

POTENCIAL HÍDRICO-NUTRICIONAL DA ÁGUA RESIDUÁRIA DE SUINOCULTURA NA IRRIGAÇÃO DO ALGODOEIRO CULTIVADO EM CONDIÇÕES SEMIÁRIDAS

SALOMÃO DE SOUSA MEDEIROS¹; ALDRIN MARTIN PEREZ-MARIN^{1,2}; JOSÉ AMILTON SANTOS JÚNIOR³; CLÁUDIA FANCINI REIS⁴ E HANS RAJ GHEYI⁵

¹Instituto Nacional do Semiárido – INSA/MCTI, Campina Grande-PB, salomao.medeiros@insa.gov.br;

²Programa de Pós-Graduação em Ciências do Solo, Universidade Federal da Paraíba, Campus de Areia-PB, aldrin.perez@insa.gov.br;

³Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife-PE, jose.amilton@pq.cnpq.br;

⁴Instituto de Assessoria a Cidadania e ao Desenvolvimento Local Sustentável – IDS Brasil, Natal-RN, reisfc@gmail.com;

⁵Núcleo de Engenharia de Água e Solo, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas, BA, hans@pq.cnpq.br

1 RESUMO

Dada a importância social e econômica da suinocultura no Brasil, a mitigação dos impactos ambientais gerados por esta atividade é urgente e possui grande relevância ambiental. Neste sentido, o objetivo deste trabalho foi avaliar a viabilidade do aproveitamento da água residuária proveniente da suinocultura sobre a produção de massa seca, absorção, acúmulo e recuperação aparente dos macronutrientes na cultura do algodoeiro. O estudo foi realizado em dois ciclos (período seco e chuvoso), na área experimental da CODEVASF, Bom Jesus da Lapa, BA, em 2007 e 2008. O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso com cinco tratamentos e quatro repetições, totalizando 20 unidades experimentais; testou-se a aplicação de quatro proporções de diluições de água residuária tratada em água fluvial (AR₁₀₀, AR_{75:25}, AR_{50:50} e AR_{25:75}) e um tratamento testemunha (T) - irrigado com água fluvial + adubação mineral. Concluiu-se que as plantas irrigadas com água residuária oriunda da suinocultura tiveram melhor desempenho na produção de massa seca, absorção e acúmulo de nutrientes em relação ao tratamento testemunha.

Palavras-chave: reuso da água, *Gossypium hirsutum*, nutrição e irrigação.

MEDEIROS, S. de S.; ALDRIN MARTIN PEREZ-MARIN, A. M.; SANTOS JÚNIOR, J. A.; REIS, C. F.; GHEYI, H. R.

HYDRIC AND NUTRITIONAL POTENTIAL OF WASTE WATER FROM SWINE PRODUCTION ON IRRIGATION OF COTTON GROWN IN SEMI-ARID CONDITIONS

2 ABSTRACT

Given the social and economic importance of pig farming in Brazil, mitigating environmental impacts generated by this activity is urgent and has great environmental importance. In this context, the objective of this study was to evaluate the feasibility of using wastewater from swine production on dry matter production, absorption, accumulation and apparent recovery of macronutrients by cotton crop. The study was conducted in two cycles (dry and rainy seasons) in an experimental area of CODEVASF, Bom Jesus da Lapa city, BA in 2007 and 2008. The

experimental design was randomized blocks with five treatments and four replicates, amounting to 20 experimental units. A total of four dilutions of waste water treated with river water (AR100, AR75:25, AR50:50 and AR25:75) and a control treatment (T), (irrigated with river water + mineral fertilization) were tested. The results showed that plants irrigated with waste water from pig farming had better levels of dry matter, absorption and nutrient uptake as compared with the control treatment using river water.

Keywords: water reuse, *Gossypium hirsutum*, nutrition and irrigation.

3 INTRODUÇÃO

A suinocultura no Brasil é uma atividade bastante difundida e de grande alcance social. Segundo Pereira (2006), o plantel brasileiro se distribui em todas as regiões do País, caracterizando-se como uma atividade realizada predominantemente em pequenas propriedades e geradora de uma quantidade significativa de resíduos, constituídos de fezes, urina, água proveniente dos bebedouros e higienização, resíduos de ração e outros materiais decorrentes do manejo adotado.

O crescimento da produção dos resíduos oriundos da suinocultura tem despertado grande inquietação social, principalmente devido aos impactos que causa ao ambiente, sobretudo no que diz respeito à contaminação do solo, dos mananciais de superfície e subterrâneos por diversos processos, o que torna a destinação adequada destes resíduos uma necessidade urgente (Santos et al., 2010). Trabalhos relacionados ao aproveitamento da água residuária oriunda da suinocultura na agricultura têm apresentado resultados bastante promissores (Souza et al., 2010; Condé et al., 2013), inclusive, Medeiros et al. (2011) acrescentam que prática de irrigação com o uso do efluente tratado de dejetos de suíno, permite a destinação ambientalmente correta dos efluentes gerados pela atividade, reduzindo assim os impactos negativos no meio ambiente.

Esses resultados ganham relevância principalmente em regiões do país com expressão na produção deste animal, como é o caso específico do Nordeste Brasileiro, que concentra 22% de toda produção nacional (Pereira, 2006) e possui disponibilidade hídrica e de fertilidade dos solos limitada para a produção agrícola. Ao passo que no semiárido brasileiro um dos principais desafios a serem enfrentados para a sustentabilidade dos sistemas de produção agrícola consiste na manutenção e na melhoria da fertilidade dos solos, em especial, quanto aos níveis de N, P e K, que são extremamente baixos (Mundus et al., 2008), a ciclagem de nutrientes proporcionada por estes resíduos, constituem-se em uma alternativa de baixo custo no suprimento nutricional das áreas agrícolas.

