

CRESCIMENTO E PRODUÇÃO DO ALGODOEIRO FERTIRRIGADO COM ÁGUA RESIDUÁRIA SANITÁRIA NO SEMIÁRIDO DE MINAS GERAIS

SILVÂNIO RODRIGUES DOS SANTOS¹; ANTÔNIO ALVES SOARES²; MARCOS KOITI KONDO³; EDCÁSSIO DIAS ARAÚJO⁴ E PAULO ROBERTO CECON⁵

¹Eng. Agrônomo, Doutor, Prof. DCA/UNIMONTES Campus Janaúba - MG; tel: (38) 3821 1378; e-mail: silvanio.santos@unimontes.br;

²Eng. Agrícola, Doutor, Prof. DEA/UFV; "*in memoriam*";

³Eng. Agrônomo, Doutor, Prof. DCA/UNIMONTES Campus Janaúba - MG; tel: (38) 3821 1378; e-mail: marcos.kondo@unimontes.br;

⁴Estudante de graduação em Agronomia, UNIMONTES Campus Janaúba - MG; e-mail: agroeda@yahoo.com.br;

⁵Eng. Agrônomo, Doutor, Prof. DET/UFV; tel: (31) 3899 1781; e-mail: cecon@ufv.br.

1 RESUMO

Grande parte dos municípios brasileiros não apresenta sistema de tratamento adequado de águas residuárias sanitárias, cujos lançamentos são feitos principalmente em rios, prejudicando a qualidade das águas superficiais. Além disso, a maioria das comunidades rurais não é atendida com sistemas de tratamento de esgoto, gerando efluentes com potencial uso agrícola. Assim, avaliou-se o crescimento e a produtividade do algodoeiro, fertirrigado com diferentes doses de água residuária sanitária bruta (ARB) e efluente de tratamento terciário (ART), visando o fornecimento de potássio em cobertura, na dose referência de 40 kg ha⁻¹ de K₂O. O experimento de campo seguiu o esquema de parcelas subdivididas no tempo, tendo nas parcelas cinco tratamentos (Testemunha: Água limpa e adubação mineral; 100% e 150% da dose referência de potássio em cobertura tanto via ART quanto via ARB) e nas subparcelas quatro épocas de avaliação, no delineamento em blocos casualizados, com quatro repetições. Os tratamentos com ambas as águas residuárias suprem a necessidade de potássio em cobertura da cultura sem prejudicar o diâmetro caulinar, número de folhas, diâmetro de copa e altura, bem como a produtividade da cultura. A água residuária bruta na dose de 150% da adubação potássica em cobertura proporciona maior produtividade no algodoeiro.

Palavras-chave: Reúso de esgoto bruto. Reúso de esgoto. *Gossypium hirsutum*. Potássio em cobertura.

SANTOS, S. R.; SOARES, A. A.; KONDO, M. K.; ARAÚJO, E. D.; CECON, P. R.
GROWTH AND YIELD OF COTTON FERTIGATED WITH SANITARY
WASTEWATER IN THE SEMI-ARID REGION OF MINAS GERAIS

2 ABSTRACT

Most Brazilian municipalities do not have appropriate wastewater treatment systems, with discharge into rivers, degrading quality of surface water. Furthermore, most rural

communities do not have sewage treatment systems, generating effluents with potential agricultural use. Thus, we assessed growth and yield of cotton fertigated with different doses of raw sanitary wastewater (ARB) and effluent of tertiary treatment (ART), to supply potassium topdressing according to reference dose of 40 kg K₂O ha⁻¹. The field experiment in randomized blocks and split-plot in time design with four replications was used with five treatments (control: Clean water and mineral fertilizer; 100% and 150% of potassium reference dose in topdressing by ARB or ART application) and four evaluation times in subplots. The two wastewater sources meet the potassium topdressing requirements without any effect on stem diameter, leaf number, crown diameter and cotton height, or yield. The highest cotton yield was promoted by 150% of the potassium reference dose in topdressing with raw wastewater.

Keywords: Raw sewage reuse. Sewage reuse. *Gossypium hirsutum*. Potassium topdressing.

3 INTRODUÇÃO

No mundo, o problema da escassez e a alteração na qualidade da água devido à contaminação por águas servidas tem impulsionado o emprego de técnicas de tratamento e utilização agrícola das águas residuárias (MEKKI et al., 2014; CARY et al., 2015). No Brasil, sobretudo na região semiárida, caracterizada pela escassez e má distribuição dos recursos hídricos superficiais no espaço e no tempo, o problema da alteração na qualidade com o lançamento de esgoto em cursos d'água não é diferente. O descarte inadequado do esgoto é prática comum em municípios brasileiros que possuem sistema de coleta com ou sem tratamento. Segundo Brasil (2010), 79,8% dos pontos de lançamento dos municípios com coleta e tratamento do esgoto estão no leito de rios. Esse percentual é superior nos municípios sem sistema de tratamento.

O lançamento de águas residuárias em rios possibilita a manutenção de vazão regularizada e oferta de água nas áreas agrícolas, em regiões sujeitas a longas estiagens (MOLLE et al., 2008). Porém, mesmo atendendo à legislação vigente quanto a eficiência e carga orgânica (BRASIL, 2005), os sistemas de tratamento não removem totalmente as substâncias potencialmente poluidoras, constituídas principalmente por nutrientes de plantas, tais como N, P e K (FERREIRA et al., 2005; KIZILOGLU et al., 2008; CARR et al., 2011).

O manejo criterioso da água residuária na fertirrigação permite fornecer nutrientes e suprir parcialmente as necessidades hídricas das plantas, o que reduz os problemas ambientais, devido ao menor lançamento de poluentes em cursos hídricos, e a demanda por outras fontes de água de melhor qualidade. Entretanto, apesar dessas vantagens, pode ocorrer a contaminação do solo e de águas subterrâneas, devido à lixiviação no período chuvoso em regiões semiáridas, quando utilizado o critério de irrigação (ERTHAL et al., 2010; SILVA et al., 2011; ZHANG et al., 2012).

Diversos trabalhos são relatados na literatura visando ao crescimento e à produtividade do algodoeiro fertirrigado com água residuária sanitária (AR), principalmente na forma tratada - ART (BEZERRA et al., 2005; FIDELES FILHO et al., 2005; ALVES et al., 2009; BEZERRA; FIDELES FILHO, 2009; ALIKHASI et al., 2012; SOUSA NETO et al., 2012).

Uma alternativa para redução de gastos com a construção de estações para tratamento da AR de comunidades rurais é a disposição criteriosa de água residuária bruta (ARB) filtrada aplicada via sistema de irrigação localizada. A filtragem reduz o risco de entupimento dos

emissores e viabiliza o uso da ARB, com maior concentração de nutrientes e material orgânico, em relação à ART (KIZILOGLU et al., 2008; CARY et al., 2015).

O uso de ART secundária e terciária promove maior altura de plantas e até 86,5% de aumento na produtividade de algodão em caroço em diferentes cultivares, comparado com a irrigação com água não residuária (ANR) (FERREIRA et al., 2005; FIGUEIREDO et al., 2005; ALIKHASI et al., 2012). Entretanto, a irrigação destinada ao suprimento da demanda hídrica da cultura apresenta risco elevado de contaminação de águas subterrâneas bem como do solo e toxicidade de plantas, pelas substâncias contidas na ART. Para diminuir esse risco, deve-se utilizar a AR até a quantidade suficiente para atender à demanda de nutrientes pela cultura, complementando-se a irrigação com ANR.

Diante do exposto, objetivou-se avaliar o crescimento e a produtividade do algodoeiro NuOPAL BG RR, explorado no semiárido mineiro, visando substituir a adubação potássica mineral em cobertura pela aplicação de ART e ARB.

