresenta variação significativa nos tratamentos e no tempo, se apresentando significativo a partir dos 42 DAG, sendo superior nos tratamentos com fertirrigação (Tabela 21), tal comportamento dá em

função de uma adaptação da planta em ambiente com sais presente no solo desde o plantio, reduzindo a transpiração ( $E$ ) em virtude do menor potencial de água no solo causado pelos sais já presentes no solo em virtude do ciclo anterior e do acréscimo pela fertirrigação com esgoto doméstico tratado ao longo do ciclo, além de um aumento na taxa de assimilação líquida nesses tratamentos. Há de se considerar que quanto menor a disponibilidade de água menor também será o grau de abertura estomática para reduzir a perda d'água, conseqüentemente, a  $E_i U A$  é maior mantendo o mínimo de equilíbrio hídrico, além de que vale ressaltar que as plantas tipo C3, como o algodão, são limitadas a assimilar  $CO_2$  em situações hídricas adversas (KERBAUY, 2008).

Quando se analisa a taxa de transpiração foliar ( $E$ ), condutância estomática ( $g_s$ ), taxa de assimilação líquida de  $CO_2$  ( $A$ ) e a concentração interna de  $CO_2$  ( $C_i$ ), nos dois ciclos de cultivo por planta (Figuras 19A a 19F), constata-se que os parâmetros das trocas gasosas se mostram crescentes no tempo nos dois ciclos de cultivo, com o aumento da área foliar em função do desenvolvimento da parte aérea das plantas e superior nos tratamentos fertirrigados com água residuária, em virtude da maior área foliar.

No entanto com tendência de redução no final do ciclo em todos os tratamentos, comportamento absolutamente normal, a medida em que as folhas crescem, sua capacidade para produzir fotoassimilados aumenta até o alcance da maturidade, que consiste em seu crescimento final, fase na qual as taxas fotossintéticas começam então a decrescer. Folhas velhas e senescentes eventualmente tornam-se amarelas e são incapazes de realizar a fotossíntese, pois a clorofila é degradada e o cloroplasto passa a perder sua funcionalidade (TAIZ & ZEIGER, 2013).

Quando analisa-se a transpiração ( $E$ ) (Figura 19A e 19B) constata-se comportamento quadrático em função das épocas de amostragem ao longo do ciclo, comportamento semelhante ao observado na condutância estomática ( $g_s$ ) (Figura 19C e 19D), o que corrobora com informações de Lima et al. (2010), que informam que o comportamento estomático determina a demanda transpirativa a que as folhas estão potencialmente sujeitas controlando sua perda de  $H_2O$  para o ambiente, na forma de vapor de água. A fotossíntese líquida ( $A$ ) (Figura 19E e 19F), vê-se que os valores observados se ajustaram ao modelo quadrático em função das épocas de amostragem ao longo do ciclo. A maior produção de fotossíntese com o aumento da área foliar está ligada com uma quantidade considerável de concentração interna de  $CO_2$  ( $C_i$ ) (Figura 19G e 19H), no momento em que as plantas estavam com maior condutância estomática. Constata-se que a redução da transpiração ( $E$ ), condutância estomática ( $g_s$ ) e conseqüente fotossíntese líquida ( $A$ ) por área foliar (Tabela 20 e 21).



**Figura 19.** Variação da transpiração foliar (E) (A e B) condutância estomática (gs) (C e D), taxa de assimilação líquida de CO<sub>2</sub> (A) (E e F) e concentração interna de CO<sub>2</sub> (Ci) (G e H), respectivamente em dois ciclos de cultivo do algodoeiro herbáceo (cultivar BRS 335)

Como medida de contenção da transpiração em função do aumento da lâmina de fertirrigação com água de esgoto doméstico tratado e consequente redução do potencial de água no solo, foi superado por um maior aparato fotossintético desenvolvido pelas plantas submetidas a fertirrigação (T2 e T3) (Tabela 22).

**Tabela 22.** Comportamento das variáveis transpiração foliar ( $E$ ), condutância estomática ( $g_s$ ), assimilação líquida de  $CO_2$  ( $A$ ), concentração interna de  $CO_2$  ( $C_i$ ), nos diferentes tratamentos, em dois ciclos de cultivo do algodoeiro herbáceo (cultivar BRS 335)

Ciclo	Tratamentos	Transpiração ( $E$ )	$R^2$	EMEF <sup>1</sup> (DAG)	Valor máximo ( $mmol H_2O planta s^{-1}$ )
2016	T1	$E = -0,000261x^2 + 0,033793x - 0,598965$	0,89	65	0,49
	T2	$E = -0,000893x^2 + 0,109427x - 1,982469$	0,81	61	1,37
	T3	$E = -0,00112x^2 + 0,13285x - 2,25763$	0,95	59	1,68
2017	T1	$E = -0,0000782x^2 + 0,0136455x - 0,2380830$	0,84	87	0,36
	T2	$E = -0,000236x^2 + 0,052254x - 1,092356$	0,96	111	1,80
	T3	$E = -0,000482x^2 + 0,081108x - 1,575211$	0,86	84	1,84
Ciclo	Tratamentos	Condutância estomática ( $g_s$ )	$R^2$	EMEF (DAG)	Valor máximo ( $mol H_2O planta s^{-1}$ )
2016	T1	$g_s = -0,0000221x^2 + 0,0027606x - 0,0503042$	0,88	62	0,04
	T2	$g_s = -0,0000720x^2 + 0,0085648x - 0,1550657$	0,87	59	0,10
	T3	$g_s = -0,0000895x^2 + 0,0103642x - 0,1773296$	0,95	58	0,12
2017	T1	$g_s = -0,0000077x^2 + 0,0010978x - 0,0202216$	0,89	71	0,02
	T2	$g_s = -0,0000345x^2 + 0,0052399x - 0,1121978$	0,94	76	0,09
	T3	$g_s = -0,0000518x^2 + 0,0072088x - 0,1467027$	0,89	70	0,10
Ciclo	Tratamentos	Taxa de assimilação líquida ( $A$ )	$R^2$	EMEF (DAG)	Valor máximo ( $\mu mol CO_2 planta s^{-1}$ )
2016	T1	$A = -0,00168x^2 + 0,22689x - 4,27906$	0,84	68	3,38
	T2	$A = -0,00639x^2 + 0,79481x - 14,94651$	0,81	62	9,77
	T3	$A = -0,00888x^2 + 1,07309x - 19,66601$	0,86	60	12,75
2017	T1	$A = -0,00074x^2 + 0,11092x - 2,01121$	0,95	75	2,15
	T2	$A = -0,00381x^2 + 0,62685x - 13,70110$	0,95	82	12,08
	T3	$A = -0,00552x^2 + 0,82191x - 16,67730$	0,98	74	13,92
Ciclo	Tratamentos	Concentração interna de $CO_2$ ( $C_i$ )	$R^2$	EMEF (DAG)	Valor máximo ( $\mu mol planta s^{-1}$ )
2016	T1	$C_i = -0,00770x^2 + 1,16547x - 20,95963$	0,94	76	23,14
	T2	$C_i = -0,03483x^2 + 4,57363x - 84,98226$	0,84	66	65,16
	T3	$C_i = -0,04184x^2 + 5,46254x - 96,31851$	0,94	65	81,98
2017	T1	$C_i = -0,00681x^2 + 0,94056x - 18,03013$	0,95	69	14,45
	T2	$C_i = -0,0237x^2 + 3,5288x - 73,275$	0,96	74	58,08
	T3	$C_i = -0,0301x^2 + 4,209x - 80,766$	0,86	70	66,37

<sup>1</sup>EMEF – Época na máxima eficiência física; DAG – Dias após a germinação

Há de se considerá que área foliar de uma cultura é conhecida como sendo um parâmetro indicativo de produtividade, pois o processo fotossintético depende da

interceptação da energia luminosa e a sua conversão em energia química (Favanin et al., 2002), atuando na formação de carboidratos, alocados para os órgãos vegetativos e reprodutivos; a sistematização do comportamento das variáveis de trocas gasosas encontra-se na (Tabela 22).

Constata-se valores superiores dos parâmetros avaliados e para os máximos alcançados, nos tratamentos com fertirrigação, alcançando-se ganhos superiores com o aumento da porcentagem de água residuária na fertirrigação, mas incrementos bem próximo da igualdade para os tratamentos com 50% e 100% de água residuária na fertirrigação, respectivamente T2 e T3 (Tabela 22), o que mostra que o aporte de 50% de água residuária via fertirrigação já se aproxima do máximo desempenho do aparato fotossintético.

#### **4.7 Acúmulo de fitomassa**

Verifica-se que as diferentes porcentagens de esgoto doméstico tratado via fertirrigação promoveram diferenças significativas para as variáveis massa seca dos talos (MST), massa seca das folhas (MSF), massa seca das estruturas reprodutivas (MSE) e massa seca total (MSTT) do algodoeiro herbáceo (BRS 335), em dois ciclos de cultivo, sob diferentes porcentagens de água residuária na fertirrigação em substituição a água de abastecimento, na presença e ausência de adubação fosfatada em pré-plantio, nas diferentes épocas de avaliação (Tabela 23).

Para as variáveis massa seca dos talos, massa seca das folhas, massa seca das estruturas e massa seca total, os tratamentos diferiram a partir dos 36 DAG, com os tratamentos com fertirrigação (T2 e T3) sendo superior ao T1 (sem fertirrigação) (Tabela 24, 25, 26 e 27), comportamento normal tendo em vista que a fertirrigação só teve início aos 10 DAG, não havendo tempo hábil para efetivação dos benefícios dos nutrientes presentes na água de esgoto doméstico.

A superioridade dos tratamentos com fertirrigação é atribuído as elevadas doses de nutrientes e alto teor de matéria orgânica presentes no esgoto tratado. O poder fertilizante da água residuária no cultivo de algodão em Cambissolo também foi constatado por Andrade Filho et al. (2013). Já a variável massa seca das estruturas reprodutivas inicia a apresentar diferença entre os tratamentos apenas a partir dos 56 DAG, que coincide com a época que se inicia um maior deslocamento de fotoassimilados para os órgãos reprodutivos.

Quando compara-se as variáveis massa seca dos talos, massa seca das folhas, massa seca das estruturas e massa seca total apenas nos tratamentos fertirrigados com água

residuária (Tabela 24, 25, 26 e 27), constata-se que não há diferença significativa apenas a partir dos 78 DAG e apenas no primeiro ciclo, isso pode ser explicado em função das exigências nutricionais da cultura aumentar ao longo do ciclo para o crescimento da massa verde, principalmente por nitrogênio (N) o que só era suprida via fertirrigação apenas no tratamento T3 (100% de água de esgoto doméstico tratado no suprimento da ETc).

**Tabela 23.** Resumo da análise de variância para as variáveis massa seca do talo (MST), massa seca das folhas (MSF), massa seca das estruturas reprodutivas (MSE), massa seca o total (MSTT) do algodoeiro herbáceo (cultivar BRS 335), em dois ciclos de cultivo

FV	GL	Pr>Fc <sup>1</sup>			
		ciclo 2016			
		MST	MSF	MSE	MSTT
Bloco	5	0,40 <sup>ns</sup>	0,39 <sup>ns</sup>	0,94 <sup>ns</sup>	0,63 <sup>ns</sup>
TRATAMETO (TRAT)	2	0,00*	0,00*	0,00*	0,00*
Erro 1	10				
MANEJO (MA)	1	0,02*	0,00*	0,00*	0,00*
TRAT*MA	2	0,07 <sup>ns</sup>	0,13 <sup>ns</sup>	0,65 <sup>ns</sup>	0,16 <sup>ns</sup>
Erro 2	15				
TEMPO (T)	5	0,00*	0,00*	0,00*	0,00*
TRAT*T	10	0,00*	0,00*	0,00*	0,00*
MA*T	5	0,39 <sup>ns</sup>	0,18 <sup>ns</sup>	0,06 <sup>ns</sup>	0,08 <sup>ns</sup>
TRAT*MA*T	10	0,73 <sup>ns</sup>	0,26 <sup>ns</sup>	0,99 <sup>ns</sup>	0,83 <sup>ns</sup>
Erro 3	150				
CV 1 (%)		66,27	48,45	47,83	48,62
CV 2 (%)		42,11	24,95	26,22	21,68
CV 3 (%)		33,04	26,12	27,26	20,91
FV		ciclo 2017			
		MST	MSF	MSE	MSTT
Bloco	5	0,11 <sup>ns</sup>	0,07 <sup>ns</sup>	0,63 <sup>ns</sup>	0,24 <sup>ns</sup>
TRAT	2	0,00*	0,00*	0,00*	0,00*
Erro 1	10				
MANEJO (MA)	1	0,06 <sup>ns</sup>	0,00*	0,00*	0,00*
TRAT*MA	2	0,18 <sup>ns</sup>	0,09 <sup>ns</sup>	0,45 <sup>ns</sup>	0,25 <sup>ns</sup>
Erro 2	15				
TEMPO (T)	5	0,00*	0,00*	0,00*	0,00*
TRAT*T	10	0,00*	0,00*	0,00*	0,00*
MA*T	5	0,26 <sup>ns</sup>	0,35 <sup>ns</sup>	0,04*	0,06 <sup>ns</sup>
TRAT*MA*T	10	0,23 <sup>ns</sup>	0,32 <sup>ns</sup>	0,82 <sup>ns</sup>	0,55 <sup>ns</sup>
Erro 3	150				
CV 1 (%)		50,93	43,25	39,06	36,68
CV 2 (%)		39,31	31,42	35,37	32,40
CV 3 (%)		32,87	30,65	41,88	30,42

<sup>1/</sup> Valores de Pr>Fc iguais ou menores que 0,05 indicam diferença significativa a 5%, valores menores que 0,01 indicam significância a 1%.

No segundo ciclo o efeito residual do cultivo anterior aliado aos nutrientes adicionados via fertirrigação, já supriu de nutrientes a cultura para o seu máximo rendimento inclusive no tratamento T2 (50% da ETc via fertirrigação), o efeito residual da água residuária também foi constatado por Silva et al. (2013), estudando o efeito da irrigação com água residuária em cultivo de algodão em sucessão a gergelim e concluiu que em relação à irrigação com água

potável, a aplicação do efluente de esgoto tratado intensifica o crescimento vegetativo do algodoeiro.

**Tabela 24.** Teste de médias para a variável massa seca do talo (MST) do algodoeiro herbáceo (cultivar BRS 335), em dois ciclos de cultivo

Tratamentos	ciclo 2016					
	Épocas de avaliação (DAG)					
	22	36	50	64	78	92
	----- (g planta <sup>-1</sup> ) -----					
T1	0,22A	0,98B	2,89B	5,50B	4,78C	5,17C
T2	0,56A	3,45AB	12,24A	22,64A	20,74B	20,47B
T3	0,76A	5,26A	14,99A	25,82A	29,70A	25,72A
DMS	3,59					
Tratamentos	ciclo 2017					
	Épocas de avaliação (DAG)					
	16	28	42	56	70	84
	----- (g planta <sup>-1</sup> ) -----					
T1	0,07A	0,25A	1,45C	2,96B	3,97B	3,45B
T2	0,08A	1,08A	6,34B	17,35A	23,17A	23,69A
T3	0,11A	1,40A	10,13A	17,16A	21,23A	23,19A
DMS	2,77					

<sup>1/</sup> letras maiúsculas (A, B), comparam as médias dos tratamentos; as médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si ao nível de 5% de significância pelo Teste de Tukey

**Tabela 25.** Teste de médias para a variável massa seca da folha (MSF) do algodoeiro herbáceo (cultivar BRS 335), em dois ciclos de cultivo

Tratamentos	ciclo 2016					
	Épocas de avaliação (DAG)					
	22	36	50	64	78	92
	----- (g planta <sup>-1</sup> ) -----					
T1	0,59A	2,14B	4,46C	7,72B	8,23C	8,49B
T2	1,57A	6,23A	13,75B	28,11A	23,79B	18,16A
T3	2,16A	8,77A	18,70A	29,36A	29,59A	19,13A
DMS	3,24					
Tratamentos	ciclo 2017					
	Épocas de avaliação (DAG)					
	16	28	42	56	70	84
	----- (g planta <sup>-1</sup> ) -----					
T1	0,30A	1,04A	2,89C	4,48B	5,49B	5,18B
T2	0,46A	3,09A	10,06B	23,65A	27,13A	28,90A
T3	0,54A	4,53A	15,50A	22,91A	27,19A	30,37A
DMS	3,51					

<sup>1/</sup> letras maiúsculas (A, B), comparam as médias dos tratamentos; as médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si ao nível de 5% de significância pelo Teste de Tukey.

O acúmulo de massa seca total no algodoeiro submetido a diferentes doses de esgoto doméstico na fertirrigação no final do primeiro ciclo alcançou 44,51 g planta<sup>-1</sup>; 108,56 g planta<sup>-1</sup> e 114,50 g planta<sup>-1</sup>, respectivamente em T1, T2 e T3, verificando-se um acréscimo de 143,9% e 157,2%, respectivamente, para T2 e T3 em relação a T1 (controle). Já no segundo alcançou 29,95 g planta<sup>-1</sup>; 135,87 g planta<sup>-1</sup> e 143,85 g planta<sup>-1</sup>, respectivamente em T1, T2 e T3, verificando-se um acréscimo de 353,6% e 380,3%, respectivamente T2 e T3 em relação a

T1 (controle) (Tabela 27); esses dados mostram também um esgotamento do solo submetido ao tratamento T1 (controle) em cultivos sucessivos no segundo ciclo de cultivo apresentando-se fitomassa inferior à registrada no primeiro, apresentando uma redução de 48,6%, além de mostrar um efeito residual da fertirrigação com esgoto doméstico tratado. Resultados parecidos foram encontrados por Bezerra & Fidelis Filho (2009) que ao final do ciclo vegetativo a cultura quando submetida a irrigação com água residuária apresentou fitomassa de aproximadamente 131 g planta<sup>-1</sup>, enquanto que com a água de abastecimento apresentou valores em torno de 34,9 g planta<sup>-1</sup>.