Em relação ao aspecto hídrico, frente ao cenário de escassez de oferta da água em quantidade e qualidade suficiente para expansão da produção agropecuária, o reuso de água em regiões semiáridas constitui-se como alternativa de uso potencial, ao liberar água de melhor qualidade para fins mais nobres, como o consumo humano e/ou dessedentação de animais, como preconiza a Política Nacional de Recursos Hídricos (Souza et al., 2010). Assim a água residuária tratada pode ser utilizada especialmente na produção de produtos não comestíveis (Santos Júnior et al., 2011) e de mercado consolidado como é o caso específico da cultura do algodoeiro; de acordo com informações do Banco do Nordeste (ETENE) em 2012, o algodão é uma das poucas *commodities* adequadas ao ecossistema regional, com possibilidade de ser explorada de forma econômica e ecologicamente sustentável sob aspectos diversos da atividade (exploração, beneficiamento, produção de fibras e de derivados do caroço, comercialização e mercado).

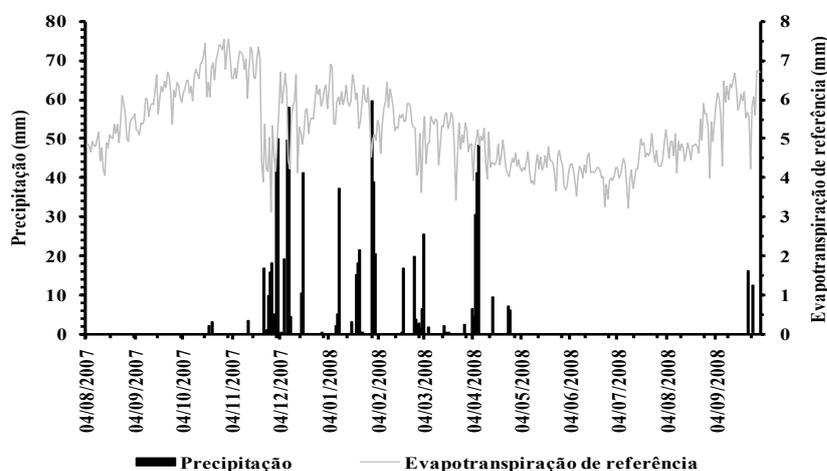
Sendo assim, delineou-se o presente estudo, com o objetivo de avaliar o potencial do aproveitamento da água residuária oriunda da suinocultura como fonte de água alternativa para irrigação e suprimento de N, P e K através da ciclagem de nutrientes, e seus efeitos na produção de massa seca, absorção, acúmulo e recuperação aparente dos macronutrientes da cultura do algodoeiro.

4 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi instalado em condições de campo, no Perímetro Irrigado “Formoso” em Bom Jesus da Lapa, BA, especificamente na área experimental da Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba – CODEVASF (13°15’ S, 43°32’ O e 439 m de altitude média).

De acordo com classificação proposta por Köppen, o clima da região é *BSh* – semiárido seco e quente; a temperatura média anual é de 25°C, sendo a média dos meses mais quentes de 27°C e nos meses mais frios de 22°C; a precipitação média anual acumulada é de 800 mm, sendo novembro, dezembro e janeiro os meses mais chuvosos; a evapotranspiração potencial média anual da região (ETP) é de aproximadamente 1.650 mm e a vegetação dominante é do tipo caatinga hipoxerófila (Costa et al., 2012). A evapotranspiração de referência (estimada conforme equação de Penman-Monteith) e o volume precipitado (medida direta com o pluviômetro) foram mensurados durante o período da realização do experimento (Figura 1).

Figura 1. Evapotranspiração de referência e o volume precipitação durante o período da realização do experimento.



O solo da área experimental foi classificado como Latossolo Vermelho Amarelo – LVA e textura argilosa (EMBRAPA, 2006). Antes da aplicação dos tratamentos foram coletadas amostras de solo nas profundidades de 0 –20; 20 –40; 40 – 60; 60 – 80 e 80 – 100 cm e analisadas pelo Laboratório de Análises de Solo e Planta da Universidade Federal de Viçosa (UFV) para determinação de suas características químicas e físicas, cujos resultados estão sumarizados nas Tabelas 1 e 2.

Tabela 1. Características químicas do solo da área experimental em diferentes profundidades

Profundidade (cm)	pH	CE _{es} μS cm ⁻¹	P mg dm ⁻³	K ⁺ cmol _c dm ⁻³	Ca ²⁺ cmol _c dm ⁻³	Mg ²⁺ cmol _c dm ⁻³	Na ⁺ cmol _c dm ⁻³	N _{tot} dag kg ⁻¹	CO dag kg ⁻¹	Zn mg dm ⁻³	Fe mg dm ⁻³	Mn mg dm ⁻³	Cu mg dm ⁻³
0 – 20	6,23	190,00	12,60	0,63	8,11	1,18	0,00	0,06	1,25	2,30	4,10	35,30	0,24
20 – 40	6,53	100,00	2,20	0,27	7,29	0,56	0,00	0,03	0,39	0,71	3,20	17,30	0,45
40 – 60	6,83	68,00	1,10	0,15	7,44	0,42	0,01	0,02	0,23	0,60	4,60	20,80	0,55
60 – 80	6,95	45,00	0,70	0,02	7,56	0,43	0,00	0,03	0,08	0,44	4,30	11,80	0,57
80 – 100	6,88	74,00	0,70	0,02	7,55	0,36	0,00	0,02	0,08	0,44	2,90	9,40	0,56

CE_{es} – condutividade elétrica do extrato da pasta saturada do solo; N_{tot} – nitrogênio total; CO – carbono orgânico.

Tabela 2. Características físicas do solo da área experimental em diferentes profundidades

Profundidade cm	ADA %	AG %	AF %	S %	A %	Cc kg kg ⁻¹	Pmp kg kg ⁻¹
0 – 20	25,0	34,0	31,0	8,0	27,0	0,153	0,080
20 – 40	28,0	33,0	29,0	8,0	30,0	0,142	0,081
40 – 60	28,0	31,0	30,0	9,0	30,0	0,149	0,079
60 – 80	29,0	28,0	31,0	9,0	32,0	0,148	0,076
80 – 1,0	30,0	27,0	32,0	9,0	32,0	0,149	0,077

ADA: argila dispersa em água; AG: área grossa; AF: área fina; S: silte, A: argila; Cc: umidade gravimétrica na capacidade de campo (determinado a 10 kPa) e Pmp: umidade gravimétrica no ponto de murcha permanente (determinado a 1.500 kPa).