4 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi implantado na área experimental da Copasa/Unimontes, localizada ao lado da Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) de Janaúba - MG, latitude 15° 46' 12,6" S, longitude 43° 19' 13,5" O e altitude de 530 m, em área anteriormente sob pastagem degradada. O clima é classificado como Aw, tropical com inverno seco, de acordo com a classificação de Köppen. O solo do local é classificado como Latossolo Vermelho eutrófico (EMBRAPA, 2013), cujos atributos iniciais estão apresentados na Tabela 1.

Após a retirada das plantas daninhas, foram aplicados, a lanço, 1.500 kg ha⁻¹ de calcário dolomítico com PRNT = 104,45% (RIBEIRO et al., 1999), 41 dias antes da semeadura. No dia seguinte, foi feita a incorporação com duas subsolagens, cruzadas, com hastes espaçadas 0,50 m entre si, até a profundidade de 0,65 m, aproveitando a umidade do solo proporcionada por 48 mm de chuva, nos quatro dias anteriores. Aos 38 dias antes da semeadura foram realizadas duas gradagens, cruzadas. Esta sequência possibilitou o destorroamento e o nivelamento do solo, incorporando o calcário e controlando as plantas daninhas remanescentes.

Tabela 1. Atributos químicos, físicos e físico-químicos iniciais do solo.

Prof. (cm)	pH _{H2O}	¹ MO dag kg ⁻¹	² P mg dm ⁻³	² K	² Na	³ Ca cmol _c dm ⁻³	³ Mg	³ Al
0-20	6,2	1,3	2,3	260	0,1	2,8	0,9	0
20-40	5,5	0,7	2,0	140	0,1	2,2	0,7	0
Prof. (cm)	⁴ H+Al cmol _c dm ⁻³	⁵ SB	⁶ CTC _e	⁷ T	⁸ V %	⁹ m	¹⁰ B mg dm ⁻³	³ Cu
0-20	2,2	4,5	4,5	6,7	67	0	0,3	1,0
20-40	2,2	3,4	3,4	5,6	61	0	0,4	0,9
Prof. (cm)	³ Fe mg dm ⁻³	³ Mn	³ Zn	¹¹ P _{rem} mg L ⁻¹	¹² CE dS m ⁻¹	Areia	Silte dag kg ⁻¹	Argila
0-20	23,7	10,8	0,8	35,2	0,3	52,0	25,7	22,3
20-40	24,8	3,9	0,4	30,6	0,2	49,6	20,1	30,3
Prof. (cm)	¹³ P _{Macro} m ³ m ⁻³	¹⁴ P _{Micro}	¹⁵ P _t	¹⁶ ρ _s kg dm ⁻³	¹⁷ CC m ³ m ⁻³	¹⁸ PMP		
0-20	0,1315	0,2924	0,4239	1,61	0,2746	0,1917		
20-40	0,1115	0,3035	0,4150	1,57	0,2549	0,1672		

¹Matéria orgânica, determinada por colorimetria; ²Extrator: Mehlich-1; ³Extrator: KCl 1 mol L⁻¹; ⁴pH SMP; ⁵SB: Soma de bases; ⁶CTC_e: CTC efetiva; ⁷T: CTC a pH 7; ⁸V: Saturação por bases; ⁹m: Saturação por alumínio; ¹⁰Extrator: BaCl₂; ¹¹Fósforo remanescente, determinado em solução equilíbrio de P; ¹²CE: Condutividade elétrica do extrato saturado do solo, na proporção de 1 (solo):0,5 (água). ¹³P_{macro}: Macroporosidade; ¹⁴P_{micro}: Microporosidade; ¹⁵P_t: Porosidade total medida; ¹⁶ρ_s: Massa específica do solo; ¹⁷Capacidade de campo determinada a campo; ¹⁸Ponto de murcha permanente.

A semeadura foi realizada em 30/04/2012, após o solo atingir teor de água equivalente ao da capacidade de campo, com a aplicação de 69,7 mm de água limpa, dividida em três lâminas de irrigação.

Utilizou-se o cultivar de algodão NuOPAL BG RR, ciclo precoce a médio, fibra média, resistente a lepidópteros e ao herbicida glifosato. A semeadura foi manual, com 20 sementes por metro linear (70% de germinação, 40% de vigor), com 0,90 m entre linhas, na profundidade de 0,03 m. As sementes deslintadas foram tratadas com inseticida e fungicida.

No sulco de plantio, foram aplicados 100,0 kg ha⁻¹ de P₂O₅ (333,3 kg ha⁻¹ do formulado NPK 4-30-10), sendo a adubação nitrogenada (20,0 kg ha⁻¹ de N) complementada com ureia na dose de 14,8 kg ha⁻¹ e a potássica (40,0 kg ha⁻¹ de K₂O) com o cloreto de potássio, na dose de 11,6 kg ha⁻¹, conforme Ribeiro et al. (1999).

O ciclo cultural se iniciou em 04/05/2012, quando mais de 80% das plântulas emergiram, sendo desbastadas para 9 plantas m⁻², equivalente a 100.000 plantas ha⁻¹, aos 21 dias após a emergência (DAE).

Para a aplicação da AR e complementação das irrigações à cultura, foi usado um sistema de irrigação por gotejamento, semiautomatizado, com mecanismo de filtragem constituído por filtro de areia com taxa de filtragem lenta e um filtro de disco 120 mesh, hidrômetro de 2", válvula de retenção de 2", injetor hidráulico de fertilizantes, manômetros de glicerina e pontos de tomada de pressão. Apesar de ter sido utilizado um único sistema de irrigação, as águas foram aplicadas de forma individualizada, limpando-se a tubulação em cada troca de água com descarga em dois sumidouros, dos quais o primeiro estava localizado próximo do sistema de filtros para as retrolavagens, e o segundo, no final da área experimental.

Uma linha lateral com 5,9 m de comprimento foi usada para cada fileira de plantas, no espaçamento de 0,90 m e composta por tubos gotejadores modelo Naantif[®] com diâmetro

interno de 0,014 m, não autocompensante, cilíndrico, com pré-filtro, de vazão média (q_e) igual a 5,87 L h⁻¹ à pressão de 204 kPa, com emissores espaçados 0,40 m entre si.

O manejo da irrigação, com turno de rega de dois dias, foi feito com o auxílio do aplicativo Irriplus[®], com o qual se determinou a demanda hídrica do algodoeiro (ETc), utilizando-se o modelo de Penman-Monteith-FAO (ALLEN et al., 2006) para o cálculo da ETo. Estimou-se a eficiência de aplicação (Ea) mediante avaliações de uniformidade de irrigação a campo (BERNARDO et al., 2006), em 96,0%. Com os resultados de ETc, Ea e q_e , foram calculadas as lâminas líquidas, lâminas brutas acumuladas no turno de rega e tempos de funcionamento do sistema de irrigação. Decorridas as aplicações, as lâminas líquidas de AR foram recalculadas a partir dos tempos de funcionamento.

Aos 9 e 57 DAE, foram abertas trincheiras no final de três linhas laterais aleatórias, doze horas depois da última irrigação, medindo-se com fita milimétrica a largura da faixa molhada pelos emissores, a cada 0,05 m de profundidade, e calculando-se a porcentagem de área molhada média pela divisão entre a largura máxima e o espaçamento entre linhas laterais (MERRIAN e KELLER, 1978), alcançado um valor de 50%. As demais variáveis do manejo estão apresentadas nas Tabelas 1 e 2. Aos 133 DAE, realizou-se a interrupção da irrigação, uma vez que aproximadamente 55% das maçãs encontravam-se abertas e 30% fisiologicamente maduras (BELTRÃO e AZEVEDO, 2008).

Para a irrigação foi utilizada água tratada, obtida da rede de abastecimento da Companhia de Saneamento de Minas Gerais (COPASA - MG) em Janaúba – MG, aduzida do reservatório Bico da Pedra.