**Tabela 26.** Teste de médias para a variável massa seca das estruturas reprodutivas (MSE) do algodoeiro herbáceo (cultivar BRS 335), em dois ciclos de cultivo

Tratamentos	ciclo 2016					
	Épocas de avaliação (DAG)					
	22	36	50	64	78	92
	----- (g planta <sup>-1</sup> ) -----					
T1	0,00A	0,28A	2,57A	8,69B	17,31C	29,84B
T2	0,00A	0,67A	3,35A	30,40A	53,47A	69,92A
T3	0,00A	0,86A	4,56A	30,57A	42,65B	69,65A
DMS	5,34					

Tratamentos	ciclo 2017					
	Épocas de avaliação (DAG)					
	16	28	42	56	70	84
	----- (g planta <sup>-1</sup> ) -----					
T1	0,00A	0,00A	0,51A	3,13B	11,45B	21,31B
T2	0,00A	0,00A	1,33A	10,20AB	41,13A	83,28A
T3	0,00A	0,00A	2,14A	11,39A	40,86A	90,28A
DMS	7,12					

<sup>1/</sup> letras maiúsculas (A, B), comparam as médias dos tratamentos; as médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si ao nível de 5% de significância pelo Teste de Tukey

**Tabela 27.** Teste de médias para a variável massa seca total (MSTT), do algodoeiro herbáceo (cultivar BRS 335), em dois ciclos de cultivo

Tratamentos	ciclo 2016					
	Épocas de avaliação (DAG)					
	22	36	50	64	78	92
	----- (g planta <sup>-1</sup> ) -----					
T1	0,81A	3,40B	9,93B	21,91B	30,34B	44,51B
T2	2,14A	10,36AB	29,35A	81,15A	98,01A	108,56A
T3	2,93A	14,91A	38,25A	85,76A	101,95A	114,50A
DMS	8,96					

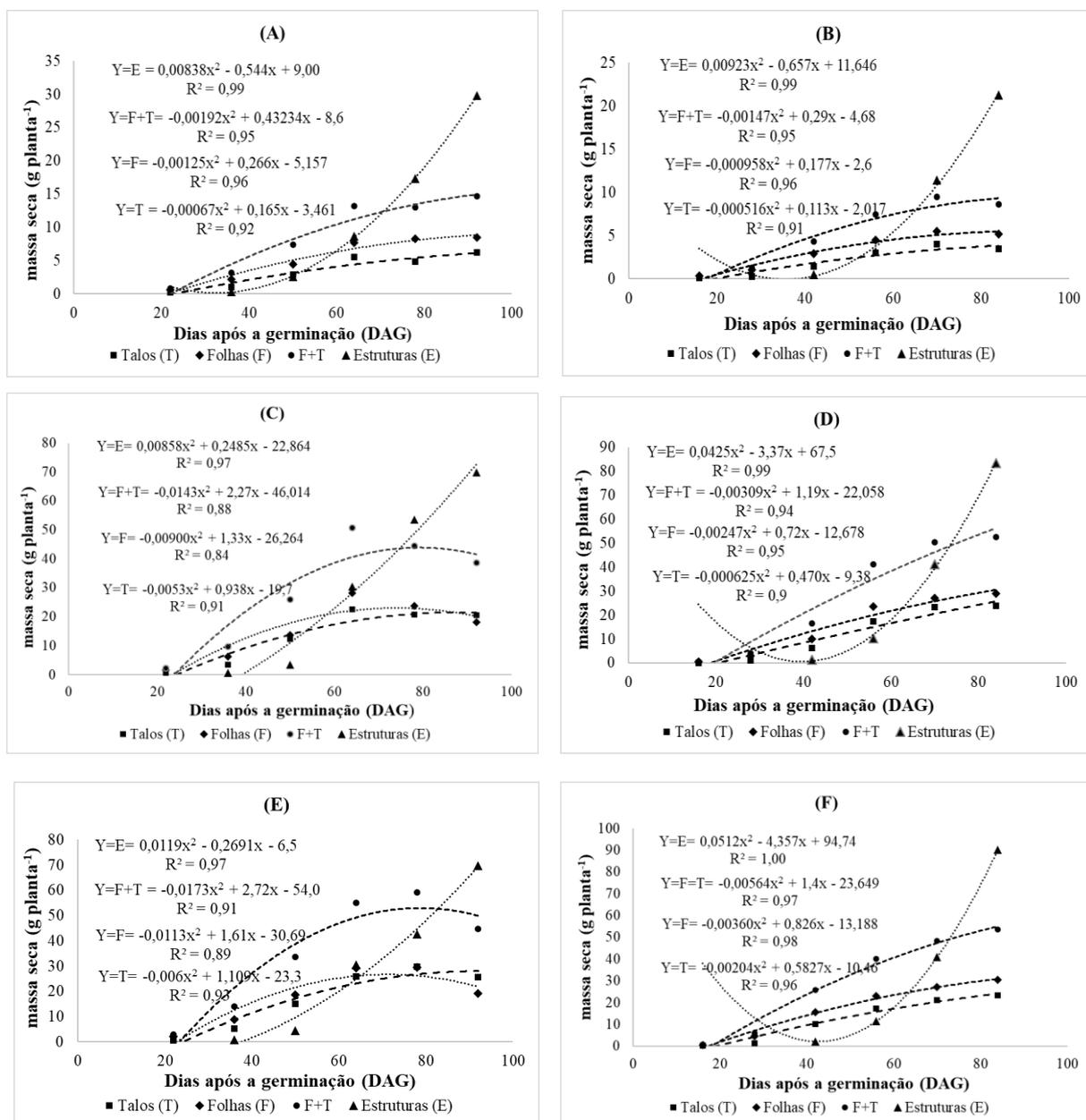
  

Tratamentos	ciclo 2017					
	Épocas de avaliação (DAG)					
	16	28	42	56	70	84
	----- (g planta <sup>-1</sup> ) -----					
T1	0,37A	1,29A	4,86B	10,58B	20,92B	29,95B
T2	0,55A	4,17A	17,75A	51,21A	91,44A	135,87A
T3	0,65A	5,94A	27,79A	51,47A	89,29A	143,85A
DMS	11,23					

<sup>1/</sup> letras maiúsculas (A, B), comparam as médias dos tratamentos; as médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si ao nível de 5% de significância pelo Teste de Tukey

## 4.8 Relação da biomassa das folhas, caule e estruturas reprodutivas

A Figuras 20A, B, C, D, E e F mostram o acúmulo de biomassa nas folhas, caules e nas estruturas reprodutivas nos dois ciclos de cultivo.



**Figura 20.** Acúmulo de massa seca nas diferentes partes da planta: Talos (T), folhas (F), talos + folhas (T+F) e nas estruturas reprodutivas (E), nos tratamentos irrigados com 100% de água de poço (T1) (A) e (B); fertirrigados com 50% de água de poço + 50% de água residuária (T2) (C) e (D) e nos fertirrigados com 100% de água residuária (T3) (E) e (F), respectivamente no primeiro (2016) e segundo (2017) ciclo de cultivo do algodoeiro herbáceo (cultivar BRS 335)

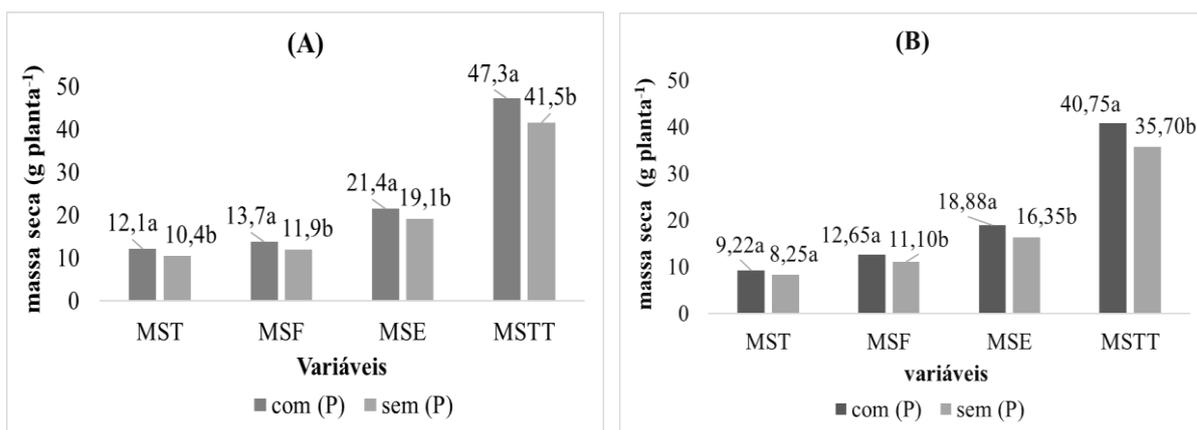
Percebe-se que ao durante os do algodoeiro há uma distribuição dos fotoassimilados nas folhas, caule e estruturas reprodutivas (botão floral, flores e maçãs), o equilíbrio desta

alocação ocorre quando a planta está com a nutrição equilibrada; de forma que, havendo um desequilíbrio pode haver um exagerado crescimento vegetativo em detrimento do acúmulo de fotoassimilados nos itens a serem exportados, tal anormalidade pode ser desencadeada pela relação e distribuição dos nutrientes no sistema solo/planta.

Em todos os tratamentos percebe-se uma estabilização no crescimento vegetativo (talos + folhas) entre 50 e 60 dias após a germinação (DAG); esse comportamento já era esperado uma vez que a partir desse período se inicia o máximo florescimento e consequente formação dos frutos, havendo assim um direcionamento dos fotoassimilados para as estruturas reprodutivas, que são os drenos efetivos da planta.

Observa-se que há alongamento do domínio do crescimento vegetativo com o aumento da porcentagem de água residuária na fertirrigação (Figura 20), já que o peso da massa seca das estruturas reprodutivas (botões florais, flores e frutos), supera mais tardiamente a soma das massas secas dos talos + folhas, sendo superado aos 75 e 83 DAG no primeiro ciclo, respectivamente para o tratamento T2 e T3 e aos 73 DAG no segundo ciclo nos dois tratamentos com fertirrigação, ao passo que no tratamento T1 (controle) alcança aos 71 e 65 DAG, respectivamente para o primeiro e segundo ciclos de cultivo. Isso é causa direta dos altos teores de Nitrogênio (N), presente na água residuária. De acordo com Carvalho et al. (2011), o N estimula o crescimento, o florescimento e regulariza o ciclo da planta. Resultados semelhantes foram constatados por Silva et al. (2013) observando que nos tratamentos irrigados com água potável a fase de crescimento vegetativo mais acentuado se concentrou nos 50 primeiros dias após a emergência das plantas enquanto que, quando a irrigação se deu mediante a aplicação do efluente doméstico, esta fase se estendeu até os 70 DAE.

Não se constatou efeito significativo na interação da fertirrigação com água residuária e o manejo (presença e ausência de fósforo (P) em pré-plantio), para as variáveis massa seca dos talos, massa seca das folhas, massa seca das estruturas e massa seca total, isso mostra que água residuária já continha a quantidade de fósforo (P) necessário ao desenvolvimento da cultura. Já no tratamento apenas com água de abastecimento (T1), a aplicação apenas de fósforo (P) não foi o suficiente para mostrar uma resposta significativa, isso pode ser explicado pela interação que existe na absorção de fósforo com outros elementos, principalmente com nitrogênio (N), que se encontrava ausente no tratamento com água de abastecimento. O manejo isoladamente (presença ou ausência de (P) em pré-plantio apresenta-se significativo para as variáveis MST, MSF, MSE e MSTT nos dois ciclos de cultivo (Figura 21).



**Figura 21.** Variáveis massa seca dos talos (MST), massa seca das folhas (MSF), massa seca das estruturas reprodutivas (MSE) e massa seca total (MSTT) do algodoeiro herbáceo (cultivar BRS 335) fertirrigado com diferentes porcentagens de esgoto doméstico tratado e submetido a duas condições de manejo (com e sem fósforo (P) em pré-plantio), em dois ciclos de cultivo 2016 (A) e 2017 (B)

Verificou-se que o incremento no crescimento no intervalo de alta concentração de efluente doméstico (entre os tratamentos T2 e T3), foi menor quando comparado com o incremento no intervalo de mais baixo da concentração esgoto doméstico (entre os tratamentos T1 e T2), o que significa que a fertirrigação com 50% de água residuária do total da evapotranspiração da cultura já se aproxima do crescimento máximo da cultura, por suprir adequadamente a cultura do algodoeiro.

#### 4.9 Avaliação do estado nutricional das plantas

A análise de variância e teste de médias para os teores de macronutrientes e micronutrientes, na folha diagnóstico do algodoeiro herbáceo (BRS 335), em dois ciclos de cultivo sob diferentes porcentagens de água residuária na fertirrigação em substituição a água de abastecimento para o suprimento da evapotranspiração da cultura (ET<sub>c</sub>), na presença e ausência de adubação fosfatada em pré-plantio, promoveram diferenças significativas para os teores foliares de K, Ca, Mg, Fe, Mn e Zn no primeiro ciclo e para os teores de N, P, Ca, Mg, Cu, Fe, Mn e Zn no segundo ciclo de cultivo (Tabela 28), se apresentando superior para nutrientes N, K, Mg e Mn com o aumento da fertirrigação via água residuária nos dois ciclos de cultivo (Tabela 29 e 30), isso pode ser explicado pelos altos teores de nutrientes presentes na água residuária.

**Tabela 28.** Resumo da análise de variância para os teores de macronutrientes e micronutrientes, na folha diagnóstico do algodoeiro herbáceo (cultivar BRS 335), em dois ciclos de cultivo.

FV	GL	Pr>Fc								
		Ciclo 2016								
		N	P	K	Ca	Mg	Cu	Fe	Mn	Zn
Bloco	5	0,98 <sup>ns</sup>	0,54 <sup>ns</sup>	0,30 <sup>ns</sup>	0,01*	0,20 <sup>ns</sup>	0,60 <sup>ns</sup>	0,38 <sup>ns</sup>	0,19 <sup>ns</sup>	0,12 <sup>ns</sup>
Trat (T)	2	0,16 <sup>ns</sup>	0,12 <sup>ns</sup>	0,00*	0,00*	0,00*	0,41 <sup>ns</sup>	0,02*	0,00*	0,01*
Manejo (M)	1	0,58 <sup>ns</sup>	0,04*	0,32 <sup>ns</sup>	0,85 <sup>ns</sup>	0,35 <sup>ns</sup>	0,07 <sup>ns</sup>	0,66 <sup>ns</sup>	0,95 <sup>ns</sup>	0,81 <sup>ns</sup>
TXM	2	0,38 <sup>ns</sup>	0,96 <sup>ns</sup>	0,36 <sup>ns</sup>	0,80 <sup>ns</sup>	0,63 <sup>ns</sup>	0,95 <sup>ns</sup>	0,30 <sup>ns</sup>	0,90 <sup>ns</sup>	0,15 <sup>ns</sup>
Erro	25									
CV (%)		14,33	30,84	17,92	27,84	32,50	26,38	20,12	28,96	44,02
FV	GL	Ciclo 2017								
		N	P	K	Ca	Mg	Cu	Fe	Mn	Zn
		BLOCO	5	0,11 <sup>ns</sup>	0,78 <sup>ns</sup>	0,29 <sup>ns</sup>	0,10 <sup>ns</sup>	0,26 <sup>ns</sup>	0,58 <sup>ns</sup>	0,80 <sup>ns</sup>
TRAT (T)	2	0,00*	0,00*	0,11 <sup>ns</sup>	0,00*	0,00*	0,02*	0,03*	0,00*	0,00*
MANEJO (M)	1	0,23 <sup>ns</sup>	0,01*	0,93 <sup>ns</sup>	0,78 <sup>ns</sup>	0,65 <sup>ns</sup>	0,08 <sup>ns</sup>	0,82 <sup>ns</sup>	0,90 <sup>ns</sup>	0,75 <sup>ns</sup>
TxM	2	0,50 <sup>ns</sup>	0,00*	0,86 <sup>ns</sup>	0,82 <sup>ns</sup>	0,35 <sup>ns</sup>	0,90 <sup>ns</sup>	0,96 <sup>ns</sup>	0,85 <sup>ns</sup>	0,91 <sup>ns</sup>
Erro	25									
CV (%)		6,53	21,28	10,05	25,55	16,16	9,65	11,28	13,08	8,29

<sup>1/</sup> Valores de Pr>Fc iguais ou menores que 0,05 indicam diferença significativa a 5%, valores menores que 0,01 indicam significância a 1%.

**Tabela 29.** Teste de médias para os teores de macronutrientes e micronutrientes, na folha diagnóstico do algodoeiro herbáceo (cultivar BRS 335), no primeiro ciclo de cultivo (2016)

Tratamentos	N	P	K	Ca	Mg	Cu	Fe	Mn	Zn
	.....g kg <sup>-1</sup> .....					.....mg kg <sup>-1</sup> .....			
T1	29,47A	5,6A	15,3B	24,16A	2,71B	1,60A	31,66B	75,91B	18,05B
T2	32,74A	4,3A	17,8B	17,76B	1,93B	1,47A	40,50A	108,50B	17,00B
T3	32,50A	4,8A	22,6A	14,09B	6,88A	1,38A	36,25AB	447,66A	27,58A
DMS	4,60	1,5	3,4	5,28	1,27	0,39	7,39	62,07	9,35
Manejo	N	P	K	Ca	Mg	Cu	Fe	Mn	Zn
	.....g kg <sup>-1</sup> .....					.....mg kg <sup>-1</sup> .....			
Com (P)	31,15a	5,5a	18,0a	18,83a	4,03a	1,60a	35,61a	211,33a	20,51a
SEM (P)	31,99a	4,4b	19,1a	18,51a	3,64a	1,36a	36,66a	210,05a	21,25a
DMS	3,1	1	2,2	3,56	0,85	0,26	4,99	41,88	6,31

<sup>1/</sup> letras maiúsculas (A, B), comparam as médias dos tratamentos; as médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si ao nível de 5% de significância pelo Teste de Tukey

<sup>2/</sup> letras minúsculas (a, b), comparam médias dos manejos

Os teores foliares P, Ca e Cu apresentaram decréscimos com a adição de água residuária tratada. No caso do fósforo (P) isso pode ser explicado pelos elevados teores de (P) aplicados em pré-plantio e do efeito da concentração, tendo o pequeno desenvolvimento vegetativo, que na ausência da fertirrigação contribuiu para a elevação da média desses tratamentos. No caso do comportamento do cálcio (Ca), ressalta-se que a fonte de fósforo utilizada (superfosfato triplo) ser também fonte de (Ca). Há de se considerar que no caso do (P) e (Ca) os tratamentos sob fertirrigação apresenta-se com elevados índices de crescimento de fitomassa da parte aérea o que contribui para a diluição e conseqüente redução da concentração do nutriente por

unidade de massa seca nas folhas, isso explica também o comportamento do cobre (Cu) e ferro (Fe) que apresentam-se superior quando 50% da ETc da cultura é suprida com esgoto doméstico tratado + 50% com água de abastecimento (T2), com redução também no tratamento com 100% da ETc suprida com esgoto doméstico tratado (T3) (Tabela 29 e 30).

