



Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal no Semiárido

**ACÚMULO DE CARBONO E NUTRIENTES EM RESÍDUOS CULTURAIS DE ABACAXIZEIRO
FERTIRRIGADO COM ESGOTO SANITÁRIO TRATADO**

MARCELA CILMARA MARTINS

2019

MARCELA CILMARA MARTINS

**ACÚMULO DE CARBONO E NUTRIENTES EM RESÍDUOS CULTURAIS DE ABACAXIZEIRO
FERTIRRIGADO COM ESGOTO SANITÁRIO TRATADO**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual de Montes Claros, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal no Semiárido, área de concentração em Produção Vegetal, para obtenção do título de Mestre.

Orientador
Prof. Dr. Victor Martins Maia

JANAÚBA-MG
2019

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

Martins, Marcela Cilmara.

M379a Acúmulo de carbono e nutrientes em resíduos culturais de abacaxizeiro fertirrigado com esgoto sanitário tratado [manuscrito] / Marcela Cilmara Martins. – 2019.

28 p.

Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal no Semiárido, Universidade Estadual de Montes Claros – Janaúba, 2019.

Orientador: Prof. D. Sc. Victor Martins Maia.

1. Abacaxi. 2. Água Reutilização. 3. Águas residuais Eliminação. 4. Carbono. I. Maia, Victor Martins. II. Universidade Estadual de Montes Claros. III. Título.

CDD. 634.774

Catálogo: Joyce Aparecida Rodrigues de Castro Bibliotecária CRB6/2445

MARCELA CILMARA MARTINS

**ACÚMULO DE CARBONO E NUTRIENTES EM RESÍDUOS CULTURAIS DE ABACAXIZEIRO
FERTIRRIGADO COM ESGOTO SANITÁRIO TRATADO**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual de Montes Claros, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal no Semiárido, área de concentração em Produção Vegetal, para obtenção do título de Mestre.

APROVADA em 27 de fevereiro de 2019.

Prof. Dr. Victor Martins Maia
UNIMONTES (Orientador)

Prof. Dr. Rodinei Facco Pegoraro
ICA/UFMG (Coorientador)

Prof. Dr. Silvânio Rodrigues dos Santos
UNIMONTES (Conselheiro)

Prof. Dr. Fernanda Soares Oliveira
UNIMONTES (Conselheiro)

**JANAÚBA-MG
2019**

Aos meus queridos pais e ao meu irmão Mateus, que me deram todo apoio, carinho, confiança e que sempre acreditaram e torceram por mim.

Dedico

AGRADECIMENTOS

A Deus por ter guiado e iluminado meus caminhos e permitir a conclusão de mais essa etapa;

À Universidade Estadual de Montes Claros, por conceder seu espaço para a realização dos trabalhos e, principalmente, pela oportunidade de realização do curso de agronomia, mestrado;

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de mestrado e pelo apoio financeiro, à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais – FAPEMIG pelo apoio financeiro e concessão de bolsas e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico pela concessão de bolsas; e à Companhia de Saneamento de Minas Gerais (COPASA), pela cessão da área experimental e análises do efluente;

Ao professor Victor Martins Maia, pelo convívio, paciência, ensinamentos e orientação ao longo do meu mestrado;

Ao Professor Rodinei Facco Pegoraro, pelo apoio e pelos conhecimentos transmitidos;

Aos demais membros da banca: o Professor Silvano Rodrigues dos Santos, e Fernanda Soares Oliveira pelas sugestões apresentadas e disponibilidade;

À minha família, em especial aos meus pais Idalice e Marcelo e meu irmão Mateus, pelo apoio e amor incondicional;

Ao Grupo de Estudo em Pesquisa e Estatística em Fruticultura Tropical (GEPEFT), pela infinita ajuda durante a condução do experimento;

A todos que diretamente ou indiretamente contribuíram para realização deste trabalho.

Muito obrigada!