A ART foi captada por condução em gradiente, via 200 m de tubulação de PVC, desde a segunda lagoa de maturação da ETE - Janaúba (último estágio do tratamento, antes do lançamento no rio Gorutuba) até o conjunto motobomba localizado na área experimental. A ARB, igualmente conduzida, foi captada após o medidor de vazão, no sistema de tratamento preliminar.

O sistema de tratamento de AR da ETE Janaúba é composto por tratamento preliminar (grade e desarenador), reator anaeróbio de fluxo ascendente (UASB), lagoa facultativa e duas lagoas de maturação, possuindo capacidade de tratamento com vazão de até 48,4 L s⁻¹.

O controle de plantas daninhas foi feito aos 13 e 49 DAE, com glifosato (1,5 L ha⁻¹ p. c.). Realizou-se o monitoramento e o controle químico de pragas, conforme recomendações de Beltrão e Azevedo (2008) e Peixoto et al. (2009). Além do controle químico, foram feitas catações semanais e incinerações de botões florais e maçãs caídas visando maior eficiência no manejo de *Anthonomus grandis*.

Tabela 2. Variáveis usadas no manejo da irrigação do algodoeiro.

*Fases do ciclo	Duração (dias)	¹ Kc -	² Z m	³ PAS %	⁴ f -
1- Crescimento inicial (emergência até 10% da cobertura vegetal)	20	0,50	0,03	0,1	0,6
2- Desenvolvimento vegetativo (até a 1 ^a flor)	32	0,75	0,20	10	0,6
3- Floração (até o 1 ^o capulho)	53	1,05	0,40	55	0,6
4- Maturação (até a colheita)	44	0,70	0,40	65	0,6

*Adaptado de Beltrão e Azevedo (2008); ¹Coefficiente cultural no final de cada fase, adaptado de Beltrão e Azevedo (2008); ²Profundidade efetiva do sistema radicular; ³Porcentagem de área sombreada observada no

início de cada fase, calculada segundo Mantovani et al. (2009), para cultivo em fileira; ⁴Fator de disponibilidade hídrica (SOUZA et al., 2002).

O experimento foi instalado no esquema de parcelas subdivididas no tempo, tendo nas parcelas cinco tratamentos e nas subparcelas quatro épocas de avaliação, no delineamento em blocos casualizados (DBC), com quatro repetições. Os tratamentos de fertirrigação da cultura foram: a) T0: Água limpa e adubação mineral em cobertura; b) T1: 100% (40 kg ha⁻¹ de K₂O) do potássio em cobertura via ART; c) T2: 150% do potássio em cobertura via ART; d) T3: 100% do potássio em cobertura via ARB; e) T4: 150% do potássio em cobertura via ARB. Utilizou-se água de abastecimento para a complementação da exigência hídrica da cultura.

O potássio foi definido como elemento referência, após análise da água residuária, considerando-se os nutrientes exigidos pela cultura e as quantidades limites dos elementos constituintes da AR, aplicada no solo anualmente, conforme Matos (2006).

A parcela experimental foi composta por seis fileiras de plantas, com 0,90 m entre linhas, 5,90 m de comprimento e 0,11 m entre plantas, totalizando 31,86 m². A amostragem foi realizada nas quatro linhas centrais de cada parcela, desprezando-se 1 m das extremidades da linha, totalizando 14,04 m² de área útil por parcela.

Os tratamentos foram diferenciados aos 35 DAE, aplicando-se a AR e as adubações em cobertura na testemunha. Até os 100 DAE, foram feitas 22 aplicações de AR (em média, 2,4 aplicações por semana).

Na testemunha, foram feitas seis adubações minerais de cobertura, totalizando 50,0 kg ha⁻¹ de N (111,1 kg ha⁻¹ de ureia) e 40,0 kg ha⁻¹ de K₂O (69,0 kg ha⁻¹ de cloreto de potássio), conforme RIBEIRO et al. (1999). Estas mesmas doses de N e K₂O foram usadas para calcular as quantidades de AR aplicadas nos tratamentos, à exceção do T1 que recebeu dose adicional de 15,5 kg ha⁻¹ de N (34,44 kg ha⁻¹ de ureia), aos 76 DAE, pois com a concentração do N na ART, a dose final do nutriente ficaria abaixo das fornecidas nos demais tratamentos.

Mensalmente foram coletadas amostras simples da AR no final de uma das linhas laterais, durante o horário das aplicações, sendo colocadas em recipientes apropriados. Os recipientes foram acondicionados em caixas de isopor com gelo e enviados imediatamente ao laboratório para as análises de N total (método ISO 7890-1), N amoniacal, N nítrico, N orgânico, P total, K total, Na, Ca, Fe, óleos e graxas (O&G), demanda química de oxigênio (DQO), demanda bioquímica de oxigênio (DBO), pH, condutividade elétrica (CE_{AR}), coliformes totais (CT) e *Escherichia coli* (EC), seguindo, respectivamente, os métodos 4500 D, 4500 P E, 3120 B, 3500 Fe B, 5220 D, 5210 B, 4500 H B, 2510 B e 9223 A B descritos em APHA et al. (2012). De posse dos resultados das análises da AR do mês anterior, foram calculadas as lâminas de fertirrigação com a AR nos respectivos tratamentos.

Aos 29, 58, 93 e 125 DAE, utilizando-se 16 plantas de cada parcela foram medidas a altura do colo até o ápice; o diâmetro transversal da copa (perpendicular à linha de plantio), o número total de folhas verdadeiras por planta (limbos foliares com nervuras principais mais longas que 0,025 m), conforme Beltrão e Azevedo (2008) e o diâmetro caulinar a 0,02 m do solo.

Aos 100 DAE (florescimento e frutificação) determinou-se o índice SPAD, com clorofilômetro SPAD-502 (*Soil Plant Analysis Development-502*), no centro do limbo da quinta folha da haste principal (contada a partir do ápice) em duas plantas de cada parcela. Com as médias das leituras do clorofilômetro, foram calculadas as concentrações de N foliar, seguindo equação proposta por Neves et al. (2005).

Aos 150 DAE foram colhidas de uma só vez todas as plantas de cada parcela útil, medindo-se a massa de algodão em caroço e calculando sua produtividade, com correção do teor de água para 8,5% conforme NBR 12331:1991 (ABNT, 1991).

Da semeadura à emergência do algodoeiro, foram aplicados 93,0 mm de lâmina líquida de irrigação, incluindo 69,7 mm para elevação do teor de água do solo à condição de capacidade de campo, na camada de 0-0,40 m. Ao longo do ciclo da cultura, a partir da emergência das plântulas, foram aplicadas lâminas totais de 491,7 mm (Tabela 3), incluindo as precipitações ocorridas no intervalo dos 10 aos 16 DAE, visando atender a sua exigência hídrica. Desse total, 24,1 e 36,1% foram com ART e 22,5 e 33,8% com ARB nos tratamentos T1, T2, T3 e T4, respectivamente.

Com o objetivo de suprir a demanda de potássio nos tratamentos com AR, foram aplicadas lâminas variando entre 110,6 (T3) e 177,4 mm, no T2 (Tabela 3), sendo as lâminas de ART um pouco acima daquelas fornecidas aos tratamentos com ARB devido à menor concentração de K na ART (Tabela 4).

Tabela 3. Lâminas líquidas de águas residuárias (AR), precipitação efetiva (Chuva), lâminas líquidas complementares de irrigação (AL) e lâminas totais aplicadas nas parcelas experimentais, no ciclo do algodoeiro.

Trat.	AR	Chuva	AL	Total
	----- mm -----			
T0	0,0	9,4	482,3	491,7
T1	118,5	9,4	363,8	491,7
T2	177,4	9,4	304,9	491,7
T3	110,6	9,4	371,7	491,7
T4	166,3	9,4	316,1	491,7

T0: água limpa e adubação mineral; T1: 100% da cobertura potássica via ART; T2: 150% da cobertura potássica via ART; T3: 100% da cobertura potássica via ARB; T4: 150% da cobertura potássica via ARB.