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, com cinco tratamentos e quatro repetições, totalizando vinte unidades experimentais, em dois ciclos de cultivo (1º ciclo no período seco e o 2º ciclo no período chuvoso). Cada bloco ocupou uma área de 75 m², dividida em cinco parcelas experimentais de 15 m² (5,0 x 3,0 m). Testaram-se quatro proporções de diluição da água residuária da suinocultura em água fluvial oriunda do Rio Corrente, afluente da margem esquerda do Rio São Francisco (Tabela 3) a saber: 100 % de água residuária (AR₁₀₀); 75 % de água residuária+ 25 % de água fluvial (AR_{75:25}); 50% de água residuária+ 50 % de água fluvial (AR_{50:50}) e; 25 % de água residuária + 75 % de água fluvial (AR_{25:75}) mais um tratamento testemunha (T) que consistiu na irrigação, com água fluvial + adubação mineral, realizada com base na análise do solo conforme recomendação da Comissão de Fertilidade de Solo do Estado de Minas Gerais, (CFSEMG, 1999), cuja a proposta de adubação de fundação consistiu na aplicação de 20 kg ha⁻¹ N, 100 kg ha⁻¹ P₂O₅ e 40 kg ha⁻¹ K₂O; a adubação de cobertura consistiu de 20 e 10 kg ha⁻¹ de N e K₂O, aos 30 e 60 dias após a germinação, respectivamente, em ambos os ciclos de cultivo. As fontes de N, P e K utilizadas foram ureia, superfosfato simples e cloreto de potássio, respectivamente.

Tabela 3. Caracterização físico-química da água fluvial (AF) utilizada no experimento

pH _{H₂O}	CE _a dS m ⁻¹	P	K	N	Na	Ca	Mg	Zn	Cu	Fe	Mn	RAS (mmol L ⁻¹) ^{0,5}
6,77	0,08	0,78	2,73	2,8	1,84	14,4	1,92	0,01	0,01	0,07	0,12	6,77

Fonte: dados da pesquisa

A água residuária utilizada no experimento foi obtida em uma estação de tratamento simplificada que constava de três sistemas de tratamentos: preliminar (gradeamento), primário (decantador) e um secundário (wetland e filtro de areia). Após o tratamento, o efluente era direcionado para um sistema de filtragem por filtros de disco e, em seguida, realizado as diluições necessárias para atendimento aos tratamentos estabelecidos e sua posterior aplicação via sistema de irrigação por gotejamento (Tabela 4).

Tabela 4. Composição química da água residuária (AR) e as diferentes proporções em água fluvial (AF) de diluições durante o primeiro (período seco) e segundo (período chuvoso) ciclo de cultivo.

Características	100% da AR		75% da AR + 25% AF		50% da AR + 50% AF		25% da AR + 75% AF	
	1º ciclo	2º ciclo	1º ciclo	2º ciclo	1º ciclo	2º ciclo	1º ciclo	2º ciclo
pH	6,70±0,19	6,89±0,25	6,29±0,83	6,88±0,25	6,20±0,80	6,86±0,09	6,40±0,45	6,76±0,40
CE _a (dS m ⁻¹)	1,34±1,44	1,01±0,28	0,73±0,54	0,61±0,26	0,65±0,52	0,67±0,22	0,49±0,54	0,32±0,13
P _{tot} (mg L ⁻¹)	13,5±12,7	21,9±15,73	13,31±14,8	16,9±7,22	9,15±9,08	12,1±2,98	7,75±8,83	4,76±2,37
K (mg L ⁻¹)	42,9±31,2	86,8±31,23	32,57±29,7	52,2±28,56	30,1±30,4	46,87±25,3	22,62±30,2	17,55±7,49
N _{tot} (mg L ⁻¹)	82,8±76,2	115,3±46,68	30,66±12,8	66,2±29,86	28±10,7	61,8±29,39	26,7±17,36	22,4±11,13
Na (mg L ⁻¹)	205,3±282	13,9±3,40	66,5±44,46	9,62±3,11	57,7±44,42	9,67±2,02	36,7±42,7	4,80±1,67
Ca (mg L ⁻¹)	16,4±6,11	14,55±7,11	45,1±59,68	9,95±0,78	44±56,3	8,35±0,96	39,2±47,9	10±2,14
Mg (mg L ⁻¹)	25,7±9,99	9,48±1,81	28,38±24,6	13,74±2,75	25,2±20,68	10,62±2,26	25±31,86	9,75±1,71
Zn (mg L ⁻¹)	0,03±0,01	0,03±0,00	0,03±0,02	0,02±0,00	0,05±0,05	0,02±0,00	0,03±0,02	0,01±0,00
Cu (mg L ⁻¹)	0,01±0,00	0,04±0,01	0,02±0,01	0,02±0,01	0,02±0,00	0,02±0,01	0,02±0,00	0,01±0,01
Mn (mg L ⁻¹)	0,13±0,03	0,10±0,01	0,11±0,03	0,09±0,02	0,09±0,03	0,09±0,01	0,07±0,04	0,07±0,00
RAS (mmol L ⁻¹) ^{0,5}	6,39±7,97	0,70±0,16	2,04±1,16	0,46±0,14	1,72±0,86	0,53±0,13	1,02±0,61	0,26±0,10

O número de amostras compostas durante o primeiro e segundo ciclos de cultivo foram 4 e 5, respectivamente. Intervalo de confiança calculado com nível de confiança de 95% de probabilidade. AR: água residuária; AF: água fluvial.

O aporte nutricional às plantas via irrigação foi mensurado a cada evento de irrigação; coletou-se uma amostra composta de 50 mL no ponto de aplicação (gotejador), correspondente aos tratamentos AR₁₀₀, AR_{75:25}, AR_{50:50} e AR_{25:75}. As alíquotas foram armazenadas em freezer e, ao final de cada mês, determinava-se as concentrações de N, P e K, conforme método proposto pela APHA (1998). Ao se calcular o produto da concentração de nutriente pela lâmina aplicada em cada período, foram estimados os aportes de nutrientes para as parcelas experimentais (Tabela 5).