SUMÁRIO

RESUMO	7
ABSTRACT	8
INTRODUÇÃO	9
MATERIAL E MÉTODOS	10
RESULTADOS E DISCUSSÃO	14
CONCLUSÕES	24
AGRADECIMENTOS	24
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA	26

ACÚMULO DE CARBONO E NUTRIENTES EM RESÍDUOS CULTURAIS DE ABACAXIZEIRO FERTIRRIGADO COM ESGOTO SANITÁRIO TRATADO

RESUMO

O uso agrícola de água residuária é considerado alternativa viável para a produção de alimentos, e pode reduzir custos de produção da abacaxicultura, por substituir parcialmente a irrigação e a demanda nutricional das plantas. Tal manejo pode aumentar a produção e estocagem de resíduos vegetais e nutrientes no solo para cultivos subsequentes. Objetivou-se avaliar o efeito da aplicação de diferentes doses do elemento referência (Na), proveniente de esgoto sanitário, após o tratamento terciário (EST) na ETE-Janaúba, sobre a estocagem de matéria seca, carbono e nutrientes em restos culturais de diferentes cultivares de abacaxizeiro. O estudo foi delineado em blocos casualizados, com quatro repetições, no esquema de parcelas subdivididas, tendo nas parcelas cinco tratamentos relativos às doses de EST e nas subparcelas três cultivares de abacaxizeiro: Pérola, *Smooth Cayenne* e IAC Fantástico. As doses de EST foram calculadas tomando como base o limite máximo anual de Na aportado ao solo, correspondente a 150 kg ha^{-1} , aplicando-se 0%; 100%; 200%; 300% e 400% deste limite. As doses de EST não interferem no acúmulo de matéria seca e teores e acúmulo de carbono orgânico, macronutrientes e sódio dos restos culturais do abacaxizeiro. A cultivar Pérola tem menor acúmulo de matéria seca e carbono em relação as cultivares IAC Fantástico e *Smooth Cayenne*. O acúmulo de macronutrientes nos restos culturais das cultivares IAC Fantástico, Pérola e *Smooth Cayenne*, exibe a seguinte ordem decrescente: $\text{N} > \text{K} > \text{Ca} > \text{Mg} > \text{S} > \text{P}$.

Palavras-chave: *Ananas comosus var. comosus*; Sódio; Água residuária tratada.

CARBON ACCUMULATION AND NUTRIENTS IN CULTURAL WASTE OF FERTIRIGATED ABACAXIZER WITH TREATED SANITARY SEWER

ABSTRACT

The agricultural use of wastewater is considered a viable alternative for food production, and can reduce production costs of pineapple, by partially replacing irrigation and nutritional demand of plants. Such management may increase the production and storage of plant residues and nutrients in the soil for subsequent crops. The objective of this study was to evaluate the effect of different doses of the reference element (Na), from sanitary sewage, after tertiary treatment (EST) in TEE-Janaúba, on the storage of dry matter, carbon and nutrients in different cultural remains cultivars of pineapple. The study was delineated in a randomized complete block design with four replications in the subdivided plots scheme, with five treatments related to the EST doses and three plots of the pineapple cultivars: Pérola, Smooth Cayenne and *IAC Fantástico*. The EST doses were calculated based on the annual maximum limit of Na supplied to the soil, corresponding to 150 kg ha⁻¹, applying 0%; 100%; 200%; 300% and 400% of this limit. The doses of EST do not interfere in the accumulation of dry matter and the contents and accumulation of organic carbon, macronutrients and sodium of the cultural remains of the pineapple. The cultivar *Pérola* has lower accumulation of dry matter and carbon in relation to cultivars *IAC Fantástico* and Smooth Cayenne. The accumulation of macronutrients in the cultural remains of the cultivars *IAC Fantástico*, *Pérola* and Smooth Cayenne, shows the following decreasing order: N > K > Ca > Mg > S > P.

Keywords: *Ananas comosus var. comosus*.. Sodium. Wastewater treated.

INTRODUÇÃO

A abacaxicultura destaca-se no comércio internacional de frutas, com produção mundial; em 2016, de 25,8 milhões de toneladas em uma área cultivada de aproximadamente 1,0 milhão de hectares. A Costa Rica, Brasil, Filipinas, Tailândia e Indonésia são os maiores produtores (FAO, 2016). O Brasil ocupa o segundo lugar na produção mundial de abacaxi, com área colhida de 62116 ha, sendo que em 2017 a produção foi de 2,2 milhões de toneladas de frutos (FAO, 2017).