Tabela 4. Valores médios (n = 3) dos constituintes das águas residuárias bruta (ARB) e tratada (ART) utilizadas no experimento.

Variável	Unidade	ARB	ART
¹ N _{total}	mg L ⁻¹	92,3	32,7
¹ N _{amon}	mg L ⁻¹	69,3	13,3
¹ N _{nit}	mg L ⁻¹	1,0	8,2
N _{org}	mg L ⁻¹	22,0	11,2
² K	mg L ⁻¹	30,3	29,5
² Na	mg L ⁻¹	47,3	60,9
¹ P	mg L ⁻¹	13,4	9,0
¹ Fe	mg L ⁻¹	3,0	1,1
² Ca	mg L ⁻¹	3,2	5,1
¹ CE _{AR}	dS m ⁻¹	1,6	1,2
¹ DQO _t	mg L ⁻¹	642,7	187,3
¹ DBO _t	mg L ⁻¹	308,7	82,0
¹ O & G	mg L ⁻¹	73,0	10,8
¹ pH		7,2	7,4
¹ CT	UFC	1,07E+8	4,73E+6
¹ E. coli	NMP	1,93E+7	4,13E+5

¹Análise realizada no Laboratório Regional Norte da Copasa, em Montes Claros – MG; ²Análise realizada na Divisão de Pesquisa e Controle de Qualidade de Água e Esgoto da Copasa, em Belo Horizonte – MG; N_{total}: Nitrogênio total; N_{amon}: Nitrogênio amoniacal; N_{nit}: Nitrogênio nítrico; N_{org}: Nitrogênio orgânico, calculado por diferença entre o nitrogênio total, o amoniacal e o nítrico; K: Potássio; Na: Sódio; P: Fósforo total; Fe: Ferro total; Ca: Cálcio; CE_{AR}: Condutividade elétrica; DQO_t: Demanda química de oxigênio total; DBO_t: Demanda

bioquímica de oxigênio total; O & G: Óleos e graxas; pH: Potencial hidrogeniônico; CT: Coliformes totais, unidades formadoras de colônias (UFC) (100 mL)⁻¹; *E. coli*: *Escherichia coli*, número mais provável (NMP) (100 mL)⁻¹.

De posse das lâminas de AR aplicadas mensalmente bem como das concentrações dos constituintes quantificados mensalmente, foram calculados os aportes desses constituintes ao solo, conforme Matos (2006).

Os valores médios obtidos na avaliação de crescimento de plantas, índice SPAD e produtividade foram submetidos à análise de variância pelo teste F, sendo as médias dos tratamentos comparadas entre si pelo teste de Tukey e com a testemunha, pelo teste de Dunnett. Também foram aplicados modelos de regressão para as variáveis em função do tempo das avaliações, sendo a escolha com base no coeficiente de determinação (R^2) e no comportamento do fenômeno, utilizando o aplicativo SAEG 9.1. Os coeficientes das regressões foram submetidos ao teste t, a 5% de significância.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Houve maior aporte de nitrogênio nos tratamentos submetidos à ARB bem como de fósforo, na forma de P₂O₅; de óleos e graxas; de ferro e de DQO (material orgânico), conforme indicado na Tabela 5. Comportamento contrário foi observado para o aporte de potássio, na forma de K₂O; o cálcio e o sódio, sendo os tratamentos submetidos à ART superiores aos da ARB. O maior aporte de sódio ocorreu no tratamento correspondente a 150% do fornecimento de potássio via ART (T2), em razão do conteúdo médio de sódio ser 29% maior na ART em relação à ARB (Tabela 4). Além disso, também houve a maior demanda de ART para atender ao fornecimento de potássio nesse tratamento.

Tabela 5. Doses totais (kg ha⁻¹) dos constituintes químicos nitrogênio total (N), fósforo (P₂O₅), potássio (K₂O), sódio (Na), cálcio (Ca), óleos e graxas (O&G), ferro (Fe) e matéria orgânica (DQO), fornecidos via adubação mineral (AM) e aporte ao solo via água residuária (AR) nos tratamentos.

Trat.	N*			P ₂ O ₅			K ₂ O			Na		
	AM	AR	Soma	AM	AR	Soma	AM	AR	Soma	AM	AR	Soma
T0	70,0	0,0	70,0	100,0	0,0	100,0	80,0	0,0	80,0	0,0	0,0	0,0
T1	35,5	37,5	73,0	100,0	23,8	123,8	40,0	40,2	80,2	0,0	69,0	69,0
T2	20,0	44,3	64,3	100,0	35,6	135,6	40,0	60,0	100,0	0,0	103,1	103,1
T3	20,0	70,1	90,1	100,0	36,5	136,5	40,0	38,0	78,0	0,0	52,7	52,7
T4	20,0	93,5	113,5	100,0	55,0	155,0	40,0	57,1	97,1	0,0	79,3	79,3
Trat.	Ca			O&G			Fe			DQO		
	AM	AR	Soma	AM	AR	Soma	AM	AR	Soma	AM	AR	Soma
T0	410,5	0,0	410,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
T1	410,5	4,6	415,1	0,0	16,7	16,7	0,0	1,3	1,3	0,0	212,8	212,8
T2	410,5	6,8	417,4	0,0	25,1	25,1	0,0	2,0	2,0	0,0	318,1	318,1
T3	410,5	4,1	414,6	0,0	73,3	73,3	0,0	3,3	3,3	0,0	689,4	689,4
T4	410,5	6,2	416,7	0,0	110,1	110,1	0,0	4,9	4,9	0,0	1036,7	1036,7

*Corresponde ao nitrogênio disponibilizado para a cultura, conforme Matos (2006), adaptado; T0: Água limpa e cobertura com adubação mineral; T1: 100% do potássio em cobertura via ART; T2: 150% do potássio em cobertura via ART; T3: 100% do potássio em cobertura via ARB; T4: 150% do potássio em cobertura via ARB.

As doses e fontes de AR não alteraram o diâmetro caulinar e o número de folhas, mas ambas as variáveis juntamente com o diâmetro de copa e altura de plantas foram influenciadas pela fonte de variação tempo de avaliação (Tabela 6). A fertirrigação alterou o diâmetro de copa, a altura de plantas e a produtividade, havendo interação entre os tratamentos e avaliações para a altura de plantas.

A taxa de crescimento do diâmetro de caule (DC) sofreu maior redução a partir dos 58 DAE, com média de $0,28 \text{ mm d}^{-1}$ (1 mm a cada 3,57 dias), entre 29 e 34 DAE (Figura 1a). Essa média reduziu para $0,09 \text{ mm d}^{-1}$ (1 mm a cada 11,1 dias) entre 54 e 59 DAE, atingindo $0,04 \text{ mm d}^{-1}$ (1 mm a cada 25 dias) entre 84 e 89 DAE. O caule do algodoeiro atingiu diâmetro de 10,34 mm aos 125 DAE.

Em relação ao NF, a média foi $0,83 \text{ folha d}^{-1}$ (1 folha a cada 1,2 dias) entre 29 e 34 DAE, reduzindo para $0,47 \text{ folha d}^{-1}$ (1 folha a cada 2,13 dias) entre 54 e 59 DAE e atingindo $0,03 \text{ folha d}^{-1}$ (1 folha a cada 33,3 dias) entre 84 e 89 DAE (Figura 1b). O máximo de folhas do algodoeiro ($29,64 \text{ folhas planta}^{-1}$) ocorreu aos 88,8 DAE e as primeiras flores no algodoeiro do presente trabalho apareceram aos 52 DAE (Tabela 2). Esse resultado corrobora o reportado por Beltrão e Azevedo (2008) ao afirmarem que a taxa de crescimento do algodoeiro herbáceo é maior até os 60 a 70 DAE, sendo reduzida posteriormente em decorrência do surgimento das estruturas reprodutivas, para onde grande parte dos fotoassimilados passa a ser canalizada devido à alta competitividade com as estruturas vegetativas.