Tabela 5. Lâminas totais de irrigação e quantidades de nutrientes aplicados ao solo por meio dos manejos com água residuária em suas diferentes proporções de diluição com água fluvial.

Tratamento	Lâmina aplicada	Quantidade de Nutrientes		
		N	P	K
		kg ha ⁻¹		
		1º ciclo de cultivo		
	(mm)			
Testemunha	1.254	35,112	9,7812	34,234
AR ₁₀₀	1.254	1.038,3	169,29	537,96
AR _{75:25}	1.254	384,47	166,90	408,42
AR _{50:50}	1.254	351,12	144,74	377,45
AR _{25:75}	1.254	334,81	97,185	283,65
		2º ciclo de cultivo		
	(mm)			
Testemunha	910	25,480	7,098	24,843
AR ₁₀₀	910	1.049,23	199,29	789,88
AR _{75:25}	910	602,42	153,79	475,02
AR _{50:50}	910	502,38	192,01	426,51
AR _{25:75}	910	242,97	43,316	159,70

Fonte: dados da pesquisa

A variedade do algodoeiro utilizada foi a BRS Camaçari. O 1º ciclo foi estudado no período de agosto a dezembro de 2007, e o 2º de abril a agosto de 2008. Foram semeadas três sementes por cova, sob um espaçamento de 1,00 m entre fileiras e 0,125 m entre plantas

(correspondendo a 80.000 plantas ha⁻¹). Após a emergência das plântulas realizou-se o desbaste, mantendo-se uma planta por cova.

Por ocasião da colheita, foi realizada aleatoriamente, em cada unidade experimental, amostragens de folhas, em 20 plantas, coletando-se a 5ª folha a partir do ápice no sentido dos quatro pontos cardeais, para determinação do teor de NPK nas folhas, conforme metodologia recomendada pela EMBRAPA (1999). Concomitantemente, foram realizadas amostragens destrutivas em quatro plantas por unidade experimental, para determinação da produção de massa seca da parte aérea. As plantas foram cortadas, subdivididas em folhas, caule e frutos (algodão em caroço) e secas em estufa de ventilação forçada a 65 °C até peso constante (fitomassa total da planta).

O conteúdo de NPK da parte aérea das plantas foi determinado pelo produto entre os teores de NPK das folhas e a massa de matéria seca das plantas. Posteriormente determinou-se o coeficiente de utilização biológico através da relação entre fitomassa total produzida pela planta e o somatório das quantidades de macronutrientes absorvidos.

A eficiência aparente de recuperação foi calculada a partir da diferença entre o conteúdo de NPK da parte aérea das plantas cultivadas sob tratamento testemunha e da parte aérea das plantas sob aplicação de água residuária, considerando cada proporção de diluição específica, e a divisão das respectivas quantidades de N, P e K aportadas.

Os resultados dos teores de macronutrientes, produção de matéria seca da parte aérea e seus conteúdos foram submetidos à análise de variância (teste F), e as médias foram comparadas por meio de contrastes ortogonais, ao nível máximo de significância de 0,05 de probabilidade. Nas análises estatísticas, utilizou-se o software SISVAR (Ferreira, 2008).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ao longo dos dois ciclos de cultivo, os teores de N nas folhas do algodoeiro apresentaram variações significativas ($p < 0,05$) em decorrência do uso de água residuária de suinocultura em relação à testemunha (T); especificamente no segundo ciclo, os teores de K também foram influenciados significativamente, fato não observado para o P em nenhum dos ciclos cultivados (Tabela 6).

Tabela 6. Teste “F” e médias para os teores de N, P, K nas folhas do algodoeiro em dois ciclos de cultivo consecutivos irrigados com quatro proporções de água residuária oriunda da suinocultura diluída em água fluvial, no Perímetro Irrigado Formoso, Bom Jesus da Lapa, BA.

Tratamentos	1º ciclo de cultivo			2º ciclo de cultivo		
	(g kg ⁻¹)			(g kg ⁻¹)		
	N	P	K	N	P	K
AR ₁₀₀ ;T	** (21,1; 19,3) ¹	ns(2,1; 2,0)	ns(16,6; 15,2)	** (25,5; 19,6)	ns(2,2; 1,9)	** (24,2; 18,1)
AR _{75:25} ;T	** (21,0; 19,3)	ns(2,0; 2,0)	ns(15,1; 15,2)	ns(20,0; 19,6)	ns(2,0; 1,9)	ns(18,7; 18,1)
AR _{50:50} ;T	ns(20,0; 19,3)	ns(2,2; 2,0)	ns(15,4; 15,2)	ns(21,0; 19,6)	ns(2,2; 1,9)	ns(21,1; 18,1)
AR _{25:75} ;T	ns(20,1; 19,3)	ns(2,2; 2,0)	ns(15,9; 15,2)	ns(17,7; 19,6)	ns(1,8; 1,9)	ns(13,8; 18,1)
AR ₁₀₀ ;AR _{75:25}	ns(21,1; 21,0)	ns(2,1; 2,0)	ns(16,6; 15,1)	** (25,5; 20,0)	ns(2,2; 2,0)	ns(24,2; 18,7)
AR ₁₀₀ ;AR _{50:50}	ns(21,1; 20,0)	ns(2,1; 2,2)	ns(16,6; 15,4)	ns(25,5; 21,0)	ns(2,2; 2,2)	ns(24,2; 21,1)
AR ₁₀₀ ;AR _{25:75}	ns(21,1; 20,1)	ns(2,1; 2,2)	ns(16,6; 15,9)	** (25,5; 17,7)	ns(2,2; 1,8)	** (24,2; 13,8)

¹Valores entre parênteses separados por (;) referem-se aos teores de nutrientes encontrados para os tratamentos citados

T – tratamento testemunha; AR₁₀₀ – manejo com água residuária com aplicação de 100% de efluente tratado; AR_{75:25} – manejo com água residuária com aplicação de 75% de efluente tratado mais adição de 25% de água fluvial; AR_{50:50} – manejo com água residuária com aplicação

de 50% de efluente tratado mais adição de 50% de água fluvial; AR_{25:75} – manejo com água residuária com aplicação de 25% de efluente tratado mais adição de 75% de água fluvial.(*) e (**) significativo a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente; (ns) não significativo.