A demanda nutricional do abacaxizeiro para obtenção de produtividades satisfatórias é considerada alta, sendo o potássio, nitrogênio e cálcio os nutrientes mais exigidos pelo abacaxizeiro (PAULA *et al.*, 1998). Além do fornecimento de água, o EST também fornece alguns nutrientes essenciais para as plantas. Esta demanda é normalmente atendida até a data da indução floral. Diante disso, a aplicação do EST pode ser feita até este momento o que diminui as chances de contaminação microbiológica dos frutos a partir do EST aplicado já que o intervalo entre a última aplicação de efluente e a colheita é de cerca de 5 meses.

Estudos com abacaxizeiro ‘Vitória’, descreveram que a planta acumula 898,32 kg ha⁻¹ de K; 451,71 kg ha⁻¹ N; 134,27 kg ha⁻¹ de S; 129,17 kg ha⁻¹ de Ca; 126,41 kg ha⁻¹ de Mg e 107,26 kg ha⁻¹ de P; com base no trabalho realizado por esses autores é possível perceber que o abacaxizeiro Vitória acumula mais K, necessitando assim de uma adubação diferenciada das demais cultivares (PEGORARO *et al.*, 2014). Isso demonstra que as cultivares de abacaxi apresentam distintas capacidades produtivas e de acúmulo de nutrientes devendo assim a recomendação de adubação ser feita não somente com relação a cultura mas também a cultivar que se está trabalhando.

Aproximadamente 70% do total de nutrientes acumulados estão sujeitos a retornar ao solo através de resíduos da cultura proveniente de folhas, caule e raízes do abacaxizeiro. Estes nutrientes podem então ser mineralizados e utilizados pelas culturas subseqüentes (PEGORARO *et al.*, 2014). Nahrawi *et al.* (2011) constataram que após a incubação das folhas e resíduos radiculares na superfície do solo, retiradas após a colheita dos frutos de abacaxi, houve decomposição de 90% das folhas e 50% dos resíduos radiculares aos 14 meses após a incubação, sendo que aos 210 dias após a deposição, mais de 80% dos resíduos foliares foram decompostos. Estes resultados indicam o alto potencial de mineralização de nutrientes das folhas da planta como fonte de nutrientes para culturas que serão cultivadas em seguida.

A produtividade de abacaxi ainda pode ser aumentada no Brasil com a utilização de irrigação e novas cultivares de abacaxizeiro, principalmente em regiões com baixo índice

pluviométrico e adequadas condições de temperatura para o cultivo. Nesse contexto, a utilização de esgoto sanitário tratado (EST), em sistemas de irrigação pode ser considerada alternativa viável para o aumento da produtividade de abacaxi.

A utilização da EST na agricultura em substituição a água limpa na irrigação contribui para redução da poluição dos corpos d'água, principalmente nas regiões de maior déficit hídrico (HESPANHOL, 2005). Porém, o manejo da EST deve ser feito de modo criterioso pois aplicações frequentes aumentam os teores de Na trocável no solo e podem comprometer a disponibilidade de Ca, Mg e K. Soma-se a isso a possibilidade de salinização e sodicidade do solo, contaminação por metais pesados e outros poluentes, como hidrocarbonetos, além do risco de lixiviação de contaminantes para o lençol freático (XU *et al.*, 2010; MUYEN *et al.*, 2011; QADIR *et al.*, 2010).

O Na pode provocar efeitos maléficos no ambiente alterando os atributos físicos e químicos do solo. O excesso de Na na solução do solo provoca a dispersão da argila acarretando uma camada mais compactada que dificulta o crescimento, respiração, expansão radicular. Além disso, a absorção de água e fixação de CO₂ pela planta são comprometidos afetando todo o ciclo da cultura (RODRIGUES *et al.*, 2009).

Dessa forma, objetivou-se avaliar o efeito da aplicação de diferentes doses do elemento referência (Na), proveniente de esgoto sanitário, após o tratamento terciário (EST) na ETE-Janaúba, sobre a estocagem de matéria seca, carbono e nutrientes em restos culturais de diferentes cultivares de abacaxizeiro.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na área experimental da Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) da Companhia de Saneamento de Minas Gerais (COPASA), localizada no município de Janaúba-MG, situada nas coordenadas centrais correspondem a 15° 46' 14,5" S e 43° 19' 14,31" W, com altitude de 534 m. O clima da região, na classificação de Köppen, é do tipo "Aw" (tropical, com estação seca). Os dados climáticos obtidos a partir de estação meteorológica automática instalada no local do experimento estão descritos na Figura 1.