Tabela 6. Resumo das análises de variância e médias de diâmetro caulinar, mm (DC), número de folhas (NF), diâmetro da copa, cm (Copa), altura de planta, cm (AP), índice SPAD, aos 100 DAE e produtividade de algodão em caroço, kg ha⁻¹ (Produtividade) medidas ao longo e no final do ciclo do algodoeiro submetido a diferentes fontes de adubação potássica em cobertura.

FV	GL	Quadrado Médio			
		DC	NF	Copa	AP
Bloco	3	2,679	112,420	2,785	291,84
Trat	4	1,728 ^{ns}	31,127 ^{ns}	52,375*	291,24**
Resíduo (a)	12	2,001	20,200	18,943	70,47
Avaliação	3	220,267**	2468,531**	5681,829**	16408,38**
Trat. x Av.	12	0,803 ^{ns}	12,539 ^{ns}	6,358 ^{ns}	37,311*
Resíduo (b)	45	1,420	15,063	13,035	15,317
CV 1 (%)		18,34	23,62	12,02	15,01
CV 2 (%)		15,45	20,39	9,97	7,00

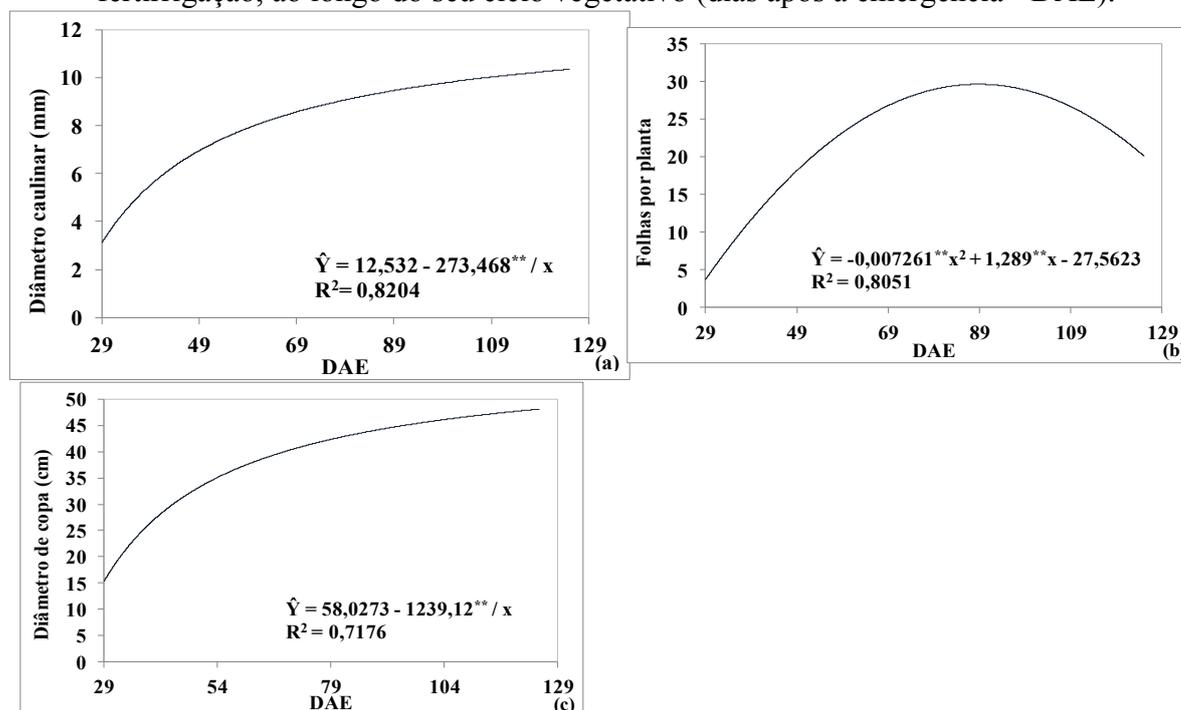
FV	GL	Quadrado Médio	
		SPAD	Produtividade
Bloco	3	28,8	581679,1
Trat	4	46,47*	1063097,0*
Resíduo	12	10,11	235512,1
CV (%)		6,14	15,03

Trat.	Médias			
	DC	NF	Copa	AP
T0	7,19 Aa	17,73 Aa	33,59 Ab	50,00 Ab
T1	7,66 Aa	17,63 Aa	35,20 Aab	53,02 Aab
T2	8,04 Aa	18,86 Aa	36,81 Aab	57,56 Bab
T3	7,93 Aa	20,41 Aa	38,17 Ba	60,19 Ba
T4	7,76 Aa	20,52 Aa	37,21 Bab	58,85 Bab
Média	7,71	19,03	36,20	55,93

Trat.	SPAD	Produtividade
	T0	50,70 Aab
T1	48,00 Ab	3098,51 Aab
T2	49,65 Aab	3022,64 Aab
T3	55,03 Bab	3633,24 Bab
T4	55,78 Ba	3843,08 Ba
Média	51,83	3229,2

*Significativo a 5%, **significativo a 1% e ^{ns} Não significativo, pelo teste F; T0: água limpa e adubação mineral; T1: 100% da cobertura potássica via ART; T2: 150% da cobertura potássica via ART; T3: 100% da cobertura potássica via ARB; T4: 150% da cobertura potássica via ARB; Médias seguidas pela mesma letra maiúscula da testemunha (T0) na coluna, não diferem dela, pelo teste de Dunnett e médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de significância.

Figura 1. Diâmetro caulinar (a), número de folhas (b) e diâmetro de copa (c) de plantas do algodoeiro submetido a fontes de adubação potássica em cobertura, via fertirrigação, ao longo do seu ciclo vegetativo (dias após a emergência - DAE).



** significativo ao nível de 1%, pelo teste t.

As curvas de crescimento (Figura 1) são semelhantes às relatadas por Souza Neto et al. (2012), a despeito de eles utilizarem critérios de aplicação diferentes do presente trabalho por não considerarem a concentração do nutriente no efluente, o que pode comprometer a sustentabilidade do cultivo, promovendo alterações no solo a médio e longo prazo (KIZILOGLU et al., 2008; ERTHAL et al., 2010; SILVA et al., 2011; ZHANG et al., 2012).

As plantas cujo fornecimento de nitrogênio foi via ARB apresentaram maior vigor e capacidade fotossintética, uma vez que a taxa de crescimento de folhas foi diretamente influenciada pelo suprimento de nitrogênio, sendo um dos fatores determinantes do acúmulo de fitomassa e área foliar, conforme Ferreira et al. (2005). Comportamento semelhante foi observado por Bezerra e Fideles Filho (2009), quando aplicaram ART com conteúdo de nitrogênio amoniacal de 37 mg L⁻¹. Portanto, superior ao da ART do presente trabalho (Tabela 4). Porém, é importante ressaltar que as lâminas de ART fornecidas por Bezerra e Fideles Filho (2009) foram cerca de 5 vezes superiores às do presente trabalho, o que denota risco de contaminação do solo, já que utilizaram o critério de irrigação.

Aos 100 DAE (última aplicação de AR), em função da clorose apresentada pelas plantas dos tratamentos T0, T1 e T2, determinou-se o índice SPAD em todas as parcelas experimentais (Tabela 6). As plantas dos tratamentos T3 e T4 apresentaram valores superiores à testemunha mineral, mas o T4 superou o T1, evidenciando a superioridade no aporte de nutrientes, sobretudo o N na ARB (Tabela 4). O índice SPAD se correlaciona diretamente com a clorofila e indiretamente com o conteúdo de nitrogênio (N) nas folhas das plantas, pois o N é integrante e participa da síntese da molécula de clorofila (NEVES et al., 2005; ZUFFO et al., 2012; MOTOMIYA et al., 2014).