**Tabela 30.** Teste de médias para os teores de macronutrientes e micronutrientes, na folha diagnóstica do algodoeiro herbáceo (cultivar BRS 335), no segundo ciclo de cultivo (2017)

		2017							
Tratamentos	N	P	K	Ca	Mg	Cu	Fe	Mn	Zn
	.....g kg <sup>-1</sup> .....					.....mg kg <sup>-1</sup> .....			
T1	28,32B	4,7A	14,5A	27,74A	2,24B	0,95AB	44,66AB	78,00C	8,59A
T2	41,18A	3,2B	14,6A	14,31B	2,13B	1,00A	48,41A	98,50B	8,02A
T3	43,65A	2,7B	15,7A	13,5B	10,33A	0,89B	42,66B	221,16A	5,90B
DMS	2,5	0,7	1,5	4,81	0,8	0,09	5,19	17,63	0,63
Manejo	N	P	K	Ca	Mg	Cu	Fe	Mn	Zn
	.....g kg <sup>-1</sup> .....					.....mg kg <sup>-1</sup> .....			
Com (P)	37,22a	3,9a	14,9a	18,73a	4,96a	0,96a	45,44a	132,22a	7,47a
SEM (P)	38,21a	3,2b	14,9a	18,3a	4,84a	0,93a	45,05a	132,88a	7,53a
DMS	1,69	0,5	1,0	3,24	0,54	0,06	3,5	11,90	0,42

<sup>1/</sup> letras maiúsculas (A, B), comparam as médias dos tratamentos; as médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si ao nível de 5% de significância pelo Teste de Tukey

<sup>2/</sup> letras minúsculas (a, b), comparam médias dos manejos

O manejo (presença ou ausência de fósforo (P) em pré-plantio apresenta efeito significativo para os teores foliares apenas para (P) no primeiro ciclo e segundo ciclo; e com interação entre tratamentos e manejo no segundo ciclo (Tabela 28). No primeiro ciclo apresenta-se superior na presença de (P) em pré-plantio (Tabela 29), não havendo diferença em relação as porcentagens de água residuária na fertirrigação; já no segundo ciclo se apresenta superior na presença de (P) em pré-plantio e ausência de água residuária na fertirrigação, com redução dos teores em função do aumento da porcentagem de água residuária na fertirrigação (Tabela 30), isso pode ter ocorrido em função do aumento da fitomassa seca nos tratamentos sob fertirrigação o que ocasiona a diluição do fósforo.

Observa-se que os valores médios obtidos de nitrogênio (N) no primeiro estão abaixo da faixa (30 a 40 g kg<sup>-1</sup>) considerados adequados (Malavolta et al., 1997), embora mais elevados nos tratamentos sob fertirrigação com esgoto doméstico tratado (Tabela 29), já no segundo ciclo os teores médios de N estão ainda mais baixo no tratamento T1 (controle) (Tabela 30), mostrando uma deficiência ainda maior no cultivo seguinte, fruto do esgotamento do solo, ao passo que os tratamentos sob fertirrigação apresenta-se dentro da faixa considerada adequada (Malavolta et al., 1997), isso pode ser explicado por ser água de esgoto doméstico tratado

fonte de (N) e no segundo ciclo de cultivo aplicou-se uma lâmina de 759,11 mm após a estabilização da germinação para suprir a evapotranspiração da cultura (ETc), 71,07 mm a mais que no primeiro ciclo, sendo 50 e 100% dessa lâmina suprida com esgoto doméstico tratado, respectivamente nos tratamentos (T2 e T3). A elevação nos teores de nitrogênio foliar em função da aplicação de efluente também foi constatado por (Silva et al., 2013).

Os teores de fósforo apresentam-se acima da faixa (2 a 2,5 g kg<sup>-1</sup>) considerada adequada (Malavolta et al., 1997), nos dois ciclos de cultivo, sendo superior no tratamento controle (T1), isso é devido a adubação de pré-plantio, que foi realizada inclusive no T1, mas em virtude da ausência de fertirrigação e conseqüente deficiência dos demais elementos houve menor crescimento vegetativo e conseqüente maior concentração por unidade de fitomassa seca das folhas, esse efeito do (P) fica evidente quando se compara os teores de (P) no manejo (presença e ausência de (P) em pré-plantio e se constata valores mais elevados na presença de (P). Já os teores médios de potássio (K) apresenta-se superior ao adequado que é 14 a 16 g kg<sup>-1</sup> (Malavolta et al., 1997), com tendência de superioridade para os tratamentos sob fertirrigação com esgoto doméstico tratado (Tabelas 29 e 30) e apresenta teores mais elevados no primeiro ciclo, isso devido ao (K) já presente no solo antes da instalação da cultura (Tabela 29).

Os teores médios de cálcio (Ca) estão abaixo da faixa (30 a 40 g kg<sup>-1</sup>) considerada adequada (Malavolta et al., 1997), nos dois ciclos de cultivo (Tabelas 29 e 30). Já os teores de magnésio (Mg), apresentam comportamento variável, se apresentando abaixo da faixa (4,0 a 5,0 g kg<sup>-1</sup>) considerada adequada, nos tratamentos (T1) e (T2), e superior aos teores considerados adequados no tratamento (T3) nos dois ciclos de cultivo, o que indica que apenas o tratamento com 100% da ETc via fertirrigação supre adequadamente a cultura do algodão para a obtenção de altas produtividades.

O teores médios de cobre (Cu) e ferro (Fe), apresentam-se inferior a faixa considerada adequada, nos dois ciclos de cultivo; os teores médios de manganês (Mn) apresentam-se superior aos adequados em todos os tratamentos, com superioridade dos tratamentos sob fertirrigação e valores mais elevados com aumento da porcentagem de água residuária na fertirrigação; já os teores de zinco (Zn) apresenta-se superior ao adequado no primeiro ciclo (Malavolta et al. 1997), e inferior ao adequado no segundo ciclo em todos os tratamentos, além de se constatar valores mais elevados na ausência de fertirrigação (Tabelas 29 e 30); isso pode ser explicado devido a elevação da produção no segundo ciclo, assim maiores quantidades eram requeridas, além de que a água residuária era mais pobre em Zn do que a água de abastecimento.

#### 4.10 Acúmulo de nutrientes no final do ciclo

Verifica--se diferenças significativas na análise de variância e teste de médias para o acúmulo de nutrientes no final de dois ciclos de cultivo (2016 e 2017), pelo do algodoeiro herbáceo (BRS 335) (Tabela 31 e 32).

**Tabela 31.** Resumo da análise de variância para acúmulo de nutrientes nas estruturas reprodutivas (botões florais, flores e maçãs) do algodoeiro herbáceo (cultivar BRS 335), em dois ciclos de cultivo

FV	GL	Pr>Fc <sup>1</sup>								
		Ciclo 2016								
		N	P	K	Ca	Mg	Cu	Fe	Mn	Zn
Bloco	5	0,50 <sup>ns</sup>	0,72 <sup>ns</sup>	0,06 <sup>ns</sup>	0,70 <sup>ns</sup>	0,88 <sup>ns</sup>	0,63 <sup>ns</sup>	0,87 <sup>ns</sup>	0,51 <sup>ns</sup>	0,36 <sup>ns</sup>
Trat (t)	2	0,00*	0,00*	0,00*	0,00*	0,00*	0,00*	0,00*	0,00*	0,00*
Manejo (M)	1	0,01*	0,06 <sup>ns</sup>	0,07 <sup>ns</sup>	0,21 <sup>ns</sup>	0,01*	0,20 <sup>ns</sup>	0,33 <sup>ns</sup>	0,02*	0,11 <sup>ns</sup>
TxM	2	0,79 <sup>ns</sup>	0,77 <sup>ns</sup>	0,33 <sup>ns</sup>	0,59 <sup>ns</sup>	0,86 <sup>ns</sup>	0,97 <sup>ns</sup>	0,55 <sup>ns</sup>	0,19 <sup>ns</sup>	0,19 <sup>ns</sup>
Erro	25									
CV (%)		22,79	31,70	20,47	29,53	20,77	27,65	26,81	29,61	38,76
FV	GL	Ciclo 2017								
		N	P	K	Ca	Mg	Cu	Fe	Mn	Zn
		Bloco	5	0,32 <sup>ns</sup>	0,46 <sup>ns</sup>	0,92 <sup>ns</sup>	0,67 <sup>ns</sup>	0,67 <sup>ns</sup>	0,18 <sup>ns</sup>	0,76 <sup>ns</sup>
Trat (T)	2	0,00*	0,00*	0,00*	0,00*	0,00*	0,00*	0,00*	0,00*	0,00*
Manejo (M)	1	0,17 <sup>ns</sup>	0,19 <sup>ns</sup>	0,30 <sup>ns</sup>	0,26 <sup>ns</sup>	0,36 <sup>ns</sup>	0,51 <sup>ns</sup>	0,20 <sup>ns</sup>	0,28 <sup>ns</sup>	0,14 <sup>ns</sup>
TxM	2	0,81 <sup>ns</sup>	0,79 <sup>ns</sup>	0,73 <sup>ns</sup>	0,44 <sup>ns</sup>	0,66 <sup>ns</sup>	0,29 <sup>ns</sup>	0,74 <sup>ns</sup>	0,78 <sup>ns</sup>	0,71 <sup>ns</sup>
Erro	25									
CV (%)		28,32	34,85	30,29	43,33	23,68	32,10	29,43	41,70	25,06

<sup>1/</sup> Valores de Pr>Fc iguais ou menores que 0,05 indicam diferença significativa a 5%, valores menores que 0,01 indicam significância a 1%.

**Tabela 32.** Resumo da análise de variância para acúmulo de nutrientes em toda a parte aérea, do algodoeiro herbáceo (cultivar BRS 335), em dois ciclos de cultivo

FV	GL	Pr>Fc <sup>1</sup>								
		Ciclo 2016								
		N	P	K	Ca	Mg	Cu	Fe	Mn	Zn
Bloco	5	0,55 <sup>ns</sup>	0,70 <sup>ns</sup>	0,56 <sup>ns</sup>	0,88 <sup>ns</sup>	0,48 <sup>ns</sup>	0,46 <sup>ns</sup>	0,88 <sup>ns</sup>	0,26 <sup>ns</sup>	0,36 <sup>ns</sup>
Trat (t)	2	0,00*	0,00*	0,00*	0,00*	0,00*	0,00*	0,00*	0,00*	0,00*
Manejo (M)	1	0,00*	0,04*	0,03*	0,30 <sup>ns</sup>	0,04*	0,24 <sup>ns</sup>	0,31 <sup>ns</sup>	0,15*	0,06 <sup>ns</sup>
TxM	2	0,76 <sup>ns</sup>	0,75 <sup>ns</sup>	0,47 <sup>ns</sup>	0,89 <sup>ns</sup>	0,91 <sup>ns</sup>	0,99 <sup>ns</sup>	0,96 <sup>ns</sup>	0,64 <sup>ns</sup>	0,26 <sup>ns</sup>
Erro	25									
CV (%)		21,55	31,22	20,81	25,30	23,43	32,25	22,21	43,51	32,86
FV	GL	Ciclo 2017								
		N	P	K	Ca	Mg	Cu	Fe	Mn	Zn
		Bloco	5	0,41 <sup>ns</sup>	0,38 <sup>ns</sup>	0,58 <sup>ns</sup>	0,24 <sup>ns</sup>	0,47 <sup>ns</sup>	0,64 <sup>ns</sup>	0,42 <sup>ns</sup>
Trat (T)	2	0,00*	0,00*	0,00*	0,00*	0,00*	0,00*	0,00*	0,00*	0,00*
Manejo (M)	1	0,16 <sup>ns</sup>	0,07 <sup>ns</sup>	0,15 <sup>ns</sup>	0,07 <sup>ns</sup>	0,14 <sup>ns</sup>	0,33 <sup>ns</sup>	0,19 <sup>ns</sup>	0,15 <sup>ns</sup>	0,16 <sup>ns</sup>
TxM	2	0,71 <sup>ns</sup>	0,70 <sup>ns</sup>	0,64 <sup>ns</sup>	0,30 <sup>ns</sup>	0,51 <sup>ns</sup>	0,91 <sup>ns</sup>	0,73 <sup>ns</sup>	0,53 <sup>ns</sup>	0,83 <sup>ns</sup>
Erro	25									
CV (%)		26,31	32,16	26,07	21,59	19,53	25,78	24,18	35,68	23,72

<sup>1/</sup> Valores de Pr>Fc iguais ou menores que 0,05 indicam diferença significativa a 5%, valores menores que 0,01 indicam significância a 1%.

Analisando-se as médias do acúmulo de nutrientes nas estruturas reprodutivas, apenas dos tratamentos que continham água residuária (Tabela 33) constata-se diferença significativa apenas para nitrogênio (N) e manganês (Mn) no primeiro ciclo e para cálcio ( $\text{Ca}^{+2}$ ), cobre (Cu) e Manganês (Mn), no segundo ciclo, o que confirma que a fertirrigação com uma lâmina de 50% da evapotranspiração da cultura já supriu corretamente as plantas de praticamente todos os nutrientes, o que é reflexo das médias acumuladas em toda a planta que apresenta diferença significativa apenas para o Mn, se apresentando superior (Tabela 34).

**Tabela 33.** Teste de médias para acúmulo de nutrientes nas estruturas reprodutivas (botões florais, flores e maçãs) do algodoeiro herbáceo (cultivar BRS 335), em dois ciclos de cultivo

Trat.	2016								
	N	P	$\text{K}^+$	$\text{Ca}^{+2}$	$\text{Mg}^{+2}$	Cu	Fe	Mn	Zn
	(g planta <sup>-1</sup> )				(mg planta <sup>-1</sup> )				
T1	0,579C	0,077B	0,591B	0,118B	0,049B	0,127B	0,946B	0,589C	0,841B
T2	1,393B	0,147A	1,486A	0,237A	0,108A	0,259A	1,896A	1,202B	1,903A
T3	1,698A	0,181A	1,430A	0,198A	0,105A	0,286A	1,868A	2,655A	1,937A
DMS	0,283	0,043	0,243	0,055	0,018	0,063	0,428	0,446	0,615
Man.									
com (P)	1,346a	0,149a	1,242a	0,196a	0,095a	0,237a	1,639a	1,652a	1,727a
sem (P)	1,100b	0,121a	1,095a	0,173a	0,079b	0,210a	1,501a	1,311b	1,394a
DMS	0,191	0,029	0,164	0,037	0,012	0,042	0,289	0,301	0,415
Trat.	2017								
	N	P	$\text{K}^+$	$\text{Ca}^{+2}$	$\text{Mg}^{+2}$	Cu	Fe	Mn	Zn
	(g planta <sup>-1</sup> )				(mg planta <sup>-1</sup> )				
T1	0,279B	0,034B	0,424B	0,051C	0,044B	0,110C	0,602B	0,560C	0,489B
T2	1,733A	0,104A	1,625A	0,144B	0,169A	0,413B	2,587A	2,717B	1,901A
T3	1,853A	0,115A	1,956A	0,332A	0,158A	0,545A	3,024A	6,663A	2,073A
DMS	0,371	0,030	0,411	0,077	0,029	0,116	0,620	1,405	0,379
Man.									
com (P)	1,374a	0,091a	1,406a	0,190a	0,128a	0,369a	2,204a	3,565a	1,580a
sem (P)	1,203a	0,078a	1,264a	0,161a	0,119a	0,344a	1,938a	3,062a	1,394a
DMS	0,250	0,020	0,277	0,052	0,020	0,078	0,418	0,948	0,255

<sup>1/</sup> letras maiúsculas (A, B), comparam as médias dos tratamentos; as médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si ao nível de 5% de significância pelo Teste de Tukey

<sup>2/</sup> letras minúsculas (a, b), comparam médias dos manejos

Uma análise do efeito do manejo (presença e ausência de fósforo (P) em pré-plantio), nas estruturas reprodutivas (Tabela 33) constata-se diferença significativa para os nutrientes nitrogênio (N), magnésio ( $\text{Mg}^{2+}$ ) e manganês (Mn), que se comporta superior nos tratamentos com (P), o que pode ser explicado pela interação positiva que há para a absorção desses nutrientes na presença de (P), mas apenas no primeiro ciclo, o que significa um poder residual para o retorno de parte desses nutrientes ao solo em plantios sucessivos, o que é reflexo do acúmulo em toda a planta (Tabela 34), que apresenta acúmulo superior apenas no primeiro ciclo para N, P, K, Mg e Mn além de evidenciar o suprimento adequado de nutrientes via fertirrigação com água residuária, inclusive de (P).

Ao analisar-se as quantidades de macronutrientes acumuladas nas estruturas reprodutivas (botões florais, flores e maçãs) no final de cada ciclo em relação ao total

acumulado em toda a planta (Tabela 35), que representa o que de fato será exportado, constata-se pouca variação dos coeficientes em função dos tratamentos, alcançando: N – 42%; P – 42%; K<sup>+</sup> – 38%; Ca<sup>2+</sup> – 16%; Mg<sup>2+</sup> – 35%; o que está bem próximo aos coeficientes de exportação preconizados (FUNDAÇÃO MT, 1997; Staut e Kurihara, 2001) de N – 49%, P – 48%; K – 30%; Ca – 10%; Mg – 53%; o que sinaliza uma correta estimativa da quantidade exportada com base no acumulado nas estruturas reprodutivas em final de ciclo.