Nos tratamentos com o uso de água residuária ao longo dos dois ciclos de cultivo, observaram-se variações no acúmulo de macronutrientes, de 5,2 e 30% para o N; 9 e 18 % para o P; 9 e 43% para o K entre o primeiro e segundo ciclo, respectivamente. O mesmo comportamento foi observado na testemunha, na qual os valores mínimos e máximos oscilaram entre 19,3 a 19,6; 1,9 a 2,0 e 15,2 a 18,1 g kg⁻¹ para N, P e K, respectivamente. Nota-se que a variação no acúmulo de macronutrientes nas folhas do algodoeiro aumentou consideravelmente quando se compara os resultados observados no 1º e 2º ciclo de cultivo, fato este que é atribuído à diluição da concentração nutricional da água residuária no primeiro ciclo, que ocorreu em período chuvoso, e ao efeito residual da água residuária aplicada no 1º ciclo. Conforme Paula et al.(2011), a absorção de grandes quantidades de nutrientes caracteriza a elevada exigência nutricional. Neste sentido, Almeida et al. (2012) complementa que é evidente a necessidade de se conhecer o balanço de nutrientes de cada cultura e suas variações como ferramenta para aperfeiçoar a utilização de insumos.

Em relação ao teor de N, observou-se significância ($p < 0,05$) quando se compara os valores observados nas plantas irrigadas com AR₁₀₀ em relação à testemunha em ambos os ciclos de cultivo; significância também observada nas plantas irrigadas sob proporção de AR_{75:25} em relação a testemunha no primeiro ciclo de cultivo e, especificamente no segundo ciclo, nas plantas sob proporção AR₁₀₀ em relação as sob AR_{75:25} e das plantas sob AR₁₀₀ em relação as plantas sob diluição AR_{25:75}(Tabela6).

Tratando-se do teor de K nas folhas do algodoeiro, observou-se significância ($p < 0,05$) nos valores observados nas plantas irrigadas com AR₁₀₀ com ganho real de até 33,7% em relação à testemunha e em relação à diluição na proporção AR_{25:75}, variação de 75,4%. Estes resultados indicam que a exportação de K nas plantas irrigadas com água residuária oriunda da suinocultura é maior em relação à testemunha, sendo observadas médias próximas quando se compara a exportação de K no segundo ciclo, das plantas sob diluição AR_{75:25} (18,7 g kg⁻¹) com as plantas cultivadas no tratamento testemunha (18,1g kg⁻¹).

A produtividade de massa seca total da parte aérea (folhas, caule e frutos - algodão em caroço) observada nas plantas irrigadas com água residuária foi em média 26 e 32% mais elevada quando se compara com os valores observados nas plantas cultivadas no tratamento testemunha, durante o 1º e 2º ciclo de cultivo, respectivamente (Tabela 7).

Tabela 7. Teste “F” e médias para a massa seca da parte aérea do algodoeiro produzida em dois ciclos de cultivo consecutivos irrigados com quatro proporções de água residuária oriunda da suinocultura diluída em água fluvial, no Perímetro Irrigado Formoso, Bom Jesus da Lapa, BA.

Tratamentos	1º ciclo de cultivo			
	Total(kg ha ⁻¹)	Folha(kg ha ⁻¹)	Caule(kg ha ⁻¹)	Fruto(kg ha ⁻¹)
AR ₁₀₀ ;T	** (10.894; 7.784)	^{ns} (2.571; 2.134) ¹	^{ns} (2.235; 1.905)	** (6.088; 3.745)
AR _{75:25} ;T	^{ns} (10.207; 7.784)	^{ns} (2.792; 2.134)	^{ns} (1.635; 1.905)	** (5.779; 3.745)
AR _{50:50} ;T	^{ns} (10.061; 7.784)	^{ns} (2.733; 2.134)	^{ns} (1.807; 1.905)	^{ns} (5.520; 3.745)
AR _{25:75} ;T	^{ns} (8.174; 7.784)	^{ns} (2.182; 2.134)	^{ns} (1.337; 1.905)	^{ns} (4.655; 3.745)
AR ₁₀₀ ;AR _{75:25}	^{ns} (10.894; 10.207)	^{ns} (2.571; 2.792)	** (2.235; 1.635)	^{ns} (6.088; 5.779)
AR ₁₀₀ ;AR _{50:50}	^{ns} (10.894; 10.061)	^{ns} (2.571; 2.733)	^{ns} (2.235; 1.807)	^{ns} (6.088; 5.520)
AR ₁₀₀ ; AR _{25:75}	** (10.894; 8.174)	^{ns} (2.571; 2.182)	** (2.235; 1.337)	^{ns} (6.088; 4.655)
	2º ciclo de cultivo			
AR ₁₀₀ ;T	** (22.000; 15.796)	^{ns} (7.157; 5.070)	^{ns} (5.201; 4.611)	** (9.642; 6.115)
AR _{75:25} ;T	** (23.361; 15.796)	** (7.317; 5.070)	^{ns} (5.113; 4.611)	** (10.931; 6.115)
AR _{50:50} ;T	^{ns} (18.632; 15.796)	^{ns} (5.640; 5.070)	^{ns} (5.077; 4.611)	^{ns} (7.915; 6.115)
AR _{25:75} ;T	^{ns} (19.349; 15.796)	^{ns} (6.099; 5.070)	^{ns} (3.883; 4.611)	** (9.367; 6.115)
AR ₁₀₀ ;AR _{75:25}	^{ns} (22.000; 23.361)	^{ns} (7.157; 7.317)	^{ns} (5.201; 5.113)	^{ns} (9.642; 10.931)
AR ₁₀₀ ;AR _{50:50}	^{ns} (22.000; 18.632)	^{ns} (7.157; 5.640)	^{ns} (5.201; 5.077)	^{ns} (9.642; 7.915)
AR ₁₀₀ ; AR _{25:75}	^{ns} (22.000; 19.349)	^{ns} (7.157; 5.099)	** (5.201; 3.883)	^{ns} (9.642; 9.367)