Os teores foliares de N no algodoeiro aos 100 DAE foram 2,16; 1,96; 2,09; 2,48 e 2,54 dag kg⁻¹ referentes às plantas dos tratamentos T0, T1, T2, T3 e T4, respectivamente. De

acordo com RIBEIRO et al. (1999), estes teores de N estão abaixo do valor admitido como adequado à cultura, sendo a referência de $3,2 \text{ dag kg}^{-1}$, indicando que as plantas já estavam deficientes no nutriente na fase de frutificação, sobretudo as do tratamento T1 (menor índice SPAD) em relação às do T4 (Tabela 6).

O uso de ARB permitiu maior capacidade fotossintética pela melhor nutrição do algodoeiro, visto que o T4 apresentou teor de N superior ao T1, mesmo com este tratamento recebendo dose adicional de N mineral aos 76 DAE. O maior conteúdo de N nas plantas fertirrigadas com ARB está associado ao teor médio mensal deste nutriente, sendo 1,76 vezes superior ao encontrado na ART.

O aporte de N ao solo, estimado a partir das ARs, no T3 foi 87% superior comparado ao T1 e no T4 foi 111% maior que no T2 (Tabela 5). O acúmulo de fósforo (P), na forma de P_2O_5 , foi de 55 kg ha^{-1} no T4, sendo 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 e AZEVEDO, 2008). No entanto, há inconveniência na utilização da ARB via gotejamento devido à necessidade de maiores frequências de retrolavagens do sistema de filtragem, em função da elevada carga orgânica nela presente (KIZILOGLU et al., 2008; MEKKI et al., 2014; CARY et al., 2015).

Apesar de não haver diferenças entre os tratamentos que receberam ART e o T0 para a maioria das variáveis avaliadas, deve-se atentar para a elevada concentração do sódio (Na^+) na ART comparado à ARB (Tabela 4), pois além de não ser nutriente essencial às plantas, pode promover alterações físicas, como a dispersão das argilas e o consequente aumento da densidade do solo a médio e longo prazo, conforme verificado por Ferreira et al. (2011).

Devido haver evaporação da água ao longo do sistema de tratamento em lagoas, com consequente concentração do Na^+ na ART comparada à ARB (Tabela 4), o aporte desse constituinte ao solo chegou a $103,1 \text{ kg ha}^{-1}$ no T2 (Tabela 5). Kiziloglu et al. (2008), ao contrário do observado no presente trabalho, perceberam maior conteúdo de Na^+ no solo em que houve aplicação de ARB devido à concentração do elemento ser 30% maior que na ART, contudo, não observaram prejuízo nas culturas.

Comparados à testemunha mineral, os dois tratamentos com ARB proporcionaram maiores diâmetros da copa, com o T3 atingindo 38,17 cm (Tabela 6). O diâmetro de copa das plantas do tratamento T3 foi superior ao T0 e igual às dos demais tratamentos. Em cultivo irrigado, o diâmetro de copa pode auxiliar no manejo da irrigação localizada, por ser reflexo do sombreamento da cultura (porcentagem de área sombreada), e também pode definir mudança de fase no início do ciclo, conforme Allen et al. (2006).

O diâmetro da copa foi de 48,11 cm na última avaliação, exibindo comportamento semelhante ao do diâmetro caulinar (Figura 1c). Poucos ramos vegetativos foram produzidos no cultivar estudado, impedindo a cobertura total da área. De acordo com Beltrão e Azevedo (2008), nos cultivares precoces e médios predominam os ramos frutíferos, com crescimento determinado devido à diferenciação das gemas para a produção de flores. A porcentagem de área sombreada em cultivos em linha pode ser estimada dividindo-se o diâmetro de copa pelo espaçamento entre fileiras (MANTOVANI et al., 2009). Nesse sentido, o T3 pode ter proporcionado maior porcentagem de área sombreada e consequentemente maior evapotranspiração da cultura.

Para a altura de plantas, além dos tratamentos em que houve aplicação de ARB, o T2 também promoveu alterações na referida variável, fazendo com que fosse superior à testemunha mineral, similar ao diâmetro de copa nas médias temporais (Tabela 6). Na comparação entre os tratamentos, o T3 (60,19 cm) promoveu maior altura que o T0 (50,0 cm), ficando esta variável igual aos demais. No desdobramento da interação tratamento x período

de avaliação, nota-se que na primeira medição, aos 29 DAE, não houve diferença entre os tratamentos (Tabela 7). Isso aconteceu devido à diferenciação dos tratamentos ter ocorrido somente a partir dos 35 DAE.

Tabela 7. Médias de alturas de plantas, cm (AP) em quatro avaliações depois da emergência do algodoeiro (DAE) submetido a diferentes fontes de adubação potássica em cobertura.

Trat.	DAE			
	29	58	93	125
T0	15,43 Aa	44,68 Ab	73,40 Ab	66,55 Ac
T1	17,53 Aa	51,03 Aab	74,85 Ab	68,68 Abc
T2	17,25 Aa	55,15 Aab	82,45 Aab	75,40 Aabc
T3	18,43 Aa	57,90 Ba	86,58 Ba	77,85 Bab
T4	16,48 Aa	52,15 Aab	86,28 Ba	80,50 Ba
Média	17,02	52,18	80,71	73,80

T0: água limpa e adubação mineral; T1: 100% da cobertura potássica via ART; T2: 150% da cobertura potássica via ART; T3: 100% da cobertura potássica via ARB; T4: 150% da cobertura potássica via ARB; Médias seguidas pela mesma letra maiúscula da testemunha (T0) na coluna, não diferem dela, pelo teste de Dunnett e médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de significância.

Na segunda avaliação, 23 dias depois do início das aplicações das águas residuárias (T1 ao T4) e das coberturas potássicas e nitrogenadas minerais (T0), o T3 proporcionou altura de plantas igual a 57,9 cm, sendo superior ao T0. O mesmo aconteceu nas avaliações seguintes, com a inclusão do T4. Aos 93 DAE a altura média do T3 e do T4 foi 86,43 cm, 13,03 cm superior às plantas conduzidas no T0 (Tabela 7).

Na última avaliação, comparando todos os tratamentos entre si, o T3 diferiu do T0 e o T4 diferiu do T1 e do T0. Esses resultados evidenciam que o maior aporte de N e P disponibilizado às plantas, seja na forma mineral ou na forma orgânica, proporciona maior crescimento em altura das plantas. Quando esse fornecimento é adequado, caso do presente trabalho, contribui para o aumento da produtividade e da qualidade da fibra, mas em excesso promove efeito adverso, uma vez que as plantas tendem a deslocar fotoassimilados para as estruturas vegetativas, promovendo aumento na altura das plantas, em detrimento das estruturas reprodutivas, como constatado por Alves et al. (2009) e Beltrão e Azevedo (2008). Além disso, o uso excessivo de N, por influenciar na expansão e divisão celular, promove retardamento na senescência de folhas, mudando a coloração em função do aumento do conteúdo de clorofila (FERREIRA et al., 2005).