**Tabela 34.** Teste de médias para acúmulo de nutrientes para acúmulo de nutrientes em toda a parte aérea do algodoeiro herbáceo (cultivar BRS 335), em dois ciclos de cultivo

Trat.	2016								
	N	P	K <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Cu	Fe	Mn	Zn
	----- (g planta <sup>-1</sup> ) -----					----- (mg planta <sup>-1</sup> ) -----			
T1	0,771B	0,092B	0,897B	0,527B	0,087B	0,272B	1,884B	1,855B	1,102B
T2	1,841A	0,169A	2,307A	1,100A	0,207A	0,493A	3,689A	3,792B	2,300A
T3	2,173A	0,210A	2,322A	1,071A	0,197A	0,490A	3,668A	10,654A	2,389A
DMS	0,349	0,050	0,390	0,231	0,039	0,137	0,696	2,405	0,645
Manejo									
com (P)	1,760a	0,175a	1,989a	0,939a	0,177a	0,445a	3,198a	6,014a	2,131a
sem (P)	1,429b	0,140b	1,695b	0,859a	0,150b	0,392a	2,962a	4,853b	1,730a
DMS	0,236	0,033	0,263	0,156	0,026	0,092	0,469	1,623	0,435
Trat.	2017								
	N	P	K <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Cu	Fe	Mn	Zn
	----- (g planta <sup>-1</sup> ) -----					----- (mg planta <sup>-1</sup> ) -----			
T1	0,387B	0,060B	0,584B	0,282B	0,068B	0,214B	1,147B	1,578C	0,635B
T2	2,546A	0,155A	2,954A	1,420A	0,334A	0,943A	5,725A	10,961B	2,515A
T3	2,733A	0,172A	3,523A	1,539A	0,311A	0,995A	6,481A	23,838A	2,668A
DMS	0,505	0,042	0,624	0,237	0,047	0,188	1,094	4,401	0,467
Manejo									
com (P)	2,006a	0,142a	2,504a	1,153a	0,249a	0,748a	4,687a	13,187a	2,048a
sem (P)	1,771a	0,116a	2,203a	1,008a	0,226a	0,687a	4,214a	11,065a	1,831a
DMS	0,341	0,028	0,421	0,160	0,031	0,127	0,738	2,970	0,315

<sup>1/</sup> letras maiúsculas (A, B), comparam as médias dos tratamentos; as médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si ao nível de 5% de significância pelo Teste de Tukey

<sup>2/</sup> letras minúsculas (a, b), comparam médias dos manejos

Quando analisa-se as quantidades de micronutrientes acumuladas nas estruturas reprodutivas (botões florais, flores e maçãs) no final de cada ciclo em relação ao total acumulado em toda a planta (Tabela 35), constata-se pouca variação dos coeficientes em função dos tratamentos, alcançando: Cu – 34%; Fe 33%; Mn – 23%; Zn – 44; se comportando acima da faixa 13-18% para Cu e 1-19% para Fe; e dentro da faixa para 11-44% para Mn e de 22-90% para Zn, dos coeficientes de exportação aos preconizados por Carvalho (2007), o que significa uma tardia migração do cobre e ferro dos demais órgãos da planta para as estruturas reprodutivas.

O acúmulo de nutrientes foi incrementado nos tratamentos sob fertirrigação com esgoto doméstico (T2 e T3) acompanhando o mesmo aumento da massa seca; e entre os ciclos percebemos um aumento no segundo, mostrando um efeito residual da fertirrigação aplicada no ciclo anterior, incorporaram em seus tecidos vegetais maiores quantidades de N, K<sup>+</sup>, C<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Cu, Fe, Mn, Zn; o efeito residual da água residuária no incremento de nutriente na parte aérea do algodoeiro também foi constatado por MEDEIROS et al. (2015).

**Tabela 35.** Coeficientes de acúmulo de nutrientes nas estruturas reprodutivas do algodoeiro herbáceo (cultivar BRS 335), submetido a diferentes porcentagens de água residuária na fertirrigação, na presença e ausência de fósforo em pré-plantio

Tratamento:	Ciclo 2016								
	N	P	K <sup>+</sup>	Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Cu	Fe	Mn	Zn
	-----%-----								
T1	43	46	40	18	36	32	33	24	43
T2	43	47	39	18	34	34	34	24	45
T3	44	46	38	16	35	37	34	20	45
Média	43	46	39	17	35	34	34	23	44
Manejo	-----%-----								
com P	43	46	38	17	35	35	34	22	45
sem P	43	46	39	17	34	35	34	21	45
	Ciclo 2017								
	-----%-----								
T1	42	36	42	15	39	34	34	26	44
T2	41	40	35	9	34	30	31	20	43
T3	40	40	36	18	34	35	32	22	44
Média	41	39	38	14	36	33	32	23	43
Manejo	-----%-----								
com P	41	39	36	14	34	33	32	21	44
sem P	40	35	34	14	34	33	32	22	43
Média Geral	42	42	38	16	35	34	33	23	44

<sup>1/</sup> T1 – Suprimento de 100% da ETc com água de abastecimento (AA); T2 - Suprimento de 50% da ETc com (AA) + 50% via fertirrigação com água residuária (AR); T3 – Suprimento de 100% da ETc com (AR)

O acúmulo de nutrientes foi incrementado nos tratamentos sob fertirrigação com esgoto doméstico (T2 e T3) acompanhando o mesmo aumento da massa seca; e entre os ciclos percebemos um aumento no segundo, mostrando um efeito residual da fertirrigação aplicada no ciclo anterior, incorporaram em seus tecidos vegetais maiores quantidades de N, K<sup>+</sup>, C<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Cu, Fe, Mn, Zn; o efeito residual da água residuária no incremento de nutriente na parte aérea do algodoeiro também foi constatado por MEDEIROS et al. (2015).

#### 4.11 Extração de nutrientes por hectare

Verifica-se através da análise de variância e teste de médias para o acúmulo de nutrientes por hectare em toda a parte aérea do algodoeiro herbáceo (BRS 335), em dois ciclos de cultivo, sob diferentes porcentagens de água residuária na fertirrigação em

substituição a água de abastecimento, na presença e ausência de adubação fosfatada (Tabela 36) que a fertirrigação com esgoto doméstico tratado (T3 – 100% de água de esgoto doméstico tratado e T2 – 50% de água de abastecimento + 50% de água de esgoto doméstico tratado) promoveram diferenças significativas, para as variáveis N, P, K, Ca, Mg, Cu, Fe, Mn e Zn nos dois ciclos de cultivo, quando comparados com o tratamento que continha apenas água de abastecimento (T1).

**Tabela 36.** Resumo da análise de variância para acúmulo de nutrientes em toda a parte aérea por hectare, pelo algodoeiro herbáceo (cultivar BRS 335), em dois ciclos de cultivo

FV	GL	Pr>Fc <sup>1</sup>								
		Ciclo 2016								
		N	P	K	Ca	Mg	Cu	Fe	Mn	Zn
Bloco	5	0,54 <sup>ns</sup>	0,72 <sup>ns</sup>	0,46 <sup>ns</sup>	0,88 <sup>ns</sup>	0,42 <sup>ns</sup>	0,46 <sup>ns</sup>	0,88 <sup>ns</sup>	0,26 <sup>ns</sup>	0,36 <sup>ns</sup>
Trat (t)	2	0,00*	0,00*	0,00*	0,00*	0,00*	0,00*	0,00*	0,00*	0,00*
Manejo (M)	1	0,00*	0,04*	0,02*	0,29 <sup>ns</sup>	0,04*	0,25 <sup>ns</sup>	0,31 <sup>ns</sup>	0,15 <sup>ns</sup>	0,06 <sup>ns</sup>
TxM	2	0,75 <sup>ns</sup>	0,72 <sup>ns</sup>	0,47 <sup>ns</sup>	0,90 <sup>ns</sup>	0,89 <sup>ns</sup>	0,98 <sup>ns</sup>	0,96 <sup>ns</sup>	0,65 <sup>ns</sup>	0,26 <sup>ns</sup>
Erro	25									
CV (%)		21,55	31,06	20,77	25,32	22,85	32,19	22,20	43,51	32,85
FV	GL	Ciclo 2017								
		N	P	K	Ca	Mg	Cu	Fe	Mn	Zn
		Bloco	5	0,42 <sup>ns</sup>	0,35 <sup>ns</sup>	0,57 <sup>ns</sup>	0,24 <sup>ns</sup>	0,38 <sup>ns</sup>	0,63 <sup>ns</sup>	0,42 <sup>ns</sup>
Trat (T)	2	0,00*	0,00*	0,00*	0,00*	0,00*	0,00*	0,00*	0,00*	0,00*
Manejo (M)	1	0,16 <sup>ns</sup>	0,05 <sup>ns</sup>	0,15 <sup>ns</sup>	0,07 <sup>ns</sup>	0,14 <sup>ns</sup>	0,33 <sup>ns</sup>	0,19 <sup>ns</sup>	0,15 <sup>ns</sup>	0,16 <sup>ns</sup>
TxM	2	0,71 <sup>ns</sup>	0,69 <sup>ns</sup>	0,64 <sup>ns</sup>	0,30 <sup>ns</sup>	0,49 <sup>ns</sup>	0,91 <sup>ns</sup>	0,73 <sup>ns</sup>	0,53 <sup>ns</sup>	0,83 <sup>ns</sup>
Erro	25									
CV (%)		26,33	32,28	26,05	21,52	19,19	25,68	24,17	35,68	23,70

<sup>1/</sup> Valores de Pr>Fc iguais ou menores que 0,05 indicam diferença significativa a 5%, valores menores que 0,01 indicam significância a 1%

Para todos os nutrientes analisados, as quantidades acumuladas na parte aérea apresentam-se superior nos tratamentos com fertirrigação (T2 e T3) (Tabela 37), apresentando-se na seguinte ordem de extração N>K>Ca>P>Mg para todos os macronutrientes analisados independente do tratamento, o que está de acordo com EMBRAPA (2014) e Fe>Mn>Zn>Cu para os micronutrientes analisados o que está de acordo com MALAVOLTA et al. (1991) e STAUT & KURIHARA (2001).

Quando analisar-se as médias a extração de nutrientes por hectare apenas os tratamentos que continha água residuária (Tabela 36), constata-se diferença significativa apenas para o Manganês (Mn) nos dois ciclos de cultivo, se apresentando superior no tratamento T3 (100% da ETc da cultura via fertirrigação) (Tabela 37). Isso pode ser explicado pelas elevadas exigência da cultura por esse micronutriente o que só é suprida pelo tratamento (T3).

Uma análise do efeito do manejo (presença e ausência de fósforo (P) em pré-plantio), nas médias de nutrientes extraídos por hectare (Tabela 36) constata-se diferença significativa

apenas no primeiro ciclo para N, P, K e Mg que se apresenta superior na presença de (P) (Tabela 37) o que reflete o acumulado nas plantas, o que pode ser explicado pela interação positiva que há para a absorção desses nutrientes na presença de (P), mas apenas no primeiro ciclo, o que sugere um poder residual para o retorno de parte desses nutrientes ao solo em plantios sucessivos, além de evidenciar o suprimento adequado de nutrientes via fertirrigação com água residuária, inclusive de (P).

**Tabela 37.** Teste de médias para acúmulo de nutrientes para acúmulo de nutrientes em toda a parte aérea por hectare, pelo algodoeiro herbáceo (cultivar BRS 335), em dois ciclos de cultivo

Trat.	2016								
	N	P	K <sup>+</sup>	Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>	Cu	Fe	Mn	Zn
	----- (kg ha <sup>-1</sup> ) -----					----- (g ha <sup>-1</sup> ) -----			
T1	96,2B	11,7B	112,1B	65,9B	10,9B	34,1B	235,6B	232,0B	137,9B
T2	230,0A	21,1A	288,5A	137,5A	25,9A	61,8A	461,2A	474,0B	287,5A
T3	271,5A	26,5A	290,3A	133,7A	24,6A	61,2A	458,6A	1331,6A	298,6A
DMS	43,7	6,2	48,6	28,9	4,7	17,1	87,0	300,6	80,6
Manejo									
com (P)	219,9a	22,0a	248,7a	117,4a	22,1a	55,7a	399,8a	751,9a	266,4a
sem (P)	178,6b	17,6b	211,9b	107,3a	18,8b	49,1a	370,5a	606,5a	216,2a
DMS	29,4	4,2	32,8	19,5	3,2	11,5	58,71	201,8	54,4
Trat.	2017								
	N	P	K <sup>+</sup>	Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>	Cu	Fe	Mn	Zn
	----- (kg ha <sup>-1</sup> ) -----					----- (g ha <sup>-1</sup> ) -----			
T1	48,4B	7,4B	72,9B	35,3B	8,5B	26,8B	143,5B	197,4C	79,3B
T2	318,3A	19,5A	369,1A	177,7A	41,8A	118,0A	715,7A	1370,0B	314,5A
T3	341,7A	21,5A	440,5A	192,4A	38,9A	124,2A	810,2A	2979,8A	333,5A
DMS	63,2	5,3	77,9	29,5	5,8	23,4	136,8	550,1	58,4
Manejo									
com (P)	250,8a	17,8a	313,0a	144,2a	31,1a	93,5a	586,0a	1648,3a	256,1a
sem (P)	221,4a	14,4a	275,3a	126,1a	28,3a	85,8a	526,9a	1383,1a	228,8a
DMS	42,6	3,5	52,6	19,9	3,9	15,8	92,3	371,2	39,4

<sup>1/</sup> letras maiúsculas (A, B), comparam as médias dos tratamentos; as médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si ao nível de 5% de significância pelo Teste de Tukey

<sup>2/</sup> letras minúsculas (a, b), comparam médias dos manejos

## 4.12 Componentes de produção

### 4.12.1 Peso do capulho

A análise da variância e teste de médias mostra diferença significativa no peso do capulho da cultivar da BRS 335, sob diferentes porcentagens de água residuária na fertirrigação em substituição a água de abastecimento, na presença e ausência de adubação com fósforo (P) em pré-plantio; no entanto não se constatou efeito significativo na interação

da fertirrigação com água residuária e com a presença ou ausência de fósforo (P) em pré-plantio (Tabela 38).

Constatou-se um incremento de 20,6 e 22,7%, respectivamente para os tratamentos T2 e T3 no primeiro ciclo e de 26,4 e 30,9%, no segundo ciclo (Tabela 39). Tais efeitos podem ser explicados pelos elevados teores de nutrientes presentes na água de esgoto tratado, sobretudo nitrogênio (N), fósforo (P), além de um efeito residual da fertirrigação com esgoto doméstico tratado no segundo ciclo. Segundo Carvalho et al. (2011) o fósforo favorece a maturação dos capulhos acelerando sua abertura e, juntamente com o potássio, beneficia a fotossíntese, o acúmulo e a translocação de carboidratos para os frutos.

**Tabela 38.** Resumo da análise de variância para a variável peso do capulho do algodoeiro herbáceo (cultivar BRS 335), fertirrigado com diferentes doses de esgoto doméstico tratado, em dois ciclos de cultivo

FV	Pr>Fc <sup>1</sup>	
	Ciclo de cultivo	
	2016	2017
BLOCO	0,43 <sup>ns</sup>	0,80 <sup>ns</sup>
TRATAMENTO	0,00*	0,00*
MANEJO	0,53 <sup>ns</sup>	0,06 <sup>ns</sup>
TRATAMENTO*MANEJO	0,70 <sup>ns</sup>	0,87 <sup>ns</sup>

<sup>1/</sup> Valores de Pr>Fc iguais ou menores que 0,05 indicam diferença significativa a 5%, valores menores que 0,01 indicam significância a 1%

**Tabela 39.** Teste de médias para peso do capulho do algodoeiro herbáceo (cultivar BRS 335), fertirrigado com diferentes doses de esgoto doméstico tratado, em dois ciclos de cultivo

Tratamentos	Ciclo de Cultivo	
	2016	2017
	----- (g) -----	
T1 (100% Água de abastecimento (AA))	4,41b	4,24b
T2 – 50% de AA + 50% de (AR)	5,32a	5,36a
T3 – 100% água residuária (AR)	5,41a	5,55a
DMS	0,24	0,23

<sup>1/</sup> letras minúsculas (a, b), comparam as médias dos tratamentos

O potencial nutritivo da água residuária foi também constatado por Silva et al, (2013), que verificaram incrementos de 16% no peso do capulho e de 270% na produção em caroço quando o algodoeiro foi irrigado com água residuária tratada, em comparação àquelas irrigadas com água de abastecimento.

Verificou-se que não houve diferença significativa para o peso do capulho quando se comparou apenas os tratamentos que continha fertirrigação com efluente doméstico (T2 e T3) (Tabela 39), o que comprova que a fertirrigação com 50% da evapotranspiração da cultura conduz a um rendimento próximo ao máximo da cultura, que representou uma aplicação de 334 mm e 379,5 mm durante o primeiro e segundo ciclo de desenvolvimento da cultura,

respectivamente, foi o suficiente para a nutrição e obtenção do máximo rendimento, o que constitui um aporte no primeiro e segundo ciclo de 148,7 kg ha<sup>-1</sup> e 168,6 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio o que supera a exigência da cultura que é de 131 kg ha<sup>-1</sup> de N de acordo com Teixeira et al. (2008), segundo o mesmo estudo doses superiores ocasionam a redução na produtividade; de 26,12 kg ha<sup>-1</sup> e 29,7 kg ha<sup>-1</sup> de fósforo, abaixo dos 52 kg ha<sup>-1</sup> constatados por Batista et al. (2010), para o máximo rendimento da cultura e de 91,42 kg ha<sup>-1</sup> e 103,8 kg ha<sup>-1</sup> de potássio, um pouco abaixo dos 121 kg ha<sup>-1</sup> recomendados por Campos et al. (2009), para o máximo rendimento do algodoeiro.