¹Valores entre parênteses separados por (:) referem-se aos teores de nutrientes encontrados para os tratamentos citados

T – tratamento testemunha; AR₁₀₀ – manejo com água residuária com aplicação de 100% de efluente tratado; AR_{75:25} – manejo com água residuária com aplicação de 75% de efluente tratado mais adição de 25% de água fluvial; AR_{50:50} – manejo com água residuária com aplicação de 50% de efluente tratado mais adição de 50% de água fluvial; AR_{25:75} – manejo com água residuária com aplicação de 25% de efluente tratado mais adição de 75% de água fluvial.(*) e (**) significativo a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente; (^{ns}) não significativo.

Quanto às folhas, observou-se que houve variação significativa ($p < 0,05$) na produção de massa seca apenas no segundo ciclo, quando se compara os valores observados nas plantas irrigadas com AR_{75:25} (7.317 kg ha⁻¹) em relação a testemunha (5.070 kg ha⁻¹). Em termos gerais, os resultados de massa seca das folhas das plantas irrigadas com água residuária oriunda da suinocultura não variaram em relação à testemunha (Tabela 7). Outro aspecto importante observado na análise desta variável é o incremento de até 30% verificado quando se compara a massa seca das folhas das plantas no 1º e 2º ciclo; estes resultados estão relacionados a diferentes épocas de cultivo e possíveis aspectos residuais de fertilidade de um ciclo para o outro.

A massa seca do caule das plantas de algodão cultivadas com aplicação da água residuária não variou significativamente ($p > 0,05$) em relação às plantas sob tratamento testemunha em ambos os ciclos de cultivo; quando se compara os resultados de massa seca do caule em função das diferentes proporções nota-se que no primeiro ciclo houve significância ($p < 0,05$) entre as plantas sob AR₁₀₀ (2.235 kg ha⁻¹) em relação às plantas sob AR_{75:25} (1.635 kg ha⁻¹) e AR_{25:75} (1.337 kg ha⁻¹) e no segundo ciclo no contraste entre as plantas sob AR₁₀₀ (5.201 kg ha⁻¹) e AR_{25:75} (3.883 kg ha⁻¹). Ressalta-se ainda que houve um incremento de 57% na produtividade de massa seca do caule quando se contrasta os valores máximos observados no 1º em relação ao 2º ciclo para o tratamento mais produtivo AR₁₀₀ em ambos.

A aplicação de AR₁₀₀ e AR_{75:25} no 1º ciclo de cultivo elevou em 63 e 54%, respectivamente, a produção de massa seca dos frutos (algodão em caroço) em relação aos resultados observados nas plantas sob tratamento testemunha, enquanto, no 2º ciclo, os ganhos corresponderam a 58 e 79%, respectivamente. Não se observou diferença significativa ($p > 0,05$)

na massa seca dos frutos das plantas que foram irrigadas com o AR₁₀₀ em relação aquelas que receberam diferentes proporções do efluente tratado (AR_{75:25}, AR_{50:50} e AR_{25:75}) (Tabela 7).

Os ganhos de produtividade observados no comparativo entre o 1º e o 2º ciclo denotam a influência da precipitação média durante os ciclos e do efeito residual na produção de matéria seca vegetal. Portanto, sugere-se a hipótese de que não é necessária a aplicação contínua de água residuária numa mesma área, quando objetiva-se apenas suprir as necessidades nutricionais de uma cultura em particular. Então, nos casos em que o fator limitante é a disponibilidade de água residuária, o escalonamento de sua aplicação nos diversos talhões da propriedade constitui uma estratégia de manejo importante, permitindo a fertilização de uma área maior. Nas propriedades rurais do Semiárido brasileiro, este fato é relevante, em razão da limitada disponibilidade de outras fontes de nutrientes (esterco e biomassa de leguminosas arbóreas) para adubação das culturas, solução esta que possibilita a reinserção dos agricultores no sistema produtivo, representando a condição para sua continuidade como participantes da cadeia produtiva (Pereira et al., 2012)

A extração de nutrientes foi incrementada na mesma magnitude que a produção de massa seca. Assim, as plantas irrigadas com água residuária, independentemente da proporção, em razão de uma maior produtividade, incorporaram em seus tecidos vegetais maiores quantidades de N, P e K do que aquelas que receberam adubação química e irrigação com água fluvial; com destaque para as plantas do AR₁₀₀ e do AR_{75:25}, que apresentaram acúmulos significativos de N e P (Tabela 8).

Tabela 8. Teste “F” e médias para o conteúdo de N, P e K na parte aérea do algodoeiro em dois ciclos de cultivo consecutivos irrigados com quatro proporções de água residuária oriunda da suinocultura diluída em água fluvial, no Perímetro Irrigado Formoso, Bom Jesus da Lapa, BA.