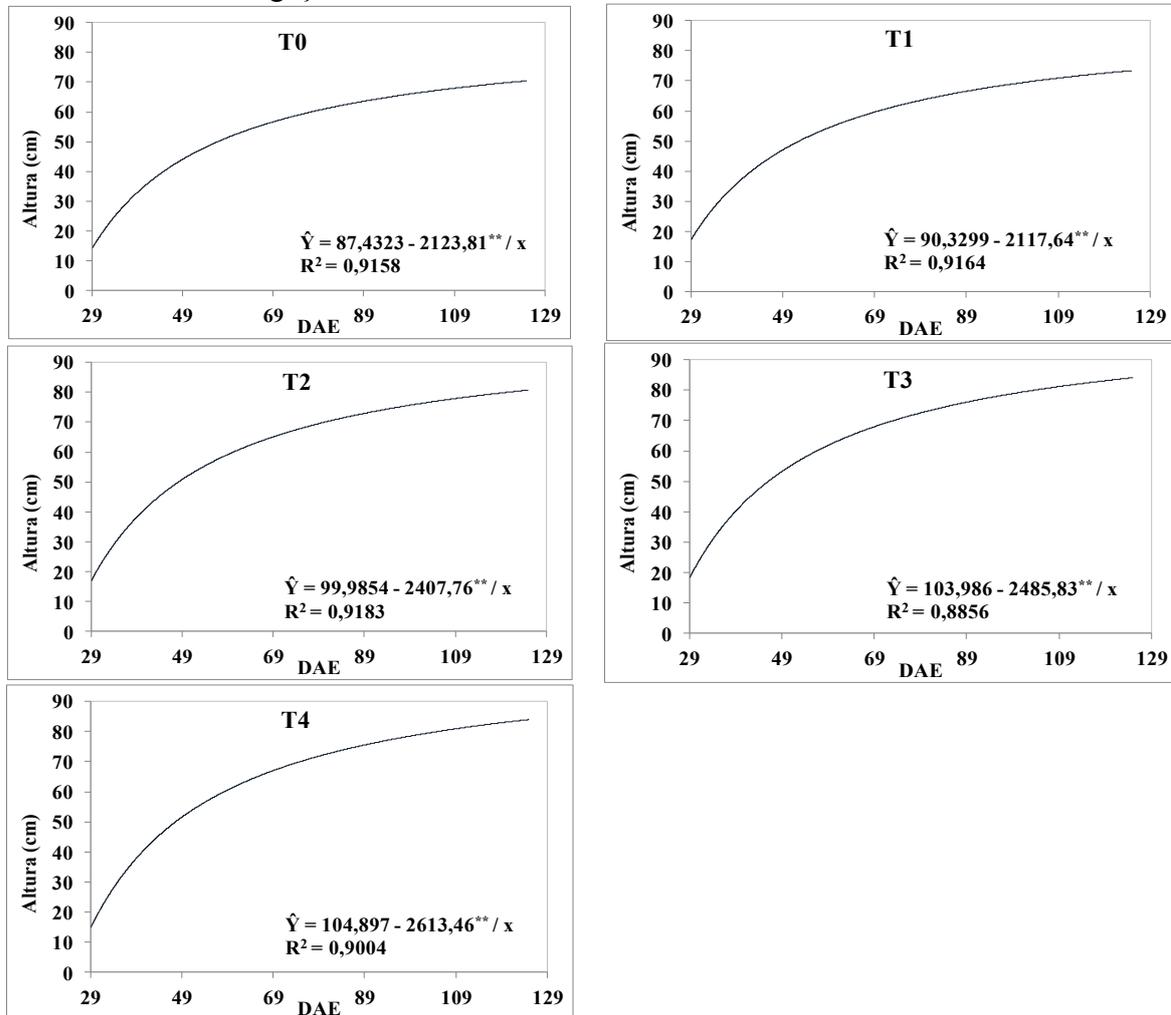
Bezerra et al. (2005) verificaram que a combinação de lodo de esgoto na dose de 225 kg ha⁻¹ e ART atendendo à demanda hídrica do algodoeiro BRS 200 foi a que proporcionou maior altura de plantas, dentre os tratamentos testados. As plantas atingiram 78,6 cm mediante esta combinação aos 120 dias após a semeadura, enquanto aquelas irrigadas apenas com ART não passaram dos 56,4 cm, sugerindo que o material orgânico presente na ART dificilmente é decomposto pelos microrganismos do solo, devido à sua recalcitrância, resultado da passagem pelo sistema de tratamento.

Ao contrário da ART, o material orgânico presente na ARB, por não ter sido submetido à degradação biológica no sistema de tratamento, pode ser melhor aproveitado por microrganismos do solo, disponibilizando os nutrientes às plantas depois da mineralização.

As plantas do algodoeiro, submetidas aos tratamentos T0, T1, T2, T3 e T4, aos 125 DAE, atingiram alturas de 70,44; 73,39; 80,72; 84,10 e 83,99 cm, respectivamente (Figura 2),

expressando o vigor proporcionado pelos nutrientes presentes nas AR, sobretudo na ARB (T3 e T4).

Figura 2. Altura de plantas do algodoeiro nos tratamentos de doses de potássio em cobertura, via fertirrigação.



T0: água limpa e adubação mineral; T1: 100% da cobertura potássica via ART; T2: 150% da cobertura potássica via ART; T3: 100% da cobertura potássica via ARB; T4: 150% da cobertura potássica via ARB; DAE: Dias após a emergência; ** significativo ao nível de 1%, pelo teste t.

A produtividade das plantas dos tratamentos irrigados com ARB foi superior ao da testemunha, similarmemente aos resultados de diâmetro transversal de copa e altura de plantas, enquanto as médias dos tratamentos irrigados com ART foram semelhantes ao T0 (Tabela 6). Isso indica que a maior disponibilidade dos nutrientes pela ARB possibilita melhoria nos processos metabólicos durante o crescimento das plantas, com acúmulo para posterior translocação às estruturas reprodutivas e aumento da produtividade. A produtividade alcançada pelo T4 (3.843,08 kg ha⁻¹) foi 50,8% superior ao T0 e 1,7% superior à média de Minas Gerais, Estado caracterizado como o quinto maior produtor de algodão do Brasil, no ano agrícola 2011/2012 (CARVALHO et al., 2012).

O T2 (3.022,64 kg ha⁻¹) e o T1 (3.098,51 kg ha⁻¹) apresentaram produtividades iguais ao T0 (Tabela 6), indicando que, em termos agrônômicos, mesmo com menor concentração de nutrientes, a ART pode substituir a adubação potássica mineral em cobertura do

algodoeiro, sendo uma alternativa ao destino final de efluentes de estação de tratamento de esgotos. Resultados semelhantes foram obtidos por Ferreira et al. (2005), Figueiredo et al. (2005) e Alikhasi et al. (2012), mostrando que plantas com maior vigor proporcionam incrementos na produtividade.

Ferreira et al. (2005) verificaram que o algodoeiro BRS 187 8H alcançou produtividades médias de 3.584,1 kg ha⁻¹ e 1.920,7 kg ha⁻¹ de algodão em caroço nos tratamentos irrigados com ART e água de abastecimento, respectivamente. Alikhasi et al. (2012) registraram a produtividade de 2.200 kg ha⁻¹, no cultivar MEHR submetido à irrigação com ART, sendo superior ao tratamento mineral (800 kg ha⁻¹ de algodão em caroço). Com isso, percebe-se que a produtividade do algodoeiro está relacionada tanto ao material genético quanto ao nível tecnológico adotado. No presente trabalho, foi usada recomendação de adubação visando produtividade igual a 2.500,0 kg ha⁻¹, de acordo com RIBEIRO et al. (1999).

A maior produtividade obtida no T4 pode ter sido resposta da maior dose de K, combinada com N e P presentes na ARB, produzindo plantas mais vigorosas e mais produtivas.

6 CONCLUSÕES

A água residuária bruta, por adicionar maiores quantidades de N e P ao solo, proporcionou maior crescimento do diâmetro de copa e altura de plantas, comparada à adubação mineral em cobertura;

A água residuária tratada (T1) estimulou o crescimento das plantas pelo diâmetro de copa, altura e produtividade de algodão em caroço semelhante às plantas com adubação mineral em cobertura;

Não se recomenda utilizar mais de 100% da adubação potássica em cobertura via água residuária de tratamento terciário no algodoeiro NuOPAL BG RR em substituição à adubação mineral;

A água residuária bruta pode ser utilizada no algodoeiro NuOPAL BG RR em substituição total da fonte de potássio mineral em cobertura, com produtividade de algodão em caroço 50,7% superior à fonte potássica mineral.