A área experimental foi cultivada anteriormente com algodão (maio a setembro de 2012), milho (novembro de 2012 a fevereiro de 2013), algodão (junho a novembro de 2013) e feijão comum (abril a junho de 2014). O solo da área onde o experimento foi conduzido é classificado com Latossolo Vermelho Eutrófico (EMBRAPA, 2013).

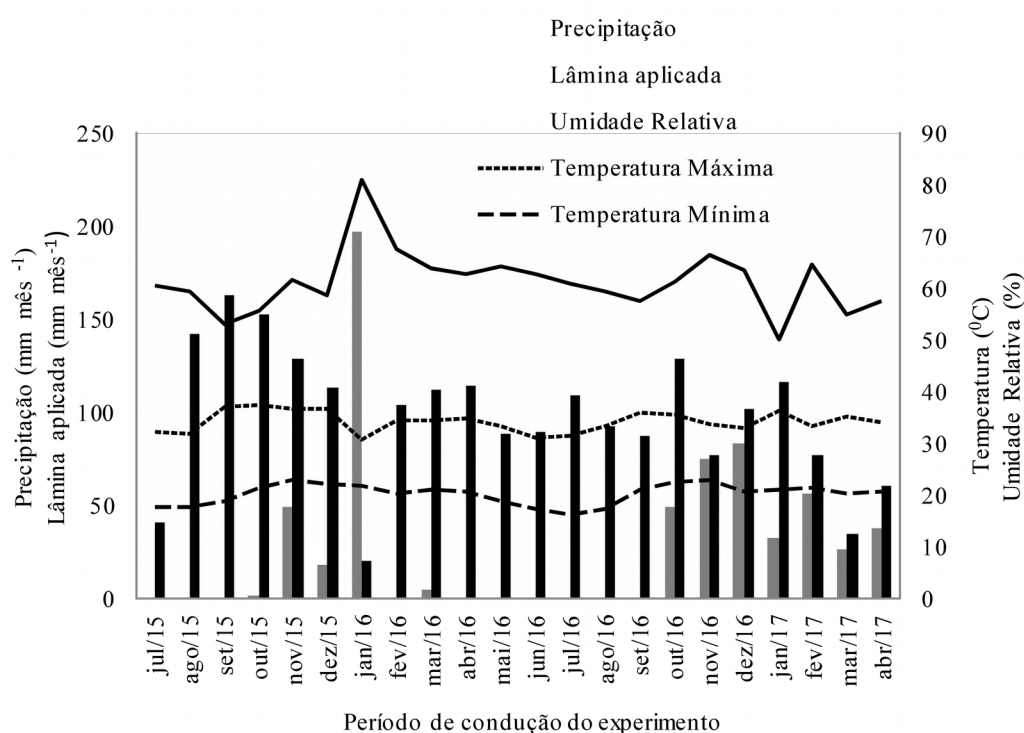


Figura 1. Precipitação pluvial, dose aplicada, umidade relativa e temperatura máxima e mínima mensal obtida no município de Janaúba - MG, para o período de cultivo do abacaxizeiro (julho de 2015 a abril de 2017).

O delineamento utilizado foi em blocos casualizados (DBC), com quatro repetições, no esquema de parcelas subdivididas, tendo nas parcelas cinco doses de esgoto sanitário tratado (EST) (T0: água limpa + adubação mineral; T1: 100%; T2: 200%; T3: 300% e; T4: 400% do aporte de 150 kg ha⁻¹ de sódio via EST) e nas subparcelas três cultivares de abacaxizeiro (Pérola, Smooth Cayenne e IAC Fantástico). Após a aplicação do EST foi feita a complementação hídrica utilizando água limpa, ambos via irrigação por gotejamento, para suprir a exigência da cultura.

O plantio foi realizado no dia 24 de julho de 2015 no espaçamento em fileiras duplas de 0,60 x 0,30 x 0,20 m (totalizando 111.111 plantas ha⁻¹), utilizando mudas do tipo filhote. As unidades experimentais, ou subparcelas, consistiram de três fileiras duplas para cada cultivar, totalizando 60 plantas. Para avaliação dos restos culturais, foram coletadas 3 plantas uniforme em cada unidade experimental.

Mensalmente foram coletadas amostras simples do EST no final de uma das linhas laterais, sendo realizadas durante o horário das aplicações e acondicionadas em recipientes

apropriados, devidamente identificados e enviados imediatamente ao laboratório para as análises de N total, P total, K total, Na, Ca, B, Fe, demanda química de oxigênio (DQO), pH e condutividade elétrica (CE) seguindo metodologias descritas em APHA (2012).