#### 4.12.2 Produção e porcentagem de fibras

Verifica-se que as diferentes porcentagens de água residuária na fertirrigação em substituição a água de abastecimento, na presença e ausência de adubação fosfatada promoveram diferenças significativas, para as variáveis produtividade e porcentagem de fibra nos dois ciclos de cultivo, no entanto não se constatou efeito significativo na interação da fertirrigação com água residuária e a adubação com fósforo em pré-plantio (Tabela 40).

**Tabela 40.** Resumo da análise de variância para a produtividade e porcentagem de fibra do algodoeiro herbáceo (cultivar BRS 335), fertirrigado com diferentes doses de esgoto doméstico tratado, em dois ciclos de cultivo

FV	Pr>Fc			
	Produtividade (kg ha <sup>-1</sup> )		Porcentagem (%)	
	2016	2017	2016	2017
BLOCO	0,84 <sup>ns</sup>	0,58 <sup>ns</sup>	0,55 <sup>ns</sup>	0,55 <sup>ns</sup>
TRATAMENTO	0,00*	0,00*	0,00*	0,00*
MANEJO	0,19 <sup>ns</sup>	0,83 <sup>ns</sup>	0,77 <sup>ns</sup>	0,77 <sup>ns</sup>
TRAT*MANEJO	0,81 <sup>ns</sup>	0,31 <sup>ns</sup>	0,90 <sup>ns</sup>	0,90 <sup>ns</sup>

\*Valores de Pr>Fc iguais ou menores que 0,05 indicam diferença significativa a 5%, valores menores que 0,01 indicam significância a 1%

A presença de água residuária na fertirrigação ocasionou aumento significativo na produção de fibra em ambos os ciclos de cultivo (Tabela 41), chegando a um incremento de 140 e 197%, respectivamente para o primeiro e segundo ciclo de cultivo, para o tratamento (T2) e de 135 e 200% para o tratamento T3, apresentando rendimento de algodão em pluma superior à média nacional, que é de 1.629 kg.ha<sup>-1</sup> na safra 2016/2017 (CONAB, 2018). Tais efeitos podem ser explicados pelas elevadas teores de nutrientes presentes na água de esgoto tratado, sobretudo nitrogênio (N) e fósforo (P), que segundo Carvalho et al. (2011) o fósforo favorece a maturação dos capulhos acelerando sua abertura e, juntamente com o potássio, beneficia a fotossíntese, o acúmulo e a translocação de carboidratos para os frutos.

O potencial nutritivo da água residuária foi também constatado por Silva et al (2013), que verificaram incrementos na produção de até 270% mais elevadas para o algodoeiro irrigadas com água residuária tratada em comparação àquelas irrigadas com água de abastecimento.

Verificou-se que não houve diferença significativa no incremento da produção quando se comparou apenas os tratamentos que continha fertirrigação com efluente doméstico (T2 e T3), o que comprova que a fertirrigação com 50% da evapotranspiração da cultura conduz a um rendimento próximo ao máximo da cultura, tal constatação é melhor visualizada na figura 2, que relaciona a produtividade em função da lâmina de fertirrigação com esgoto doméstico aplicada nos dois ciclos que cultivo.

**Tabela 41.** Teste de médias para a produtividade e porcentagem de fibra do algodoeiro herbáceo (cultivar BRS 335), fertirrigado com diferentes doses de esgoto doméstico tratado, em dois ciclos de cultivo

Tratamentos	Ciclo de Cultivo			
	2016	2017	2016	2017
	Produtividade (kg ha <sup>-1</sup> )		Porcentagem (%)	
T1 (100% Água de abastecimento (AA))	740b	741b	42,6a	42,6a
T2 – 50% de AA + 50% de (AR)	1777a	2200a	40,8b	40,8b
T3 – 100% água residuária (AR)	1742a	2223a	39,4c	39,4c
DMS	94,43	227,8	0,85	0,85

<sup>1</sup>/letras maiúsculas (a, b), comparam as médias dos tratamentos

Constatar-se que a fertirrigação com uma lâmina com 379,5mm durante o ciclo de desenvolvimento da cultura (aplicada no tratamento T2 no segundo ciclo), foi o suficiente para a nutrição e obtenção de um excelente rendimento, o que constitui um aporte de 168,6 kg.ha<sup>-1</sup> de nitrogênio o que supera a exigência da cultura que é de 131 kg.ha<sup>-1</sup> de N de acordo com Teixeira et al. (2008), segundo o mesmo estudo doses superiores ocasionam a redução na produtividade; de 29,7 kg.ha<sup>-1</sup> de fósforo, abaixo dos 52 kg.ha<sup>-1</sup> constatados por Batista et al. (2010), para o máximo rendimento da cultura e de 103,8 kg.ha<sup>-1</sup> de potássio, um pouco abaixo dos 121 kg.ha<sup>-1</sup> recomendados por Campos et al (2009), para o máximo rendimento do algodoeiro

Apesar de promover maior produtividade, a irrigação com efluente de esgoto resultou em menor percentual de fibra, com reduções proporcionais nos dois ciclos de cultivo em função do aumento da porcentagem de água residuária na fertirrigação (Tabela 41), alcançando uma redução de 1,8% no tratamento T2 (fertirrigação com 50% da ETc com água residuária) e de 3,2% no tratamento T3 (fertirrigação com 100% da ETc com água residuária), em relação ao tratamento T1 (100% da ETc com água de abastecimento). Esses resultados

corroboram com as observações de Silva (2013) que verificou que o rendimento de fibra diminui com o aumento da lâmina de água residuária aplicada à cultura; o que pode ser causa da grande expansão da área foliar, devido as altas teores de nutrientes na água residuária, ocasionando assim uma elevação da transpiração e conseqüente déficit hídrico, que foi o responsável pela redução na porcentagem de fibra

#### 4.12.3 Produtividade em caroço

Verifica-se que de acordo o resumo da análise de variância e teste de médias para a produtividade de algodão em caroço para a cultivar BRS 335, sob diferentes porcentagens de água residuária na fertirrigação em substituição a água de abastecimento, na presença e ausência de adubação fosfatada em pré-plantio promoveram diferenças significativas, nos dois ciclos de cultivo, quando comparados com o tratamento que continha apenas água de abastecimento (T1), no entanto não se constatou efeito significativo na interação da fertirrigação com água residuária e a adubação com a presença ou ausência de fósforo (P) em pré-plantio (Tabela 42).

**Tabela 42.** Resumo da análise de variância para a produtividade em caroço do algodoeiro herbáceo (cultivar BRS 335), fertirrigado com diferentes doses de esgoto doméstico tratado, em dois ciclos de cultivo

FV	Pr>Fc <sup>1</sup>	
	ciclos de cultivo	
	2016	2017
BLOCO	0,58 <sup>ns</sup>	0,59 <sup>ns</sup>
TRATAMENTO	0,00*	0,00*
MANEJO	0,19 <sup>ns</sup>	0,78 <sup>ns</sup>
TRAT*MANEJO	0,77 <sup>ns</sup>	0,28 <sup>ns</sup>

<sup>1/</sup> Valores de Pr>Fc iguais ou menores que 0,05 indicam diferença significativa a 5%, valores menores que 0,01 indicam significância a 1%

A presença de água residuária na fertirrigação promoveu aumento significativo na produtividade em caroço em ambos os ciclos de cultivo (Tabela 43), chegando a um incremento de 151 e 155%, respectivamente para os tratamentos T2 e T3 no primeiro ciclo e de 213 e 221%, respectivamente para os tratamentos T2 e T3 no segundo ciclo, apresentando rendimento de algodão em caroço superior à média nacional, que foi de 2.445 kg ha<sup>-1</sup> na safra 2016/2017 (CONAB, 2018), tais efeitos podem ser explicados pelas elevadas teores de nutrientes presentes na água de esgoto tratado, sobretudo nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K<sup>+</sup>), além de um efeito residual da fertirrigação com esgoto doméstico tratado no segundo ciclo. O efeito residual no incremento da produção de algodão em segundo ciclo

também foi constatado por Medeiros et al. (2015), trabalhando com água residuária de suinocultura; Alikhasi et al. (2012) mostraram que plantas irrigadas com águas residuárias apresentaram maior vigor que resultam em incrementos na produtividade; já segundo Carvalho et al. (2011) o fósforo favorece a maturação dos capulhos acelerando sua abertura e, juntamente com o potássio, beneficia a fotossíntese, o acúmulo e a translocação de carboidratos para os frutos.

**Tabela 43.** Teste de médias para produtividade em caroço do algodoeiro herbáceo (cultivar BRS 335), fertirrigado com diferentes doses de esgoto doméstico tratado, em dois ciclos de cultivo

FV	ciclos de cultivo	
	2016	2017
	-----Produtividade (kg ha <sup>-1</sup> )-----	
T1 (100% Água de abastecimento (AA))	1733b	1737b
T2 – 50% de AA + 50% de (AR)	4356a	5451a
T3 – 100% água residuária (AR)	4425a	5585a
DMS	209,06	555,85

<sup>1</sup>letras minúsculas (a, b), comparam as médias dos tratamentos

O potencial nutritivo da água residuária foi também constatado por Silva et al, (2013), que verificou incrementos na produção de até 270% mais elevadas para o algodoeiro irrigadas com água residuária tratada em comparação àquelas irrigadas com água de abastecimento; já Santos et al. (2016), também constatou produção em caroço semelhante às plantas com adubação mineral em cobertura.

Verificou-se que não houve diferença significativa no incremento na produção quando se comparou apenas os tratamentos que continha fertirrigação com efluente doméstico (T2 e T3) (Tabela 42), o que comprova que a fertirrigação com 50% da evapotranspiração da cultura conduz a um rendimento próximo ao máximo da cultura, que representou uma aplicação de 334 mm e 379,5 mm durante o primeiro e segundo ciclo da cultura ciclo de desenvolvimento da cultura respectivamente foi o suficiente para a nutrição e obtenção do máximo rendimento, o que constitui um aporte no primeiro e segundo ciclo de 148,7 kg ha<sup>-1</sup> e 168,6 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio o que supera a exigência da cultura que é de 131 kg ha<sup>-1</sup> de N de acordo com Teixeira et al. (2008), segundo o mesmo estudo doses superiores ocasionam a redução na produtividade, 26,12 kg ha<sup>-1</sup> e 29,7 kg ha<sup>-1</sup> foi aportado de fósforo (P), respectivamente no primeiro e segundo ciclo, abaixo dos 52 kg ha<sup>-1</sup> constatados por Batista et al. (2010), para o máximo rendimento da cultura e de 91,42 kg ha<sup>-1</sup> e 103,8 kg ha<sup>-1</sup> de potássio, um pouco abaixo dos 121 kg ha<sup>-1</sup> recomendados por Campos et al (2009), para o máximo rendimento do algodoeiro; assim constata-se que a necessidade de um manejo da

fertirrigação com água residuária durante o ciclo de cultivo, podendo reduzir a porcentagens de água residuária via fertirrigação, sobretudo nos estádios de menor exigência nutricional da cultura, havendo assim uma economia de fertilizante, o que permite a expansão das áreas fertirrigadas com esgoto doméstico tratado. Nas propriedades rurais do semiárido brasileiro, este fato é relevante, em razão da limitada disponibilidade de outras fontes de nutrientes para a melhoria da fertilidade do solo, possibilitando a reinserção dos agricultores no sistema produtivo, representando a condição para sua continuidade como participantes da cadeia produtiva e com baixo consumo de insumos externos.

#### 4.13 Qualidade tecnológica da fibra

Dentre os componentes químicos da fibra do algodão, a celulose é o que se encontra em maior proporção, qual seja, 94%, cuja cadeia é constituída por moléculas de glicose e sua disposição na cadeia tem importante papel nas características intrínsecas da fibra que são relevantes para a classificação do algodão, cujos resultados encontrados nesse estudo são fruto da avaliação instrumental, através de análise pelo sistema HVI (High Volume Instruments) e são apresentados na Tabela 44.

**Tabela 44.** Resumo da análise da análise de variância para as variáveis comprimento (UHM), uniformidade (UNF), índice de fibras curtas (SFI), resistência (STR), alongamento (ELG), índice micronaire (MIC), maturidade (MAT), reflectância (Rd), grau de amarelo (+b) e índice de fiabilidade (CSP) do algodoeiro herbáceo (cultivar BRS 335), em função das lâminas de fertirrigação com água residuária e do manejo, em dois ciclo de cultivo

Ciclo 2016											
FV	GL	Pr>Fc									
		UHM	UNF	SFI	STR	ELG	MIC	MAT	Rd	+b	CSP
Bloco	5	0,20 <sup>ns</sup>	0,93 <sup>ns</sup>	0,57 <sup>ns</sup>	0,71 <sup>ns</sup>	0,12 <sup>ns</sup>	0,47 <sup>ns</sup>	0,23 <sup>ns</sup>	0,93 <sup>ns</sup>	0,96 <sup>ns</sup>	0,81 <sup>ns</sup>
Tratamento (T)	2	0,07 <sup>ns</sup>	0,33 <sup>ns</sup>	0,32 <sup>ns</sup>	0,00*	0,01*	0,01*	0,18 <sup>ns</sup>	0,44 <sup>ns</sup>	0,87 <sup>ns</sup>	0,00*
Manejo (M)	1	0,31 <sup>ns</sup>	0,34 <sup>ns</sup>	0,04*	0,78 <sup>ns</sup>	0,02*	0,65 <sup>ns</sup>	0,56 <sup>ns</sup>	0,22 <sup>ns</sup>	0,14 <sup>ns</sup>	0,50 <sup>ns</sup>
T*M	2	0,28 <sup>ns</sup>	0,97 <sup>ns</sup>	0,50 <sup>ns</sup>	0,52 <sup>ns</sup>	0,51 <sup>ns</sup>	0,03*	0,55 <sup>ns</sup>	0,94 <sup>ns</sup>	0,55 <sup>ns</sup>	0,40 <sup>ns</sup>
Erro	25										
CV (%)		2,81	0,98	5,15	4,29	6,92	4,20	0,65	0,93	5,22	5,67
Ciclo 2017											
FV	GL	Pr>Fc									
		UHM	UNF	SFI	STR	ELG	MIC	MAT	Rd	+b	CSP
Bloco	5	0,30 <sup>ns</sup>	0,48 <sup>ns</sup>	0,78 <sup>ns</sup>	0,19 <sup>ns</sup>	0,63 <sup>ns</sup>	0,68 <sup>ns</sup>	0,75 <sup>ns</sup>	0,33 <sup>ns</sup>	0,94 <sup>ns</sup>	0,42 <sup>ns</sup>
Tratamento (T)	2	0,05 <sup>ns</sup>	0,33 <sup>ns</sup>	0,01*	0,01*	0,75 <sup>ns</sup>	0,56 <sup>ns</sup>	0,94 <sup>ns</sup>	0,01*	0,06 <sup>ns</sup>	0,06*
Manejo (M)	1	0,81 <sup>ns</sup>	0,56 <sup>ns</sup>	0,18 <sup>ns</sup>	0,15 <sup>ns</sup>	0,45 <sup>ns</sup>	0,84 <sup>ns</sup>	0,63 <sup>ns</sup>	0,27 <sup>ns</sup>	0,02*	0,50 <sup>ns</sup>
T*M	2	0,99 <sup>ns</sup>	0,94 <sup>ns</sup>	0,08 <sup>ns</sup>	0,78 <sup>ns</sup>	0,87 <sup>ns</sup>	0,47 <sup>ns</sup>	0,49 <sup>ns</sup>	0,50 <sup>ns</sup>	0,87 <sup>ns</sup>	0,97 <sup>ns</sup>
Erro	25										
CV (%)		2,91	1,24	5,58	5,54	9,86	3,82	0,61	0,83	3,22	7,97

\*Valores de Pr>Fc iguais ou menores que 0,05 indicam diferença significativa a 5%, valores menores que 0,01 indicam significância a 1%

Houve efeito significativo das lâminas de água residuária estudadas sobre o índice de fibras curtas (SFI), apenas no segundo ciclo de cultivo (2016) (Tabela 44), demonstrando um efeito residual negativo sobre a qualidade da fibra ao decorrer de cultivos sucessíveis (Tabela 45 e 46), esse pequeno aumento e alteração verificados em relação ao primeiro ciclo de cultivo não se deve a fertirrigação com água residuária, visto que valores mais elevados foram constatados no tratamento irrigados com água de abastecimento (6,9 µg/in) no segundo ciclo (Tabela 46); constatou-se alteração significativa sobre o (SFI) em função do manejo apenas no primeiro ciclo (Tabela 44), sendo superior na ausência de fósforo na fundação (Tabela 45), no entanto essa variação ficou dentro da faixa considerada normal para a cultivar BRS 335 de acordo com Pedrosa, et al. (2011) e dentro da faixa considerada baixa (6-9%) de acordo SANTANA et al (1999).