Tratamentos	1º ciclo de cultivo			2º ciclo de cultivo		
	N(kg ha ⁻¹)	P(kg ha ⁻¹)	K(kg ha ⁻¹)	N(kg ha ⁻¹)	P(kg ha ⁻¹)	K(kg ha ⁻¹)
AR ₁₀₀ ;T	** (232; 151) ¹	** (23; 15)	** (181; 117)	** (566; 309)	** (50; 29)	** (538; 287)
AR _{75:25} ;T	** (215; 151)	** (21; 15)	ns (156; 117)	** (468; 309)	** (46; 29)	ns (430; 287)
AR _{50:50} ;T	ns (200; 151)	** (21; 15)	ns (155; 117)	ns (392; 309)	ns (40; 29)	ns (393; 287)
AR _{25:75} ;T	ns (164; 151)	ns (18; 15)	ns (130; 117)	ns (338; 309)	ns (34; 29)	ns (266; 287)
AR ₁₀₀ ;AR _{75:25}	ns (232; 215)	ns (23; 21)	ns (181; 156)	ns (566; 468)	ns (50; 46)	ns (538; 430)
AR ₁₀₀ ;AR _{50:50}	ns (232; 200)	ns (23; 21)	ns (181; 155)	** (566; 392)	ns (50; 40)	ns (538; 393)
AR ₁₀₀ ; AR _{25:75}	** (232; 164)	** (23; 18)	** (181; 130)	** (566; 338)	** (50; 34)	** (538; 266)

¹Valores entre parênteses separados por (;) referem-se aos teores de nutrientes encontrados para os tratamentos citados

T – tratamento testemunha; AR₁₀₀ – manejo com água residuária com aplicação de 100% de efluente tratado; AR_{75:25} – manejo com água residuária com aplicação de 75% de efluente tratado mais adição de 25% de água fluvial; AR_{50:50} – manejo com água residuária com aplicação de 50% de efluente tratado mais adição de 50% de água fluvial; AR_{25:75} – manejo com água residuária com aplicação de 25% de efluente tratado mais adição de 75% de água fluvial.(*) e (**) significativo a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente; (ns) não significativo.

Em relação ao conteúdo de K na parte aérea, apenas as plantas que receberam o tratamento AR₁₀₀ apresentaram aumentos significativamente superiores àquelas que receberam o tratamento testemunha (Tabela 8).

Durante o 2º ciclo de cultivo, as quantidades de N, P e K absorvidas, em média, aumentaram em 114, 101 e 155%, respectivamente, comparativamente ao detectado no 1º ciclo de cultivo (Tabela 8). Com relação às plantas irrigadas somente com o uso da água residuária (análise entre proporções testadas), embora a aplicação de 100% da água residuária (AR₁₀₀) tenha proporcionado os maiores conteúdos de N, P e K na parte aérea do algodoeiro, durante o 1º e 2º ciclo de cultivo, só houve diferenças significativas para aquelas que receberam aplicação do efluente na sua forma mais diluída (25% de efluente tratado mais adição de 75% de água

fluvial) e especificamente para o N (50% de efluente tratado mais adição de 50% de água fluvial).

Por outro lado, a relação entre biomassa total produzida e o somatório das quantidades de macronutrientes absorvidos, ou coeficiente de utilização biológica – CUB (Barros et al., 1986), variou em função do ciclo de cultivo, disponibilidade de nutrientes e, em razão da variação temporal da concentração de nutrientes aplicadas via água residuária (Tabela 4). Durante o 1º ciclo de cultivo, os valores de CUB foram superiores aos do 2º ciclo, em razão da menor disponibilidade de N, P e K no solo. Entre os tratamentos com uso de água residuária, os valores de CUB no 1º ciclo mantiveram-se estáveis com relação aos verificados no 2º ciclo de cultivo, ficando, em média, 5 e 3% menor do que a testemunha, respectivamente. No entanto, avaliando-se os valores de CUB para cada macronutriente individualmente, durante os dois ciclos, verificou-se a seguinte ordem de disponibilidade: K>N>P, independentemente dos tratamentos adotados (Tabela 9).

Tabela 9. Médias para o coeficiente de utilização biológica do algodoeiro em dois ciclos de cultivo consecutivos irrigados com quatro proporções de água residuária oriunda da suinocultura diluída em água fluvial, no Perímetro Irrigado Formoso, Bom Jesus da Lapa, BA.

Tratamentos	-----1º ciclo de cultivo-----				-----2º ciclo de cultivo-----			
	NPK	N	P	K	NPK	N	P	K
Testemunha	27	52	506	67	25	51	552	56
AR ₁₀₀	25	48	476	61	20	41	473	42
AR _{75:25}	26	48	489	67	25	51	513	55
AR _{50:50}	27	50	466	66	23	48	475	50
AR _{25:75}	26	50	460	63	31	57	573	78

T – tratamento testemunha; AR₁₀₀ – manejo com água residuária com aplicação de 100% de efluente tratado; AR_{75:25} – manejo com água residuária com aplicação de 75% de efluente tratado mais adição de 25% de água fluvial; AR_{50:50} – manejo com água residuária com aplicação de 50% de efluente tratado mais adição de 50% de água fluvial; AR_{25:75} – manejo com água residuária com aplicação de 25% de efluente tratado mais adição de 75% de água fluvial. (*) e (**) significativo a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente; (ns) não significativo.

As eficiências médias de recuperação de N, P e K durante o primeiro ciclo de cultivo, nas plantas de algodão que receberam a irrigação com água residuária, foram de 13,5, 6,75 e 14,75%, respectivamente (Tabela 10). Todavia, estes resultados são inferiores aos observados em outros experimentos realizados com a aplicação de esterco bovino e adubação verde (*Egeria densa*), que apresentaram recuperações aparentes em torno de 20% para o N, 10% para o P e 30% para o K (Garrido, 2009). No entanto, no 2º ciclo, houve melhora significativa, no qual, as plantas de algodão irrigadas com água residuária apresentaram níveis médios de eficiência de recuperação de N (18,75%) e P (10,5%) semelhantes aos observados para o esterco e adubação verde. Contudo, os valores alcançados neste estudo foram obtidos tendo como referência o tratamento testemunha (água fluvial + adubação mineral), e os observados nos trabalhos citados acima foram comparados com a dose zero de adubo, sugerindo que adubação com água residuária de suinocultura pode ser mais efetiva do que a adubação com esterco e biomassa verde.

Tabela 10. Médias para a eficiência aparente de recuperação do algodoeiro em dois ciclos de cultivo consecutivos irrigados com quatro proporções de água residuária oriunda da suinocultura diluída em água fluvial, no Perímetro Irrigado Formoso, Bom Jesus da Lapa, BA.