As aplicações da água residuária foram iniciadas aos 83 dias após o plantio (DAP), sendo feita em média 1,5 aplicações semanais de água residuária sanitária de tratamento terciário (ART) visando atender os tratamentos das parcelas experimentais.

Foram aplicados no plantio, 8 g de fosfato monoamônico (MAP) e FTE BR12 por planta. Foram feitas complementações de N e K via fertirrigação, a partir dos 218 DAP, aplicados quinzenalmente em todos os tratamentos via KNO₃ e ureia, de modo que cada planta recebesse 19,8 g de N e 15 g de K₂O até a indução floral (428 DAP), visando o fornecimento equilibrado (doses semelhantes) destes nutrientes para as plantas de todas as parcelas.

O aporte dos principais constituintes da água residuária e nutrientes aportados ao solo via fertirrigação e as doses de água residuária e água limpa no período de condução do experimento encontram-se descritos nas Tabelas 1 e 2.

Tabela 1. Valores médios dos componentes da água residuária sanitária tratada durante o período de aplicações dos tratamentos.

Características	Unidade	Média	Desvio Padrão
N _{total}	mg L ⁻¹	90,5 ±	20,3
K	mg L ⁻¹	47,2 ±	14,7
Na	mg L ⁻¹	125,2 ±	15,8
P	mg L ⁻¹	4,1 ±	22,6
Fe	mg L ⁻¹	0,92 ±	50,1
Mn	mg L ⁻¹	0,17 ±	24,2
B	mg L ⁻¹	0,18 ±	27,2
Cl ⁻	mg L ⁻¹	184,8 ±	11,5
Ca	mg L ⁻¹	38,1 ±	10,3
Mg	mg L ⁻¹	6,6 ±	40,0
CE	dS m ⁻¹	1,7 ±	11,5
DQO _{total}	mg L ⁻¹	163,1 ±	37,2
pH		7,5 ±	2,1

N_{total} : nitrogênio total; K: potássio; Na: sódio; P: fósforo; Fe: ferro; Mn: manganês; B: boro; Cl: cloreto; Ca: cálcio; Mg: magnésio; CE: condutividade elétrica; DQO_{total} : demanda química de oxigênio;

Tabela 2. Nutrientes e sódio aportados ao solo ($Kg\ ha^{-1}$) e aplicados em cobertura em cada tratamento, em abacaxizeiros fertirrigados com água residuária sanitária tratada (ART, mm).

ART	N_{total}			P_2O_5			K_2O			Na	
	AM	ART	Tot.	AM	ART	Tot.	AM	ART	Tot.	ART	Tot.
0,0	2200	0,0	2200	0	0	200,0	1667	0	1667	0	0
117,3	2094	106,0	2200	0	11	11,0	1600	66,9	1667	150,9	150,9
234,1	2016	184,1	2200	0	22,2	22,2	1533	133,7	1667	301,4	301,4
351,4	1938	262,3	2200	0	32,7	32,7	1466	200,5	1667	452,4	452,4
468,3	1860	340,0	2200	0	43,3	43,3	1400	267	1667	602,8	602,8

Doses de ART aplicadas visando atender os percentuais de 0; 100; 200; 300 e 400% do aporte de $150\ kg\ ha^{-1}\ ano^{-1}$ de sódio ao solo; AM: adubação mineral; N_{total} : nitrogênio total disponibilizado para a cultura, P_2O_5 : fósforo; K_2O : potássio, Na: sódio.

A data da indução floral foi previamente definida aos 14 meses após o plantio, correspondendo ao mês de outubro de 2016. Esta prática foi realizada mediante a aplicação de 50 mL de solução de Ethrel® a 1%, acrescidos de hidróxido de cálcio (cal), na dosagem de $0,35\ g\ L^{-1}$ de água, aplicado no interior da roseta foliar. A colheita ocorreu entre os meses de janeiro a março de 2017, quando então a irrigação foi suspensa.