**Tabela 45.** Teste de médias para as variáveis comprimento (UHM), uniformidade (UNF), índice de fibras curtas (SFI), resistência (STR), alongamento (ELG), índice micronaire (MIC), maturidade (MAT), reflectância (Rd), grau de amarelo (+b) e índice de fiabilidade (CSP) do algodoeiro herbáceo (cultivar BRS 335), irrigado com diferentes doses de esgoto doméstico tratado, com e sem fósforo (P) em pré-plantio, no ciclo de 2016

Trat <sup>1</sup>	UHM <sup>2</sup> (mm)	UNF <sup>3</sup> (%)	SFI (%)	STR (gf/tex)	ELG (%)	MIC (µg/in)		MAT (LORD)	Rd (%)	+b <sup>5</sup>	CSP	
						CP	SP					
T1	29,9A	86,3A	6,5A	30,8B	4,9AB	4,3A	4,6A	0,9A	84,1A	9,7A	2997A	
T2	29,9A	86,1A	6,5A	31,7AB	5,1A	4,4A	4,4AB	0,9A	83,7A	9,7A	3053A	
T3	30,6A	86,6A	6,3A	33,0A	4,7B	4,3A	4,3B	0,9A	83,8A	9,7A	3255A	
Manejo <sup>4</sup>						T1	T2	T3				
CP	30,3a	86,5a	6,3b	31,8a	4,8b	4,3b	4,4a	4,3a	0,9a	84,0a	9,6a	3121a
SP	30,0a	86,2a	6,6a	31,9a	5,0a	4,6a	4,4a	4,2a	0,9a	83,7a	9,8a	3080a

<sup>1</sup>/ Tratamentos

<sup>2</sup>/letras maiúsculas (A, B), comparam as médias dos tratamentos

<sup>3</sup>/letras minúsculas (a, b), comparam médias da mesma característica em função do manejo

<sup>4</sup>/CP – com adubação fosfatada em pré-plantio; SP – sem adubação fosfatada em pré-plantio

A resistência (STR) se apresentou superior nos tratamentos com água residuária (T2 e T3), no primeiro ciclo de cultivo (2016) (Tabela 45) em relação a T1 (irrigados com 100% de água de abastecimento – AA), que apresentou 30,8 gf/tex, apresentando assim uma diferença significativa em relação a T3 (fertirrigado com 100% de água residuária-AR), 33,0 gf/tex. No segundo ciclo os tratamentos fertirrigados (T2 e T3), continuam a se apresentar superiores, no entanto se apresenta significativo apenas em (T2-50% de AR + 50% de AA) (tabela 10), não apresentando diferença significativa entre T1 e T3, mostrando que cultivos sucessivos na mesma área tende a não aprestar vantagens; no entanto a qualidade do fio continua a ser

classificado como muito resistente (BRASIL, 2002), apresentando valores de resistência superiores a 31 gf/tex.

O alongamento a ruptura (ELG), se apresentou superior nos tratamentos que continha água residuária (T2 e T3), sendo superior e significativo apenas no primeiro ciclo (tabela 45), já no segundo ciclo (2017) apresentou valores variando de 5,5 a 5,7% superiores aos registrados no primeiro (Tabela 46), o que valida que o uso da água residuária na fertirrigação não provoca danos a esta característica, apesar de se apresentar inferior a apresentada em avaliação da cultivar, ou seja 8,5-8,6%, realizada no cerrado do estado da Bahia (Pedrosa, et al. (2011); constatou-se alteração significativa sobre o ELG em função do manejo apenas no primeiro ciclo (tabela 41), sendo superior na ausência de fósforo na fundação (Tabela 45).

**Tabela 46.** Teste de médias para as variáveis comprimento (UHM), uniformidade (UNF), índice de fibras curtas (SFI), resistência (STR), alongamento (ELG), índice micronaire (MIC), maturidade (MAT), reflectância (Rd), grau de amarelo (+b) e índice de fiabilidade (CSP) do algodoeiro herbáceo (cultivar BRS 335), irrigado com diferentes doses de esgoto doméstico tratado, com e sem fósforo (P) em pré-plantio, no ciclo de 2017

Trat <sup>1</sup>	UHM <sup>2</sup> (mm)	UNF <sup>3</sup> (%)	SFI (%)	STR (gf/tex)	ELG (%)	MIC (µg/in)	MAT (LORD)	Rd (%)	+b <sup>3</sup>	CSP
T1	29,4A	85,6A	6,9A	31,2B	5,5A	4,4A	0,9A	83,5B	9,5A	2927A
T2	30,2A	86,2A	6,5B	33,5A	5,6A	4,4A	0,9A	83,9AB	9,8A	3178A
T3	29,5A	86,1A	6,6AB	32,2AB	5,7A	4,5A	0,9A	84,4A	9,8A	303A
Manejo <sup>4</sup>										
CP	29,7a	85,8a	6,8a	31,9a	5,5a	4,4a	0,9a	84,1a	9,6b	3008a
SP	29,8a	86,0a	6,6a	32,7a	5,7a	4,4a	0,9a	83,8a	9,8a	3087a

<sup>1</sup>/ Tratamentos

<sup>2</sup>/letras maiúsculas (A, B), comparam as médias dos tratamentos

<sup>3</sup>/letras minúsculas (a, b), comparam médias da mesma característica em função do manejo

<sup>4</sup>CP – com adubação fosfatada em pré-plantio; SP – sem adubação fosfatada em pré-plantio

O índice de micronaire (MIC) apresentou significativo apenas no primeiro ciclo (2016) de cultivo e foi a única característica a apresentar interação significativa para os tratamentos em relação ao manejo (presença e ausência de adubação fosfatada em pré-plantio) (tabela 44), apresentando-se superior e significativo no tratamento (T1) e na ausência de fósforo na fundação (Tabela 45), no entanto apresentou valores superiores e iguais no segundo ciclo (2017) (tabela 43); no geral apresentou uma variação de 4,3 a 4,6 µg/in sendo classificada como uma fibra média (ABNT, 2002)

A refletância (Rd) se apresentou superior nos tratamentos que continha água residuária (T2 e T3), sendo superior e significativo apenas no tratamento (T3), que apresentou 84,4% de refletância, no segundo ciclo (tabela 45), o que comprova o benefício da água residuária sob

essa característica; em todos os tratamentos a refletância se apresentou superior a exigida pela indústria têxtil nacional e sendo a fibra classificada como clara (SANTANA et al., 1999).

O grau de amarelo (+b), apresentou alteração significativa apenas para o manejo e no segundo ciclo (Tabela 46), se apresentado superior nos tratamentos sem fósforo na fundação (tabela 43), no entanto apresentou valores médios das fibras analisadas variando de 9,5 a 9,8 dentro da faixa normalmente encontrada, ou seja, entre 4 e 18.

O índice de fiabilidade (CSP) apresentou alteração significativa apenas no primeiro ciclo sendo superior no tratamento (T3- 100% da evapotranspiração da cultura fornecida por água residuária) que alcançou 3255, sendo classificado como muito alto de acordo com Sestren & Lima (2007), e superior aos padrões exigidos pela indústria têxtil nacional (Tabela 45).

Para as demais características não foram constatadas alterações significativas (Tabela 44), entretanto quando analisa-se as médias em todos os tratamentos nos dois ciclos de cultivo, constata-se que o comprimento de fibra (UHM) variou de 29,5 a 30,3 mm (tabela 45 e 46), recebendo o código universal 38 (BRASIL, 2002) e está dentro das exigências do mercado têxtil nacional (FUNDAÇÃO MT, 1999) e consideradas de fibras longas (SANTANA et al., 1999).

A uniformidade variou de 85,6-86,6%, sendo considerada muito alta (BRASIL, 2002), superando as exigências do mercado nacional, já os resultados da maturidade (MAT) permaneceram constante em todos os tratamentos e nos dois ciclos apresentando 0,9 LORD e sendo classificada como madura (SANTANA et al., 1999).

De modo geral a fibra produzida foi de excelente qualidade em termos gerais, estando dentro da faixa geral exigida na atualidade pela indústria têxtil nacional e internacional; o elevado índice de reflectância apresentado atesta que a qualidade de brancura da fibra, sendo superior aos padrões da cultivar e por se tratar de um fator extremamente importante na definição do preço do algodão em pluma e em caroço e assim de sua qualidade intrínseca; o valor médio apresentado superior a 83% de reflectância significa que o algodão produzido foi de elevada qualidade; resultados positivos na qualidade da fibra produzida com o uso de água residuária foram relatados por SANTOS, et al. (2016).

Mas há a necessidade de se balancear a fertirrigação via efluente doméstico, o que é corroborado por Alves et al. (2009), que ressalta a importância do fornecimento de nutrientes a cultura do algodão contribui para o aumento da produtividade e da qualidade da fibra, mas em excesso promove efeito adverso, podendo as plantas tenderem a deslocar fotoassimilados para as estruturas vegetativas, em detrimento das estruturas reprodutivas.

## 6. CONCLUSÕES

O efluente de esgoto doméstico utilizado na pesquisa está dentro dos padrões de qualidade exigidos para a irrigação de algodão herbáceo e apresenta efeito fertilizante sobre a cultura, refletidos no estado nutricional das plantas;

Quando 50% da evapotranspiração ( $ET_c$ ) é suprida via fertirrigação com efluente doméstico tratado, o algodoeiro herbáceo apresenta desenvolvimento e produção próximo ao máximo para a cultura nas condições do experimento;

As trocas gasosas ( $E$ ,  $g_s$ ,  $A$  e  $C_i$ ) decrescem por unidade de área foliar do algodoeiro herbáceo durante o ciclo quando submetido a fertirrigação com água de esgoto doméstico tratado, no entanto, se apresenta superior quando se considera toda a planta, refletindo corretamente o acúmulo de assimilados;

A eficiência instantânea da carboxilação ( $E_iC$ ) e a eficiência no uso da água ( $E_iUA$ ) aumenta por unidade de área foliar nas plantas de algodão com o uso de esgoto doméstico tratado via fertirrigação;

A porcentagem de fibra do algodão herbáceo reduz com o incremento de efluente doméstico via fertirrigação, mas não compromete a produtividade e a qualidade da fibra produzida;

A adubação com fósforo (P) no pré-plantio apresentou efeito sobre o crescimento das plantas de algodão apenas no primeiro ciclo;

A fertirrigação com efluente doméstico mostrou efeito residual no aporte de fósforo (P) para as plantas no segundo ciclo de cultivo;

O efluente doméstico pode ser utilizado como fonte de nutrientes para a cultura do algodão herbáceo, desde que seja rigorosamente monitorado, especialmente o teor de sódio (Na) e a condutividade elétrica (CE) do solo para evitar a degradação das áreas fertirrigadas.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas – NBR, Norma Brasileira 11913-91, 1991, 12719-02, 2002.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 13.969: Tanques sépticos: unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos. Projeto, construção e operação. Rio de Janeiro, 1997.

AGÊNCIA BRASIL – AGÊNCIA OFICIAL DE NOTÍCIAS DO GOVERNO FEDERAL. Setor Têxtil registra queda no primeiro semestre e revê projeção para o ano. Publicado por Luana Lourenço. Publicado em: 08 de agosto de 2018. Disponível em: <http://agenciabrasil>. Acesso em 03 de fev. de 2019

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

ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. Evapotranspiración del cultivo. Utah State University. Guías para la determinación de los requerimientos de água de los cultivos. Rome: FAO, 2006. 323p. Paper, 56.

ALMEIDA, O. A. Qualidade da Água de Irrigação. Cruz das Almas: EMBRAPA, Mandioca e Fruticultura, 1a ed. 227 p., 2010.

ALVES, W. W. A.; AZEVEDO, C. A. V. de; DANTAS NETO, J.; LIMA, V. L. A. de; SOUSA, J. S. C. de. Altura da planta de algodoeiro de fibra marrom irrigada com água residuária doméstica tratada. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, Mossoró, v. 4, n. 1, p. 28-32, 2009.

ALVES, W. W.A. Fertirrigação com água residuária na cultura do algodão de fibra marrom. 2006. 211f.: il. Tese (Doutorado em Recursos Naturais) Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande-PB, 2006.

AMARAL, J. A. T. do; RENA, A. B.; AMARAL, J. F. T do. Crescimento vegetativo sazonal do cafeeiro e suas relações com fotoperíodo, frutificação, resistência estomática e fotossíntese. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 41, n. 3, p. 377-384, 2006.

AMORIM, J.R.A.; RESENDE, R.S.; HOLANDA, J.S.; FERNANDES, P.D. A Qualidade da água na agricultura Irrigada. In: ALBUQUERQUE, P.E.P.; DURÃES, F.O.M. (ed.). *Uso e manejo de irrigação*. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2008. Cap. 6, p. 255-316.

AMPA - ASSOCIAÇÃO MATOGROSSENSE DOS PRODUTORES DE ALGODÃO. História do Algodão. Disponível em: [http://www.ampa.com.br/site/qs\\_historia.php](http://www.ampa.com.br/site/qs_historia.php). Acesso em: 04 fev. 2017.

ANA (Agência Nacional de Águas). Relatório de conjuntura de recursos hídricos no Brasil, 2009: Demandas de uso consuntivo. 2011. Disponível em: <http://conjuntura.ana.gov.br/conjuntura/>. Acesso em: 17 jun. 2017.

ANDRADE FILHO, J.; SOUSA NETO, O.N.; DIAS, N.D.; REBOUÇAS, J.L.R.; NASCIMENTO, I.B.; MEDEIROS, J.F.; COSME, C.R. Atributos químicos de solo fertirrigado com água residuária no semiárido brasileiro. *Irriga*, Botucatu, v. 18, n. 4, p. 661-674, outubro-dezembro, 2013.

ASN – Agência Sebrae de Notícias. Setor têxtil cresce e produção anual chega a 89 mil toneladas no RN. Disponível em: [http://www.rn.agenciasebrae.com.br/sites/asn/uf/RN/setor-textil-cresce-e-producao-anual-chega-a-89-mil toneladas,f277113d1f55c510VgnVCM1000004c00210aRCR D](http://www.rn.agenciasebrae.com.br/sites/asn/uf/RN/setor-textil-cresce-e-producao-anual-chega-a-89-mil-toneladas,f277113d1f55c510VgnVCM1000004c00210aRCR D).

AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. A qualidade da água na agricultura. Traduzida por H.R. Gheyi, J. F. de Medeiros, F. A. V. Damaceno. Campina Grande: UFPB. (Estudos FAO 29, 1999). 1999. 153 p.

AZEVEDO, J.; DUTRA, I.B.; COSTA, F.G.B.; BATISTA, R.O; COSTA, L.R. Alterações químicas de cambissolo fertirrigado com água residuária doméstica tratada. Revista Agropecuária Científica no Semi-Árido, v.9, n. 02, p. 66 – 76 abril/junho 2013.

AZEVEDO, M.R.Q.A.; KÖNIG, A.; BELTRÃO, N.E.M; CEBALLOS, B.S.O.; AZEVEDO, C.A.V.; TAVARES, T.L. Características tecnológicas da fibra do algodão herbáceo sob efeito de adubação nitrogenada e irrigação com água residuária tratada. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v.9, (Suplemento), p.202-206, 2005.

BARROSO, L. B.; WOLFF, D. B. Reúso de esgoto sanitário na irrigação de culturas agrícolas. Engenharia Ambiental: Pesquisa e Tecnologia, v.8, n.3, p.225-236, 2011

BATISTA, C. H.; AQUINO, L. A. de; SILVA, T. R.; SILVA, H. R. F. Crescimento e produtividade da cultura do algodão em resposta a aplicação de fósforo e métodos de irrigação. Revista Brasileira de Agricultura Irrigada, Fortaleza, v. 4, n. 4, p. 197-206, 2010.

BATISTA, R.O.; REINALDO, G.P.B.; FREIRE SEGUNDO, J.M.; LEMOS FILHO, L.C.A; SILVA, P.C.M.; SANTOS, D.B. Sistema ecológico para tratamento de esgoto primário em assentamentos rurais do semiárido brasileiro. Revista Agrariambi, v.6, n.22, p.438-447, 2013.

BELTRÃO, G. T. A.; GUERRA, M. Citogenética de angiospermas coletadas em Pernambuco-III. Ciência e Cultura, v. 42, n. 10, 1990.

BELTRÃO, N. E. de M. Algodoeiro Brasileiro em Relação ao Mundo. In: BELTRÃO, N. E. de M. Org. O agronegócio do algodão no Brasil. Vol. 1 Brasília, EMBRAPA- CNPA/ EMBRAPA-SPI, 1999.

BELTRÃO, N. E. de M.; AZEVEDO, D. M. P. de (ed.). O agronegócio do algodão no Brasil. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2008. 2 v., 1309 p.

BELTRÃO, N. E. M; ARAÚJO, A.E. Algodão: o produtor pergunta, a Embrapa responde/ editores técnicos, Napoleão Esberard de Macêdo Beltrão, Alderi Emídio de Araújo, Embrapa Algodão. – Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. 265p.: il. Color.; – (Coleção 500 perguntas, 500 respostas). ISBN 85-7383-278-9

BELTRÃO, N.E.M. Clima regula produção e qualidade da fibra do algodoeiro. Visão agrícola número 6, p. 76-7, Julho/Dezembro 2006.

BERNARDI, C. C. Reuso de água para agricultura. Monografia (Especialização Lato Senso, com área de concentração em Planejamento Estratégico) – ISEA/FGV/ECOBUSINESS SCHOOL, BRASÍLIA, 2003. 625p.

BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, C. Manual de irrigação, edição: 8ª. Editora: UFV, 2ª reimpressão. Viçosa, MG, 2009, 625p.

BEZERRA, B. G.; FIDELES FILHO, J. Análise de crescimento da cultura do algodoeiro irrigada com águas residuárias. *Revista Ciências Agronômicas*, v. 40, p. 339-345, 2009.

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

BEZERRA, J. R. C.; BEZERRA, B.G.; SOFIATTI, V.; MEDEIROS, J.C.; BRANDÃO, Z. N.; ZONTA, J. H.; PEREIRA, J.R.; MEDEIROS, A.A.; GUEDES, F.X. Evapotranspiração do Algodoeiro BRS 187 – 8h, na Chapada do Apodi, RN. 8º Congresso Brasileiro de Algodão & I Cotton Expo 2011, São Paulo, SP – 2011. p. 900-998.

BEZERRA, J. R. C.; ZONTA, J. H.; RODRIGUES, J. P. Manejo da irrigação. In: BORÉM, A.; FREIRE, E. C. (Ed.). *Algodão: o plantio à colheita*. Viçosa, MG: Ed. UFV, 2014. cap.13, p. 271-294.

BIXIO, D.; THOEYE, C.; DE KONING, J.; JOKSIMOVIC, D.; SAVIC, D.; WINTGENS, T.; MELIN, T.; *Water Reuse in Europe, Desalination*, v. 187, p. 89-101, 2006.

BLUMENTHAL, U. J.; MARA, D. D.; PEASEY, A.; PALACIOS, G. R.; STOOT, R. Guidelines for microbiological quality of treated wastewater used in agriculture: recommendations for revising WHO guidelines. *Bulletin of the World Health Organization*, p. 1104-1116, 2000.

BOSCO, M. R. O.; OLIVEIRA, A. B.; HERNANDEZ, F. F. F.; LACERDA, C. F. Efeito do NaCl sobre o crescimento, fotossíntese e relações hídricas de plantas de berinjela. *Revista Ceres*, v.56, p.296-302. 2009.