7 AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Companhia de Saneamento de Minas Gerais (COPASA), ao Banco do Nordeste (ETENE/FUNDECI), à Associação Mineira dos Produtores de Algodão (AMIPA) e à Fundação de Amparo à Pesquisa de Minas Gerais (FAPEMIG) pelo apoio financeiro e concessão de bolsas.

8 REFERÊNCIAS

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12331 - Fibras têxteis - Taxa convencional de condicionamento - Padronização**. São Paulo, 1991.

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: guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos**. Rome: FAO, 2006. 320 p. (FAO Irrigation and Drainage, 56).

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.

APHA; AWWA.; WEF. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 22. ed. Washington: APHA/AWWA/WEF, 2012. 1360 p.

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.

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

BEZERRA, B. G.; FIDELES FILHO, J. Análise de crescimento da cultura do algodoeiro irrigado com águas residuárias. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 40, n. 3, p. 339-345, 2009.

BEZERRA, L. J. D.; LIMA, V. L. A.; ANDRADE, A. R. S. de; ALVES, W. W.; AZEVEDO, C. A. V.; GUERRA, H. O. C. Análise de crescimento do algodão colorido sob os efeitos da aplicação de água residuária e biossólidos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 9, suplemento, p.333-338, 2005.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Resolução CONAMA 357, de 18 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**. Brasília, DF, 18/03/2005, n. 053, p. 58-63. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res_35705.pdf>. Acesso em: 08 jan. 2013.

BRASIL. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. Instituto Brasileiro De Geografia e Estatística – IBGE. **Pesquisa nacional de saneamento básico 2008**. Rio de Janeiro, RJ. 219p. 2010. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/condicaodevida/pnsb2008/default.shtm>>. Acesso em: 08 jan. 2013.

CARVALHO, C. de *et al.* **Anuário brasileiro do algodão 2012**. Santa Cruz do Sul: Editora Gazeta Santa Cruz, 2012. 136 p.

CARR, G.; POTTER, R. B.; NORTCLIFF, S. Water reuse for irrigation in Jordan: perceptions of water quality among farmers. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, 98, p. 847-854, 2011.

CARY, L.; SURDYK, N.; PSARRAS, G.; KASAPAKIS, I.; CHARTZOULAKIS, K.; SANDEI, L.; GUERROT, C.; PETTENATI, M.; KLOPPMAN, W. Short-term assessment of dynamics of elements in wastewater irrigated Mediterranean soil and tomato fruits through sequential dissolution and lead isotopic signatures. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, 155, p. 87-99, 2015.

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

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3. ed. Rio de Janeiro, RJ: Embrapa-SPI, 2013. 353 p.

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

FERREIRA, D. C.; SOUZA, J. A. R. de; BATISTA, R. O.; CAMPOS, C. M. M.; MATANGUE, M. T. A.; MOREIRA, D. A. Nutrient inputs in soil cultivated with coffee crop fertigated with domestic sewage. **Revista Ambiente & Água**, Taubaté, v. 6, n. 3, p. 77-85, 2011.

FERREIRA, O. E.; BELTRÃO, N. E. de M.; KONIG, A. Efeitos da aplicação nitrogenada de água residuária e nitrogênio sobre o crescimento e produção do algodão herbáceo. **Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas**, Campina Grande, v. 9, n. 1/3, p. 893-902, 2005.

FIDELES FILHO, J.; NÓBREGA, J. Q.; SOUSA, J. T. de; DANTAS, J. P. Comparação dos efeitos de água residuária e de poço no crescimento e desenvolvimento do algodão. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 9, p. 328-332, 2005. Suplemento.

FIGUEIREDO, I. C. de M.; LIMA, V. L. A.; BELTRÃO, N. E. de M.; ARAÚJO, M. G. F. de; SANTOS, T. S. S.; AZEVEDO, C. A. V. Uso da água residuária tratada e do biossólido no algodão colorido: produção e seus componentes. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 9, p. 288-291, 2005. Suplemento.

KIZILOGLU, F. M.; TURAN, M.; SAHIN, U.; KUSLU, Y.; DURSUN, A. Effect of untreated and treated wastewater irrigation on some chemical properties of cauliflower (*Brassica oleracea* L. var. botrytis) and red cabbage (*Brassica oleracea* L. var. rubra) grown on calcareous soil in Turkey. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 95, p. 716-724, 2008.

MANTOVANI, E. C.; BERNARDO, S.; PALARETTI, L. F. **Irrigação: princípios e métodos**. 3 ed. Viçosa, MG: UFV, 2009. 355 p.

MATOS, A. T. **Disposição de águas residuárias no solo**. Viçosa: Associação dos Engenheiros Agrícolas do Estado de Minas Gerais, DEA/UFV, 2006. 140 p. (Série Caderno Didático, 38).

MEKKI, A.; FKI, F.; KCHAOU, M.; SAYADI, S. Short-term effects of gray wastewater on a mediterranean sandy soil. **Clean - Soil Air Water**, Hoboken, v. 43, n. 5, p. 621-786, 2014.
MERRIAN, J. L.; KELLER, J. **Farm irrigation system evaluation: guide for management**. Logan: Utah State University, 1978. 271 p.

MOLLE, F.; VENOT, J. P.; HASSAN, Y. Irrigation in the Jordan valley: are water pricing policies optimistic? **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 95, p. 427-438, 2008.
MOTOMIYA, A. V. de A.; VELENTE, I. M. Q.; MOLIN, J. P.; MOTOMIYA, W. R.; BISCARO, G. A.; JORDAN, R. A. Índice de vegetação no algodoeiro sob diferentes doses de nitrogênio e regulador de crescimento. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 35, n. 1, p. 169-178, 2014.

NEVES, O. S. C.; CARVALHO, J. G.; MARTINS, F. A. D.; PÁDUA, T. R. P. de; PINHO, P. J. de. Uso do SPAD-502 na avaliação dos teores de clorofila, nitrogênio, enxofre, ferro e manganês do algodoeiro herbáceo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 40, n. 5, p. 517-521, 2005.

PEIXOTO, M. F.; BARBOSA, R. V.; OLIVEIRA, R. R. da C.; FERNANDES, P. M.; COSTA, R. B. da. Amostragem do ácaro rajado *Tetranychus urticae* Koch (*Acari: Tetranychidae*) e eficiência de controle de acaricidas no seu controle na cultura do algodoeiro irrigado. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 25, n. 2, p. 24-32, 2009.

SILVA, D. de F.; MATOS, A. T.; PEREIRA, O. G.; CECON, P. R.; BATISTA, R. de O.; MOREIRA, D. A. Alteração química de solo cultivado com capim Tifton 85 (*Cynodon* spp.) e fertirrigado com percolado de resíduo sólido urbano. **Acta Scientiarum. Technology**, Maringá, v. 33, n. 3, p. 243-251, 2011.

SOUSA NETO, O. N.; ANDRADE FILHO, J.; DIAS, N. da S.; REBOUÇAS, J. R. L.; OLIVEIRA, F. R. A. de; DINIZ, A. A. Fertigação do algodoeiro utilizando efluente doméstico tratado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.16, n. 2, p. 200-208, 2012.

SOUZA, C. C. de; OLIVEIRA, F. A. de; SILVA, I. de F. da; AMORIM NETO, M. da S. Avaliação de métodos de determinação da água disponível em solo cultivado com algodão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 3, p. 337-341, 2002.

ZHANG, D.; LI, W.; XIN, C.; TANG, W.; ENEJI, A. E.; DONG, H. Lint yield and nitrogen use efficiency of field-grown cotton vary soil salinity and nitrogen application rate. **Field Crops Research**, Amsterdam, v.138, p. 63-70, 2012.

ZUFFO, A. M.; ANDRADE, F. R.; SCHOSSLER, T. R.; MILHOMEM, D. M.; PIAUILINO, A. C. Eficiência na determinação indireta do nitrogênio foliar a partir do índice SPAD. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 8, n. 15, p. 802-820, 2012.