Após a colheita de frutos e mudas, os restos culturais foram colhidos. Para isto, 3 plantas, de cada subparcela, foram coletadas e separadas nos seguintes compartimentos: raízes, talo, folhas e pedúnculo. Estes compartimentos foram pesados em balança semianalítica para determinação da matéria fresca. Em seguida, o material foi seco em estufa de ventilação forçada ($65\ ^\circ C$) até atingir peso constante, sendo então determinada a matéria seca dos compartimentos da planta. A biomassa total foi calculada pela soma da matéria seca dos compartimentos. Em seguida, a matéria seca da biomassa total também foi convertida em $t.\ ha^{-1}$ de acordo com a população de plantas ($111.111\ plantas\ ha^{-1}$).

A matéria seca de cada compartimento e de cada planta compôs uma amostra que foi utilizada para determinação dos teores e acúmulos (Equação 1 e 2) de carbono orgânico, macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg e S) e sódio, conforme metodologia proposta por Tedesco et al. (1995). Também foi estimado o teor médio de carbono orgânico, macronutrientes e sódio na matéria seca dos restos culturais e para a biomassa total conforme equação abaixo:

Equação 1:

$$\text{ACÚMULO} = \text{DM} \times \text{C} \div 100$$

em que:

ACÚMULO: acúmulo de nutrientes no compartimento da planta (g);

DM: matéria seca no compartimento da planta (g);

C: teor do nutriente no compartimento da planta (g).

Equação 2:

TEOR MÉDIO = Teor de Y na raiz \times (matéria seca da raiz \div matéria seca total) + Teor de Y no talo \times (matéria seca do talo \div matéria seca total) + Teor de Y na folha \times (matéria seca \div matéria seca total) + Teor de Y no pedúnculo \times (matéria seca do pedúnculo \div matéria seca total)

em que:

TEOR MÉDIO: Teor médio de nutrientes na planta (dag Kg⁻¹)

Matéria seca do compartimento (g)

Matéria seca total (g)

Y: Nutriente avaliado

Os dados foram interpretados por meio de análise de variância e de regressão. As médias dos fatores qualitativos foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. As doses de esgoto sanitário tratado utilizadas, caso fosse observado efeito significativo na análise de variância, foram comparadas por modelos de regressão. A análise estatística foi feita com auxílio do software estatístico R e do software SIGMAPLOT 12.5 versão Demo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As variáveis avaliadas não foram influenciadas pelas doses de esgoto sanitário tratado (EST), comparativamente ao manejo com água limpa (T0). Isto comprova que o uso do EST não interferiu no acúmulo de matéria seca e teores e acúmulo de carbono orgânico, macronutrientes e sódio dos restos culturais do abacaxizeiro. Portanto, o EST pode substituir

de maneira parcial o uso de adubação química e a água de irrigação, gerando economia financeira e diminuindo os danos causados pelo descarte deste efluente em cursos de água.

Foi observado efeito significativo do acúmulo de matéria seca total em todos os compartimentos das cultivares estudadas (Tabela 3), exceto no pedúnculo. O mesmo foi observado para acúmulo de carbono orgânico, mas sem efeitos significativos nos teores. Também foi observado efeito significativo dos cultivares sobre teores de fósforo no pedúnculo, potássio no pedúnculo e raiz, teores de cálcio nas folhas, talo e pedúnculo, teores de magnésio nas folhas, talo, pedúnculo e teor médio de enxofre no talo e raiz (Tabelas 4,5 e 6).

Tabela 3. Acúmulo de matéria seca nos compartimentos e biomassa total do abacaxizeiro fertirrigado com diferentes doses de água residuária tratada.

Cultivar	Matéria Seca (g planta ⁻¹)					Total (t ha ⁻¹)
	Folhas	Talo	Pedúnculo	Raiz	Matéria Seca Total	
IAC	760,6a	173,1a	8,8a	27,9a	970,4a	107,82
Pérola	467,1b	98,0b	16,0a	14,0b	595,1b	66,12
Smooth	899,6a	153,5a	17,0a	20,1ab	1090,2a	121,13
Média	709,1	141,5	13,9	20,6	885,2	98,3

As médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste Tukey, a 5% de significância.

Tabela 4. Teor e acúmulo de carbono orgânico nos compartimentos e biomassa total do abacaxizeiro fertirrigado com diferentes doses de água residuária tratada.