BRASIL, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 63, de 05 de dezembro de 2002. Aprova o Regulamento Técnico de Identidade e de Qualidade para a Regulamentação Técnica de Identidade e de Qualidade para a Classificação do Algodão em Pluma. *Diário Oficial da União, Brasília, DF*, 06 dez. 2002. Seção 1, p. 6-8.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução n. 430 de 13 de maio de 2011. *Diário Oficial [da] União, Brasília*, 16 maio 2011.

BRASIL. Fundação Nacional de Saúde. Aplicação controlada de água residuária e lodo de esgoto no solo, para melhorar e incrementar a agricultura do semiárido nordestino – Brasília: FUNASA, 2007. 120 p.: il.

CAMPOS, A.; OLIVEIRA, J.; MOZENA, W.; GOMES, T.; FREITAS, P.; Y SANTANA, M. Doses e formas de aplicação da adubação potássica na rotação soja, milho e algodão em sistema plantio direto. *Pesquisa Agropecuária Tropical*. 39 (2): 158-167, 2009.

CARNEIRO, M. M. L. C. Trocas gasosas e metabolismo antioxidativo em plantas de girassol em resposta ao déficit hídrico. 2011. Dissertação (Mestrado em Fisiologia Vegetal) – Programa de Pós-Graduação em Fisiologia Vegetal. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

CARVALHO, M. C. S. Nutrição e Adubação do Algodoeiro com Micronutrientes. Campina Grande, PB: Embrapa, 2007. 6 p.

CARVALHO, M. da C. S.; FERREIRA, G. B.; STAUT, L. A. Nutrição, calagem e adubação. In: FREIRE, E. C. (ed.). *O algodão no Cerrado do Brasil*. Brasília: ABRAPA, 2011. p.581-647.

CAVALCANTE, L. F.; CAVALCANTE, I. H. L.; PEREIRA, K. S. N.; OLIVEIRA, F. A. De; Gondim, S. C.; Araújo, F. A. R. De. Germination and initial growth of guava plants irrigated with saline water. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v.9, p.515-519, 2005.

CHAVES, M.M.; MAROCO, J.P.; PEREIRA, J.S. Understanding plant responses to drought - from genes to the whole plant. *Functional Plant Biology*, v.30, p.239-264, 2003

CHERNICHARO, C. A. L.; FLORENCIO, L.; BASTOS, R. K. X.; PIVELI, R. P.; VON SPERLING, M; MONTEGGIA, L. O. Tratamento de esgotos e produção de efluentes adequados a diversas modalidades de reúso da água. In: FLORENCIO, L.; BASTOS, R. K. X.; AISSE, M. M. (Coord.). *Tratamento e utilização de esgotos sanitários*. Rio de Janeiro: ABEAS, 2006, cap. 3, p. 63 - 110.

CHEVREMONT, A. C.; BOUDENNE, J. L.; COULOMB, B.; FARNET, A. M. Impact of watering with UV-LED-treated wastewater on microbial and physico-chemical parameters of soil. *Water Research*, v. 47, p. 1971-1982, 2013.

CIRILO, J. A. Políticas públicas de recursos hídricos para o semiárido brasileiro. *Universidade de São Paulo*, São Paulo, v. 63, p. 61-82, 2008.

CIRILO, J. A.; MONTENEGRO, S. M. G. L.; CAMPOS, J. N. B. A questão da água no semiárido brasileiro. In: Bicudo, C. E. M.; Tundisi, J. G.; Scheuenstuhl, M. C. B. (Org.). *Águas do Brasil análises estratégicas*. 1ed. São Paulo: Instituto de Botânica, 2010, v. 1, p. 81-91.

COEMA – CONSELHO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução nº 2/2017. *Diário Oficial do Estado*. Fortaleza, CE, 21 fevereiro, 2017.

CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Acompanhamento da safra brasileira de grãos. Volume 6 - SAFRA 2018/19 - N. 1 - Primeiro levantamento, p. 1-129, outubro 2018. ISSN: 2318-6852. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos>.

CONDÉ, M. S.; HOMEM, B. G. C.; ALMEIDA NETO, O. B.; SANTIAGO, A. M. F. Influência da aplicação de águas residuárias de criatórios de animais no solo: atributos químicos e físicos. *Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável*, v. 2, p. 99-106, 2012.

CORREIA, C.M.; PEREIRA, J.M.M.; COUTINHO, J.F.; BJÖRN, L.O; TORRES-PEREIRA, J.M.G. Ultraviolet-B radiation and nitrogen affect the photosynthesis of maize: a Mediterranean field study. *European Journal of Agronomy*, Amsterdam, v.22, n.3, p.337-347, 2005.

CREA-PR. Conselho Regional de Engenharia, Arquitetura e Agronomia do Paraná. *Uso e reúso da água*. 2010. (Série de Cadernos Técnicos da Agenda Parlamentar).

DALEY, P.F.; RASCHKE, K.; BALL, J.Y.; BERRY, J.A. Topography of photosynthetic activity of leaves obtained from video images of chlorophyll fluorescence. *Plant Physiology*, v.90, p.1233-1238, 1989.

DALMAGO, G. A.; HELDWEIN, A. B.; NIED, A. H.; GRIMM, E. L.; PIVETTA, C. R. Evapotranspiração máxima da cultura do pimentão em estufa plástica em função da radiação solar, da temperatura, da umidade relativa e do déficit de saturação do ar. *Ciência Rural*, v.36, p.785-792, 2006.

DOCSITY. By docsity.com. Apostilha Cultura do Algodão (2016). Disponível em: <https://www.ebah.com.br/content/ABAAAA4LkAL/apostila-cultura-algodoeiro>. Acesso em 07 de dezembro de 2018.

DUARTE, A. S.; AIROLDI, R. P. S.; FOLEGATTI, M. V.; BOTREL, T. A.; SOARES, T. M. Efeitos da aplicação de efluente tratado no solo: pH, matéria orgânica, fósforo e potássio. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 12, p. 302-310, 2008.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Manual de métodos de análise do solo. 3 ed. Rio de Janeiro, 2011, 230 p. (Embrapa – CNPS. Documentos, 132).

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa do Algodão. Sistema de Produção. 3 ed. Campina Grande - PB, 2014. ISSN 1678-8710.

EPA - Environmental Protection Agency. Environmental Regulations and Technology: control of pathogens and vector attraction in Sewage Sludge. Washington D.C.: EPA, 1992. (EPA/625/R-92/013).

ETENE - Escritório Técnico de Estudos Econômicos do Nordeste. Caderno Setorial ETENE: Ano 2, n. 3, março, 2017.

FALKINER, R.A.; SMITH, C.J. Changes in soil chemistry in effluent: irrigated *Pinus radiata* and *Eucalyptus grandis*. *Australian Journal of Soil Research*, Melbourne, v.35, n.1, p.131-147, 1997.

FATTA, D.; KYTHREOTOU, N. Wastewater as valuable water resource – concerns, constraints and requirements to reclamation, recycling, and reuse. In: IWA INTERNATIONAL CONFERENCE ON WATER ECONOMICS, AND FINANCE. Rethymno, Greece, p. 8 – 11, 2005.

FAVARIN, J.L., NETO, D.D., GARCIA, A.G., NOVA, N.A.V., FAVARIN, M.G.G.V. Equações para a estimativa do índice de área foliar do cafeeiro. *Pesq. agropec. bras.*, Brasília, v. 37, n. 6, p. 769-773, jun. 2002.

FEIGIN, A.; RAVINA, I.; SHALHEVET, J. Sources, treatment, processes and uses of sewage effluent. In: \_\_\_\_\_. *Irrigation with treated sewage effluent*. Berlin: Springer-Verlag, 1991. chap. 2, p.3-33.

FERNANDES, P. D. Análise de crescimento e desenvolvimento vegetal. Campina Grande: UFPB – DEAg, 2002. 52 p.

FERRAZ, R.L.S.; MELO, A.S.; SUASSUNA, J.F.; BRITO, M.E.B.; FERNANDES, P.D.; NUNES JÚNIOR, E.S. Trocas gasosas e eficiência fotossintética em ecótipos de feijoeiro cultivados no semiárido. *Revista Pesquisa Tropical*, v.42, p.181-188, 2012. <http://dx.doi.org/10.1590/S1983-40632012000200010>

FERRAZ, R.L.S.; BELTRÃO, N.E.M.; MELO, A.S.; MAGALHÃE, I.D.; FERNANDES, P.D.; ROCHA, M.S. Trocas gasosas e eficiência fotoquímica de cultivares de algodoeiro herbáceo sob aplicação de silício foliar. *Semina: Ciências Agrárias*, Londrina, v. 35, n. 2, p. 735-748, mar./abr. 2014

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

FIDELES FILHO, J. et al. Comparação dos efeitos de água residuária e de poço no crescimento e desenvolvimento do algodoeiro. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 9, p. 328-332, 2005. Suplemento.

FIDELES FILHO, J.; NASCIMENTO, J.S. Crescimento, produção e alterações químicas do solo em algodão irrigado com água de esgotos sanitários tratados. *Revista Caatinga*, Mossoró, v. 28, n. 2, p. 36 – 45, abr. – jun., 2015

FIGUEIRÊDO, I.C.M; LIMA, V.L.A.; ARAÚJO, M.G.F.; NASCIMENTO, M.B.H.; PAZ, R.A.; FIRMINO, M.C. Avaliação da qualidade física da fibra do algodoeiro herbáceo de fibra colorida irrigado com água residuária e adubado com lodo de esgoto. XXXIII Congresso Brasileiro de Ensino da Engenharia. Anais. Campina Grande/PB, 2005.

FIGUEIREDO, A.M.F.; MELO, A.A.; AZEVEDO, C.A.V; LIMA, V.L.A.; DANTAS NETO, J.; PINHEIRO, IFS. Crescimento e produção de algodão colorido com água residuária doméstica tratada e composto orgânico. *Revista Educação Agrícola Superior Associação Brasileira de Educação Agrícola Superior - ABEAS* - v.27, n.1, p.19-24, 2012.

FLOSS, ELMAR LUIZ. *Fisiologia das plantas cultivadas: o estudo que está por trás do que se vê*. Passo Fundo: UPF, 2004. 528p.

FRYE, I. A. A.; KAIRUZ, I. A. G. Manejo de suelos y uso de fertilizantes. In: FEDERACIÓN NACIONAL DE ALGODOEÍROS. *Bases técnicas para el cultivo del algodón en Colombia*. Bogotá: Guadalupe, 1990. p. 133- 202

FRYXELL, P. A. Ecological Adaptations of Gossypium Species. In: MAUNEY, J. R.; STEWART, J. McD. (Eds). *Cotton physiology*. Memphis, Tennessee: The Cotton Foundation Publisher, p. 1-7. 1986.

FUNDAÇÃO MT (Rondonópolis, MT) Mato Grosso: autossuficiência e eficiência. Rondonópolis, 1997. 107p.

FUNDAÇÃO MT. Liderança e competitividade. Rondonópolis: Fundação MT, 1999. 182 p.

GONÇALVES, E. R.; FERREIRA, V. M.; SILVA, J. V.; ENDRES, L.; BARBOSA, T. B.; Duarte, W. G. Trocas gasosas e fluorescência da clorofila a em variedades de cana-de-açúcar submetidas à deficiência hídrica. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.14, n.4, p.378-386, 2010.

GONÇALVES, R.F. Uso racional de água no meio urbano: Aspectos tecnológicos, legais e econômicos. In: MEDEIROS, S.S.; GHEYI, H. R.; GALVÃO, C. O.; PAZ, V. P. S. (Eds.). *Recursos hídricos em regiões áridas e semiáridas*. Campina Grande, PB: Instituto Nacional do Semiárido, Campina Grande - PB, 2011. p. 163-201.

GOOGLE. Google Earth website. <http://earth.google.com/>, 2013.

GRIMES, D.W.; EL-ZIK, K.M. Cotton. In: STEWART, B.A.; NIELSEN, D.R. *Irrigation of Agricultural Crops*. Madison: American Society of Agronomy, 1990. p.741-773.

GUERRA, S. *Resíduos Sólidos: comentários à lei 12.305/2010*. 2. ed. Rio de Janeiro: Forense, 2012. 194p.

HESPANHOL, I. Potencial de reuso de água no Brasil: agricultura, indústria, municípios, recarga de aquíferos. In: MANCUSO, P.C.S.; SANTOS, H.F.(Ed.). *Reuso de água*. São Paulo: MANOLE, 2003. Cap.2, p.37-95.

HOLANDA, J.S.; DANTAS, J.A.; MEDEIROS, A. A.; FERREIRA NETO, M.; MEDEIROS, J.F.; GUEDES, F. X. Indicadores para a adubação de culturas em solos do Rio Grande do Norte. EMPARN. Documento 46. 62p. 2017.

HOMEM, B. G. C.; ALMEIDA NETO, O. B.; SANTIAGO, A. M. F.; SOUZA, G. H. Dispersão da argila provocada pela fertirrigação com águas residuárias de criatórios de animais. Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável, v. 2, p. 89-98, 2012.

IDEMA. Perfil do seu município, Apodi. Disponível em:<[http://www.idema.rn.gov.br/contentproducao/aplicacao/idema/socio\\_economicos/enviados/perfil\\_municipio.asp](http://www.idema.rn.gov.br/contentproducao/aplicacao/idema/socio_economicos/enviados/perfil_municipio.asp)>. Acesso em: 23 de mar. 2013.

IEA - Instituto de Economia Agrícola. Análises e Indicadores do Agronegócio v. 12, n. 10, outubro 2017. ISSN 1980-0711.

JENKINS, D. & HERMANOWICZ, S.W. “Principles of chemical phosphate removal”, in Phosphorus and nitrogen removal from municipal wastewater, 2 nd ed., R.I. Sedlak, e d, C helsea, M I, Lewis Publishers, 1991.

KERBAUY, G. B. Fisiologia vegetal. 2.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2008.

LIMA, M. A.; BEZERRA, M. A.; GOMES FILHO, E.; PINTO, C. M.; ENÉAS FILHO, J. Trocas gasosas em folhas de sol e sombreadas de cajueiro anão em diferentes regimes hídricos. Revista Ciência Agronômica, v.41, p.654-663, 2010. <http://dx.doi.org/10.1590/S1806-66902010000400020>.

MALAVOLTA, E.; BOARETTO, A.E., PAULINO, V.T. Micronutrientes - Uma visão geral. In: FERREIRA, M.E.; CRUZ, M.C.P. (Ed.) Micronutrientes na agricultura. Piracicaba: Associação Brasileira para a Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1991. p.1-33.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. 2. ed. Piracicaba: Associação Brasileira da Potassa e do Fosfato, 1997. 319 p

MANTOVANI, E. C. AVALIA: Programa de Avaliação da Irrigação por Aspersão e Localizada. Viçosa, MG: UFV, 2001.

MARENCO, J. Vulnerabilidade, impactos e adaptação à mudança do clima no semiárido do Brasil. Parcerias Estratégicas, v.27, p.149-75, 2008.

MARIN, A. M. P. Impactos de um sistema agroflorestal com café na qualidade do solo. 2002. 83f. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG, 2002.

MARSCHNER, H. Mineral Nutrition of Higher Plants. 2nd ed. London: Academic Press, 1995, 889 p.

MATOS, A. T. Disposição de águas residuárias no solo. Viçosa, MG: AEAGRI, 2007. 140 p. (Caderno didático n. 38).

MATOS, A. T.; SILVA, D. F.; LO MONACO, P. A. V.; PEREIRA, O. G. Produtividade e composição química do capim-tifton 85 submetido a diferentes taxas de aplicação do percolado de resíduo sólido urbano. Engenharia Agrícola, v. 33, p.188-200, 2013.

MEDEIROS, G. M. G. de. Condições de reuso dos efluentes finais das ETE's do Estado da Paraíba. Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental da UFCG, Campina Grande – PB, 2007.

MEDEIROS, J. C.; ALBUQUERQUE, J. A.; MAFRA, A. L.; ROSA, J. D.; GATIBONI, L. C. Relação cálcio: magnésio do corretivo da acidez do solo na nutrição e no desenvolvimento inicial de plantas de milho em um Cambissolo Húmico Áplico. *Semina: Ciências Agrárias*, v. 29, p.799-806, 2008.

MEDEIROS, J. F. DE; FERREIRA M. N.; LEMOS, M.; LIRA R. B. Sistema localizado de baixa pressão para irrigação de palma forrageira utilizando água de esgoto tratada. 2014. DOI: <<http://dx.doi.org/10.12702/ii.inovagri.2014-a170>>.

MEDEIROS, J. F.; NASCIMENTO, I. B.; GHEYI, H. R. Manejo do solo-água-plantas em áreas afetadas por sais. In: Gheyi, H. R.; Dias, N. S.; Lacerda, C. F. de (ed) *Manejo da salinidade na agricultura: Estudos básicos e aplicado*. 1 ed. Fortaleza: Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Salinidade, 2010, cap. 16, p.279-302.

MEDEIROS, J.F. Qualidade da água de irrigação e evolução da salinidade nas propriedades assistidas pelo "GAT" nos Estados do RN, PB e CE. Campina Grande, 1992. 173p. Dissertação - (Mestrado em Irrigação e Drenagem), Universidade Federal da Paraíba.

MEDEIROS, S.S.; PEREZ-MARIN, A.M.; JÚNIOR, A.S.; REIS, C.F.; CHEYI, H.R. (2015). "Potencial hídrico- nutricional da água residuária de suinocultura na irrigação do algodoeiro cultivado em condições semiáridas". *Rev. Irriga* 20(2):248-260

MIKKELSEN, R.L.; RECHCIGL, J.E.; MACKINNON, H.C. Agricultural and environmental issue in the management of swine waste. In: \_\_\_\_\_. *Agriculture uses of products and waste*. Oxford: Oxford University, 1997. p.110-119.

MITRA, S.; BHARDWAJ, S.N.; SRIVASTAVA, G.C. Source and sink relationship. In: ABROL, Y.P.; MOHANTY, P. & GOVINDJEE, eds. *Photosynthesis: photoreactions and plant productivity*. Dordrecht, Kluwer Academic Press, 1993. P. 361-387.