Tratamentos	1º ciclo de cultivo			2º ciclo de cultivo		
	N(%)	P(%)	K(%)	N(%)	P(%)	K(%)
AR ₁₀₀	13	7	16	23	9	30
AR _{75:25}	19	6	15	24	11	28
AR _{50:50}	16	9	17	14	10	24
AR _{25:75}	6	5	11	14	12	14

T – tratamento testemunha; AR₁₀₀ – manejo com água residuária com aplicação de 100% de efluente tratado; AR_{75:25} – manejo com água residuária com aplicação de 75% de efluente tratado mais adição de 25% de água fluvial; AR_{50:50} – manejo com água residuária com aplicação de 50% de efluente tratado mais adição de 50% de água fluvial; AR_{25:75} – manejo com água residuária com aplicação de 25% de efluente tratado mais adição de 75% de água fluvial. (*) e (**) significativo a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente; (ns) não significativo.

6 CONCLUSÕES

1. As plantas irrigadas com água residuária oriunda da suinocultura tiveram melhor desempenho na produção de massa seca, absorção e acúmulo de nutrientes em relação ao tratamento testemunha.
2. A irrigação das plantas com 100 % água residuária e na proporção de 75% desta em água fluvial aumentou a produtividade de massa seca e a absorção de N, P e K em comparação a testemunha, contudo, a taxa de conversão de matéria seca produzida por unidade de nutriente absorvida foi similar à observada nas demais proporções de água residuária.
3. As recuperações aparentes de N, P e K pelas plantas de algodão que foram irrigadas com água residuária durante o 2º ciclo, foram semelhantes às observadas em cultivos com adubos orgânicos tradicionais.

7 REFERÊNCIAS

ALMEIDA, E. I. B.; CORRÊA, M. C. de M.; NÓBREGA, G. N.; PINHEIRO, E. A. R.; LIMA, F. F. Crescimento e marcha de absorção de macronutrientes para a cultivar de melancia Crimson Sweet. **Revista Agro@ambiente On-line**, Boa Vista, v. 6, n. 3, p. 205-214, 2012.

APHA - AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 20.ed. New York: APHA, AWWA, WPCR, 1998. 1325p.

BANCO DO NORDESTE DO BRASIL/ETENE. Cadeia produtiva do algodão tem viabilidade econômica no Nordeste. Disponível em <<http://www.investne.com.br/es/frases/cadeia-produtiva-do-algodao-tem-viabilidade-economica-no-nordeste-revela-etene>> Acesso em 22/03/2013.

BARROS, N.F.; NOVAIS, R.F.; CARMO, D.N.; NEVES, J.C.L. Classificação nutricional de sítios florestais: descrição de uma metodologia. **Revista Árvore**, Viçosa, v.10, p.112-210, 1986.

CFSEMG - COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS. **Recomendações para o uso de corretivo e fertilizantes em Minas Gerais**. (5ª aproximação). Viçosa, MG. 1999. 359 p.

CONDÉ, M. S.; ALMEIDA NETO, O. B. de; HOMEM, B. G. C.; FERREIRA, I. M.; SILVA, M. D. Impacto da fertirrigação com água residuária da suinocultura em um latossolo vermelho-amarelo. **Revista Vértices**, Campos dos Goytacazes, v.15, n. 2, p. 161-178, 2013

COSTA, R.C. da; ARAÚJO, F. S. de. Physiognomy and structure of a caatinga with *Cordia oncocalyx* (Boraginaceae), a new type of community in Andrade-Lima's classification of caatingas, **Rodriguésia**, Rio de Janeiro, v. 63, n. 2, p. 269-276, 2012.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUARIA. Informática Agropecuária (Brasília, DF). **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. 1. ed. Brasília, 1999. 370p.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro). **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: Embrapa Produção de Informação; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 412p.

FERREIRA, D.F. SISVAR: um programa para análises e ensino de estatística. **Revista Symposium**, Recife, v. 6, p. 36-41, 2008.

GARRIDO, M. S. **Adubação com glicírdia e esterco em culturas do semiárido nordestino**. 2009. 69 f. Tese (Doutorado em Tecnologias Energéticas e Nucleares) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife.

MEDEIROS, S. S. DE; GHEYI, H.R.; PÉREZ-MARIN, A.M.; SOARES, F.A.L.; FERNANDES, P.D. Características químicas do solo sob algodoeiro em área que recebeu água residuária da suinocultura. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 35, p. 1047-1055, 2011.

MUNDUS, S.; MENEZES, R. S. C. ; NEERGAARD, A. ; GARRIDO, M. S. . Maize growth and soil nitrogen availability after fertilization with cattle manure and/or glicírdia in semi-arid NE Brazil. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, Ithaca, v.82, p.61-73, 2008.

PEREIRA, E. R. **Qualidade da água residuária em sistemas de produção e de tratamentos de efluentes de suínos e seu reuso no ambiente agrícola**. 2006. 130 f. Tese (Doutorado em Irrigação e Drenagem) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

PAULA, J. A. A.; MEDEIROS, J. F.; MIRANDA, N. O.; OLIVEIRA, F. A.; LIMA, C. J. G. S. Metodologia para determinação das necessidades nutricionais de melão e melancia. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.15, n.9, p.911– 916, 2011.

SANTOS JÚNIOR, J. A.; GHEYI, H. R.; DIAS, N. da S.; SOARES, F. A. L.; NOBRE, R. G. Doses de boro e água residuária na produção do girassol, **Revista Ciência Agrônômica**, Fortaleza, v. 42, n. 4, p. 857-864, 2011.

SANTOS, J.S.; LIMA, V.L.A. de; BORGES JÚNIOR, J.C.F.; SILVA, L.V.B.D.; AZEVEDO, C.A.V. de. Mobilidade de solutos em colunas de solo com água residuária doméstica e de suinocultura. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.14, n.11, p.1226–1233, 2010.

SOUZA, J. A. R.; MOREIRA, D. A. Efeitos do uso da água residuária da suinocultura na condutividade elétrica e hidráulica do solo. **Engenharia Ambiental**, Rio de Janeiro, v. 7, n. 3, p. 134-143, 2010.

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