Cultivar	Carbono Orgânico (g planta ⁻¹)										
	Teor					Acúmulo					
	Folhas	Talo	Ped	Raiz	Teor Médio	Folhas	Talo	Ped	Raiz	Ac. Total	Ac. Total (t ha ⁻¹)
IAC	50,4a	46,2a	45,8a	45,9a	49,5a	381,44a	80,92a	3,98a	2,74a	479,1a	53,23
Pérola	48,2a	46,6a	45,9a	45,7a	47,5a	221,84b	45,25b	7,41a	6,44b	280,9b	31,21
Smooth	48,7a	46,5a	45,8a	46,8a	48,1a	433,16a	71,97a	7,76a	9,42ab	522,3a	58,03
Média	49,1	46,4	45,9	46,1	48,4	301,6	66,1	6,4	9,5	427,4	47,5

Ped.: pedúnculo. Ac. Total: Acúmulo Total.

As médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de significância.

Tabela 5. Teor e acúmulo de macronutrientes nos compartimentos e biomassa total do abacaxizeiro fertirrigado com diferentes doses de água residuária tratada.

Nitrogênio											
Teor (dag kg ⁻¹)						Acúmulo (g planta ⁻¹)					
Cultivar	Folhas	Talo	Ped	Raiz	Teor Médio	Folhas	Talo	Ped	Raiz	Ac. Total	Ac. Total (t ha ⁻¹)
IAC	2,1a	1,6a	1,1a	1,1a	1,9a	15,945a	2,760a	0,096a	0,316a	19,1a	2,12
Pérola	2,1a	1,7a	1,1a	1,3a	1,9a	9,161b	1,618b	0,158a	0,165b	11,1b	1,23
Smooth	2,2a	1,6a	1,1a	1,2a	2,0a	19,188a	2,458a	0,194a	0,260ab	22,1a	2,46
Média	2,1	1,6	1,1	1,2	1,9	14,8	2,3	0,1	0,2	17,4	1,9

Fósforo											
Teor (dag kg ⁻¹)						Acúmulo (g planta ⁻¹)					
Cultivar	Folhas	Talo	Ped	Raiz	Teor Médio	Folhas	Talo	Ped	Raiz	Ac. Total	Ac. Total (t ha ⁻¹)
IAC	0,05a	0,06a	0,02b	0,05a	0,05a	0,361ab	0,103a	0,002a	0,015a	0,48ab	0,05
Pérola	0,05a	0,06a	0,03ab	0,06a	0,05a	0,231b	0,062b	0,005a	0,008b	0,31b	0,03
Smooth	0,06a	0,07a	0,04a	0,05a	0,06a	0,518a	0,106a	0,007a	0,009b	0,64a	0,07
Média	0,05	0,06	0,03	0,05	0,05	0,37	0,09	0,004	0,01	0,47	0,05

Potássio											
Teor (dag Kg ⁻¹)						Acúmulo (g planta ⁻¹)					
Cultivar	Folhas	Talo	Ped	Raiz	Teor Médio	Folhas	Talo	Ped	Raiz	Ac. Total	Ac. Total (t ha ⁻¹)
IAC	1,76a	0,91a	1,06b	0,89a	1,53a	12,839ab	1,630a	0,104a	0,245a	14,82ab	1,65
Pérola	1,96a	0,90a	1,72a	0,69b	1,70a	9,244b	0,872b	0,269a	0,087b	10,47b	1,16
Smooth	1,71a	0,77a	1,58a	0,69b	1,51a	15,147a	1,200ab	0,298a	0,136b	16,78a	1,86
Média	1,81	0,86	1,45	0,75	1,58	12,41	1,23	0,223	0,156	14,02	1,55

Cálcio											
Teor (dag Kg ⁻¹)						Acúmulo (g planta ⁻¹)					
Cultivar	Folhas	Talo	Ped	Raiz	Teor Médio	Folhas	Talo	Ped	Raiz	Ac. Total	Ac. Total (t ha ⁻¹)
IAC	0,46b	0,51b	0,38a	0,26a	0,47a	3,448ab	0,911a	0,032a	0,070a	4,46ab	0,5
Pérola	0,56a	0,47b	0,33ab	0,39a	0,53a	2,529b	0,484b	0,054a	0,052a	3,12b	0,35
Smooth	0,43b	0,74a	0,29b	0,29a	0,48a	4,027a	1,119a	0,045a	0,061a	5,25a	0,58
Média	0,48	0,57	0,33	0,31	0,49	3,33	0,83	0,044	0,061	4,28	0,47