MOLLAHOSEINI, H. Long term effects of municipal wastewater irrigation on some properties of a semiarid region soil of Iran. *International journal of Agronomy and Plant Production*.v, 4, p. 1023-1028, 2013.

MONTENEGRO, A. A. A.; MONTENEGRO, S. M. G. L. Olhares sobre as políticas públicas de recursos hídricos para o semiárido. In: GHEYI, H. R.; PAZ, V. P. S.; MEDEIROS, S. S.; GALVÃO, C. O. (Eds.). *Recursos hídricos em regiões semiáridas: estudos e aplicações*. Campina Grande, PB: Instituto Nacional do Semiárido, Cruz das Almas, BA: Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, 2012. p.3.

MOULHERAT, C. et al. First evidence of cotton at Neolithic Mehrgarh, Pakistan: analysis of mineralized fibers from a copper bead. *Journal of Archaeological Science*, 29: 1393-1401, 2002.

MOULHERAT, C., M. TENGBERG, J.-F. HAQUET AND B. MILLE, support and David Stelly for helpful comments. This work was funded 2002 First evidence of cotton at neolithic Mehrgarh, Pakistan: by the U.S. Department of Agriculture (91-37300-6570; 97-35300-5305), analysis of mineralized fibres from a copper bead. *J. Archaeol. Sci.* 29: 1393–1401.

MUSCOLO, A.; PANUCCIO, M. R.; ESHEL, A. Cophysiology of *Pennisetum clandestinum*: a valuable salt tolerant grass. *Environmental and Experimental Botany*, v. 92, p. 55– 63, 2013.

NAKAYAMA F.S.; BOMAN, B.J.; PITTS, D. (2006) Maintenance. In: Lamm FR, Ayars JE & Nakayama FS (Eds.) *Microirrigation for crop production: Design, Operation, and Management*. Amsterdam, Elsevier. p.389-430.

NAKAYAMA, F.S. Water analysis and treatment techniques to control emitter plugging. Proc. Irrigation Association Conference, Portland, Oregon, 1982.

NEVES, M. F.; PINTO, M. J. A. A cadeia produtiva do algodão brasileiro: desafios e estratégias. ABRAPA: 2011. Disponível em: <http://www.abrapa.com.br/BibliotecaInstitucional/Publica%C3%A7%C3%B5es/Livros/Livro%20A%20Cadeia%20do%20Algodao%20-%20Abrapa.pdf>. Acesso em: 17 Ago 2017.

NOVAIS, R. F. & SMITH, T. J. Fósforo em solo e planta em condições tropicais. Viçosa: UFV, DPS, 1999. 399p.

NOVAIS, R. F.; SMYTH, T. J.; NUNES, F. N. FÓSFORO. IN: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. (Eds.) Fertilidade do solo. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência de Solo, 2007, p.471-550.

NOVAIS, R.F.; SMYTH, T.J. & NUNES, F.N. Fósforo. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V., V.H.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B. & NEVES, J.C.L., eds. Fertilidade do solo. Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. v.1. p.471-550.

OLIVEIRA, F. A.; MEDEIROS, J. F.; OLIVEIRA, F. R. A.; FREIRE, A. G.; SOARES, L. C. S. Produção do algodoeiro em função da salinidade e tratamento de sementes com regulador de crescimento. *Revista Ciência Agrônômica*, Fortaleza, v. 43, n. 3, p. 484-492, 2012.

OLIVEIRA, M.; MAIA, C.E. Qualidade físicoquímica da água para irrigação em diferentes aquíferos na área sedimentar do Estado do Rio Grande do Norte. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v.2, p.42-46, 1998.

PAIVA, A. S.; FERNANDES, E. J.; RODRIGUES, T. J. D.; TURCO, J. E. P. Condutância estomática em folhas de feijoeiro submetido à diferentes regimes de irrigação. *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, v. 25, n. 1, p. 161-169, 2005.

PAZ, V.P.S.; TEODORO, R.E.F.; MENDONÇA, F.C. Recursos hídricos, agricultura irrigada e meio ambiente. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola*, v.4, n.3, p. 465-473, 2000.

PEDROSA, M.B.; MORELLO, C.L.; CHITARR, L.G.; SUASSUNA, N.D.; SILVA FILHO, J. L. da; FREIRE, E. C.; BENITES, F. R. G.; FARIAS, F. J. C.; LAMAS, F. M.; ANDRADE, F. P. de; BARROSO, P. A. V.; RIBEIRO, J. L.; GODINHO, V. de P. BRS 335 – cultivar de algodão de ciclo e porte médios para cultivo no estado da Bahia. 8º Congresso brasileiro de algodão; COTTON EXPO, 1., 2011, São Paulo. Evolução da cadeia para construção de um setor forte: Anais. Campina Grande, PB: Embrapa Algodão, 2011. p.1311-1315.

PESCOD, M.B. & ARAR, A. Treatment and use of sewage effluents for irrigation. Butterworths, Londres. 1992.

PUIG-BARQUES, J.; ARBAT, G.; ELBANA, M.; DURAN-ROS, M.; BARRAGAN, J.; RAMIREZ DE CARTAGENA, F.; LAMM, F. R. Effect of flushing frequency on emitter clogging in microirrigation with effluents. *Agricultural Water Management*, v.97, p.883- 891, 2010.

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

- RAIJ, B. van. Fertilidade do solo e adubação. 2. ed. Piracicaba: Ceres, 1991. 343 p.
- RAIJ, B. van; CANTARELA, H.; QUAGGIO, J.A. & FURLANI, A.M.C. Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo. 2.ed. Campinas, Instituto Agrônomo, 1996. 285p. (Boletim Técnico, 100)
- REBOUÇAS, J. R. L.; DIAS, N. S.; GONZAGA, M. I. S.; GHEYI, H. R.; SOUSA NETO, O. N. de. Crescimento do feijão-caupi irrigado com água residuária de esgoto doméstico tratado. *Caatinga*, v. 23, p.97-102, 2010.
- REDDY, K.R., et al. Temperature effects on Pima cotton growth and development. *Agronomy Journal*, 84: 237-243, 1992.
- RIBEIRO, A.C., GUIMARÃES, P.T.G. & ALVAREZ, V. H., eds Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais – 5ª Aproximação. Viçosa-MG, comissão de fertilidade do Estado de Minas Gerais, 1999, 259p.
- RIBEIRO, M. C. de F. et al. Crescimento e produtividade da mamoneira irrigada com diferentes diluições de esgoto doméstico tratado. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v. 16, n. 6, p. 639–646, 2012.
- RICE, E. W.; BAIRD, R. B.; CLESCERI, A. D. Standard methods for the examination of water and wastewater. 22. ed. Washington: APHA, AWWA, WPCR, 2012. 1496p.
- ROSOLEM, C. A. Ecofisiologia e manejo da cultura do algodoeiro. Encarte técnico; Informações Agrônomicas Nº 95. Set/2001.
- ROSOLEM, C. A.; BASTOS, G. B. Deficiências minerais no cultivar de algodão IAC 22. *Bragantia*, Campinas, v. 56, n. 2, p. 377-387, 1997
- ROSOLEM, C. A.; TOZI, T. S.; GARCIA, R. A. Amostragem de terra para fins de fertilidade em função da ferramenta de amostragem. *Rev. Ceres*, v. 57, p. 405-414, 2010.
- SANCHES-RAMON, R.; SOARES, A. A.; MATOS, A.T; SEDIYAMA, G. C.; SOUZA, O.; MOUNTEER, H. A. Domestic wastewater disinfection using solar radiation for agricultural reuse. *Transactions of the ASABE*, St. Joseph, v. 50, n.1, p. 65-71, 2007.
- SANTANA, J.C.S.; VANDERLEY, M.J.R.; BELTRÃO, N.E.M.; VIEIRA, D.J. Características da fibra e do fio do algodão: análise e interpretação dos resultados. In: NAPOLEÃO, E. de M. (Ed.). *O agronegócio do algodão no Brasil*. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 1999. 1023p.
- SANTOS, C. M.; GONÇALVES, E. R.; ENDRES, L.; GOMES, T. C. A.; JADOSKI, C. J.; Nascimento, L. A.; Santos, E. D. Atividade fotossintética em alface (*Lactuca sativa* L.) submetidas a diferentes compostagens de resíduos agroindustriais. *Pesquisa Aplicada & Agrotecnologia*, v.3, p.95-102, 2010.
- SANTOS, H.G.; JACOMINE, P.K.T.; ANJOS, L.H.C.; OLIVEIRA, V.A. de; LUMBRERAS, J.F.; COELHO, M.R.; ALMEIDA, J.A.; CUNHA, T.J.F.; OLIVEIRA, J.B. de; Sistema Brasileiro de Classificação de Solos – 3ª Edição revista e ampliada – Brasília, DF: Embrapa, 2013. 363p.
- SANTOS, R. F. dos; KOURY, J.; SANTOS, J. W. O Agronegócio do algodão crise e recuperação no mercado brasileiro da matéria-prima agrícola. In: BELTRÃO, N. E. de M.;

- AZEVEDO, D. M. P. de (Org.). O agronegócio do algodão no Brasil. 2. ed. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2008. v.1, p.31-60.
- SANTOS, S.R.; SOARES, A.A.; KONDO, M.K.; ARAUJO, E.D.; CECON, P.R. Crescimento e produção do algodoeiro fertirrigado com água residuária sanitária no semiárido de minas gerais. Irriga Botucatu, v.21, p.40-54, 2016.
- SANTOS, S.R.; SOARES, A.A.; KONDO, M.K.; ARAUJO, E.D.; CECON, P.R. Crescimento e produção do algodoeiro fertirrigado com água residuária sanitária no semiárido de minas gerais. Irriga Botucatu, v.21, p.40-54, 2016.
- SANTOS, S.R.; SOARES, A.A.; KONDO, M.K.; MATOS, A.T.; MAIA, V.M. Indicadores de produção e qualidade da fibra do algodoeiro fertirrigado com água residuária sanitária. Engenharia Agrícola. vol.36 nº.3 Jaboticabal May./June 2016. ISSN: 1809-4430
- SESTREN, J. A.; LIMA, J. J. Característica e classificação da fibra de algodão. In: Freire, E. C. (ed.). Algodão no cerrado do Brasil. Brasília: Associação Brasileira dos Produtores de Algodão, 2007. Cap.22, p.765-820.
- SHUVAL, H. I.; ADIN, A.; FATTAL, B.; RAWITZ, E.; YEKUTIEL, P. Wastewater irrigation in developing countries: health effects and technical solutions. World Bank Technical Paper, Washington, DC: The Work Bank, n. 51. 1986.
- SHUVAL, H.; LAMPERT Y.; FATTAL, B.; RAWITZ, E.; YEKUTIEL, P. (2007) Development of a Risk Assessment Approach for Evaluating Wastewater Reuse Standards for Agriculture.
- SILVA, A. A.; GALON, L.; FERREIRA, F. A.; TIRONI, S. P.; FERREIRA, E. A.; SILVA, A. F.; ASPIAZÚ, I.; AGNES, E. L. Sistema plantio direto na palhada e seu impacto na agricultura brasileira. Ceres, v. 56, n. 4, p. 496-506, 2009.
- SILVA, D. F.; MATOS, A. T.; PEREIRA, O. G.; CECON, P. R.; MOREIRA, D. A. Disponibilidade de sódio em solo com capim tifton e aplicação de percolado de resíduo sólido. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, PB, v.14, n.10, p.1094–1100, 2010.
- SILVA, F.C. Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes. Brasília, Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 2009. 370p.
- SILVA, L. C.; BELTRÃO, E. de M.; AMORIM NETO, M. da S. Análise de crescimento de comunidades vegetais. Campina Grande: Embrapa – Algodão, 2000. 47p. (Embrapa – Algodão), Circular número 34.
- SILVA, L.V.B.D.; LIMA, V.L.A.; SILVA, V.N.B.; SOFIATTI, V.; PEREIRA, T.L.P. Torta de mamona residual e irrigação com efluente sobre crescimento e produção de algodoeiro herbáceo. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v. 17, n. 12, p. 1264-70, dez. 2013.
- SILVA, L.V.B.D.; LIMA, V.L.A.; SILVA, V.N.B.; VALDINEI SOFIATTI, V.; PEREIRA, T.L.P. Torta de mamona residual e irrigação com efluente sobre crescimento e produção de algodoeiro herbáceo. R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental, v.17, n.12, p.1264–1270, 2013.
- SMITH, C.J.; HOPMANS, P.; COOK, F.J. Accumulation of Cr, Pb, Cu, Ni, Zn and Cd in soil following irrigation with treated urban effluent in Australia. Environmental Pollution, Barking, v.94, n.3, p.317-323, 1996.

SOUSA NETO, O.N.; ANDRADE FILHO, J.; DIAS, N.D.; REBOUÇAS, J.L.R.; OLIVEIRA; F.R.A.; & DINIZ, A.A. Fertigação do algodoeiro utilizando efluente doméstico tratado, Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, PB, v.16, n.2, p.200–208, 2012.

SOUSA, C.C.M., Avaliação do uso de esgoto doméstico tratado na irrigação do capim tifton 85. Fortaleza, CE: UFC, 2009. 117 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal do Ceará, 2009.

SOUSA, D.M.G.; LOBATO, E. (Ed.). Cerrado: correção do solo e adubação 2. ed. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. 416 p.

SOUZA, J. A. R.; MOREIRA, D. A; MARTINS, I. P.; CARVALHO, C. V. M.; CARVALHO, W. B. Sanidade de frutos de pimentão fertirrigados com água residuária de suinocultura. Revista Ambiente & Água, v. 8, p.124-134, 2013.

SOUZA, J. T.; LEITE, V. D. Tratamento e utilização de esgotos domésticos na agricultura. 2. Ed. Campina Grande: UEPB, 2008. 135p.

SOUZA, J.C.; BELTÃO, N.E.M. Fisiologia In: Beltrão, N.E.M. (Ed.). O agronegócio do Algodão no Brasil. Embrapa Comunicação para a transferência de Tecnologia. Brasília, DF. 1999.

SOUZA, J.G. de; BELTRÃO, N.E. de M.; AZEVEDO, D. M. p. de; ALBUQUERQUE, W. G. De; LIMA, R. de S. de; CARDOSO, G. D. Fisiologia. IN: BELTRÃO, N.E. de M.; AZEVEDO, D. M P. de (Org.). O Agronegócio do algodão no Brasil. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 2008. v. 1, p.219-249.

STAUT, L. A.; KURIHARA, C. H. Calagem e adubação. In: EMBRAPA AGROPECUÁRIA OESTE; EMBRAPA ALGODÃO. Algodão: tecnologia de produção. Dourados: Embrapa, 2001. p. 103-123

STAUT, L.A.; ATHAYDE, M.L.F. Efeitos do fósforo e potássio no rendimento e em outras características agrônômicas do algodoeiro herbáceo. Pesq. agropec. bras., Brasília, v.34, n.10, p.1839-1843, out. 1999.

STAUT, L.A.; KURIHARA, C.H. Calagem e adubação. In: Embrapa Agropecuária Oeste (Dourados). Algodão: tecnologia de produção. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste/Embrapa Algodão, 2001. p.103-123

TAIZ, L.; ZEIGER, E. Fisiologia vegetal. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2013. 918 p.

TATAGIBA, S. D.; MORAES, G. A. B. K.; NASCIMENTO, K. J. T.; PELOSO, A. F. Limitações fotossintéticas em folhas de plantas de tomateiro submetidas a crescentes concentrações salinas. Revista Engenharia na Agricultura, v.22, p.138-149, 2014.

TEDESCO, M. J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C. A.; BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S. J. Análise de solo, plantas e outros materiais. Porto Alegre: Departamento de Solos (UFRGS), 1995. Boletim Técnico. 118p.

TEIXEIRA, I. R.; KIKUTI, H.; BORÉM, A. Crescimento e produtividade de algodoeiro submetido a cloreto de mepiquat e doses de nitrogênio. Bragantia, v. 67, n. 04, p. 891-897, 2008.

USDA - United States Department of Agriculture. Cotton World Supply, Use and Trade. Disponível em: <https://www.fas.usda.gov/data/cotton-world-markets-and-trade>. Acesso em 9 mar. 2018.

VARALLO, A. C. T.; SOUSA, C. F.; SANTORO, B. L.; Mudanças nas características físico-químicas de um latossolo vermelho-amarelo distrófico após a irrigação com água de reuso na cultura de alface crespa (*Lactuca sativa*). Engenharia Agrícola, Campina Grande, PB, v. 32, p. 271-279, 2012.

VIEIRA JÚNIOR, P. A.; DOURADO NETO, D.; OLIVEIRA, R. F.; PERES, L. E. P.; MARTIN, T. N.; MANFRON, P. A.; BONNECARRÉRE, R. A. G. Relações entre o potencial e a temperatura da folha de plantas de milho e sorgo submetidas a estresse hídrico. Acta Scientiarum Agronomy, v.29, p.555-561, 2007.

VON SPERLING, M. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos: Princípios do tratamento biológico de águas residuárias. 3.ed. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2011. 452p.

VON SPERLING, M. Princípios básicos do tratamento de esgotos. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental (UFMG), 1996.

WANJURA, D.F.; BUXTON, D.R. Water uptake and radicle emergence of cottonseed as affected by soil moisture and temperature. Agronomy Journal, Madison, v.64, p.427-430, 1972.

WENDEL, J. F.; BRUBAKER, C. L.; SEELANAN, T. The origin and evolution of *Gossypium*. In: STEWART, J.; OOSTERHUIS, D.; HEITHOLT, J. J.; MAUNEY, J. Editors. Physiology of cotton. New York. 2010. 563p.

WHO - World Health Organization. Health guidelines for the use of wastewater in agriculture and aquaculture. Geneva: 1989. (Technical Report Series, n. 778).

ZONTA, J. H.; BRANDÃO, Z. N.; RODRIGUES, J. I. da S.; SOFIATTI, V. Cotton response to water deficits at different growth stages. Revista Caatinga, Mossoró, v. 30, n. 4, p. 980-990, 2017.