Magnésio											
Teor (dag Kg ⁻¹)						Acúmulo (g planta ⁻¹)					
Cultivar	Folhas	Talo	Ped	Raiz	Teor Médio	Folhas	Talo	Ped	Raiz	Ac. Total	Ac. Total (t ha ⁻¹)
IAC	0,19b	0,09a	0,11a	0,07a	0,16a	1,427a	0,146a	0,009a	0,019a	1,60a	0,18
Pérola	0,16ab	0,07b	0,06c	0,10a	0,14b	0,723b	0,075b	0,009a	0,011b	0,82b	0,09
Smooth	0,21a	0,06c	0,08b	0,07a	0,17a	1,887a	0,091b	0,013a	0,014ab	2,00a	0,22
Média	0,19	0,07	0,08	0,08	0,15	1,35	0,104	0,01	0,014	1,21	0,16

Enxofre											
Teor (dag Kg ⁻¹)						Acúmulo (g planta ⁻¹)					

Cultivar	Folhas	Talo	Ped	Raiz	Teor Médio	Folhas	Talo	Ped	Raiz	Ac. Total	Ac. Total (t ha ⁻¹)
IAC	0,06a	0,07b	0,04a	0,07b	0,07a	0,503a	0,126ab	0,003a	0,020a	0,65ab	0,07
Pérola	0,06a	0,08ab	0,03a	0,10a	0,07a	0,305a	0,083b	0,005a	0,014a	0,41b	0,05
Smooth	0,05a	0,10a	0,04a	0,07b	0,06a	0,515a	0,150a	0,006a	0,014a	0,69a	0,08
Média	0,056	0,08	0,036	0,08	0,066	0,441	0,119	0,005	0,016	0,58	0,07

Ped.: pedúnculo. Ac. Total: Acúmulo Total.

As médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de significância.

Tabela 6. Teor e acúmulo de sódio nos compartimentos e biomassa total do abacaxizeiro fertirrigado com diferentes doses de água residuária tratada.

Cultivar	Sódio										
	Teor (mg kg ⁻¹)					Acúmulo (mg planta ⁻¹)					
	Folhas	Talo	Ped	Raiz	Teor Médio	Folhas	Talo	Ped	Raiz	Ac. Total	Ac. Total (t ha ⁻¹)
IAC	40,2a	35,7a	38,0a	83,5a	39,4a	26,395a	6,253a	0,351a	2,403a	35,4a	0,00393
Pérola	34,2a	54,2a	32,3a	78,7a	38,2a	14,766b	5,561a	0,539a	1,123b	22,0b	0,00244
Smooth	34,3a	67,2a	37,7a	112,1a	43,1a	26,318a	8,870a	0,624a	2,248a	38,1a	0,00423
Média	36,23	52,37	36	91,43	40,23	22,493	6,895	0,505	1,92	31,8	0,003

Ped.: pedúnculo. Ac. Total: Acúmulo Total.

As médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de significância.

De forma semelhante à matéria seca e carbono orgânico, foi observado efeito significativo das cultivares estudadas no acúmulo de nitrogênio, fósforo, potássio e magnésio nas folhas, talo, raiz e matéria seca total (planta). Além disso, houve efeito significativo destas no acúmulo de cálcio nas folhas, talo e matéria seca total, acúmulo de enxofre no talo e na matéria seca total e acúmulo de sódio nas folhas, raiz e matéria seca total (Tabelas 4, 5 e 6).

Considerando os restos culturais do abacaxizeiro, as cultivares IAC Fantástico e Smooth Cayenne não diferiram entre si, sendo superiores a Pérola quanto ao acúmulo de matéria seca nos compartimentos (folhas, talo) e no total da planta (Tabela 3). As diferenças observadas entre as cultivares podem ser explicadas pelas diferenças morfológicas e de partição de matéria seca entre os compartimentos, que resulta em diferentes índices de colheita entre outras diferenças, conforme já observado por outros autores (PEGORARO *et al.*, 2014; MAIA *et al.*, 2016).

Foram observados valores elevados de produtividade de matéria seca por hectare. Este fato confirma que o abacaxizeiro, mesmo sendo uma planta de metabolismo CAM, tem alta

capacidade de fixação de carbono e conseqüentemente elevada produção de matéria seca mesmo quando comparada a plantas de metabolismo C₃ e C₄ (NOBEL, 1991). O metabolismo ácido das crassuláceas é uma estratégia de sobrevivência à seca e não necessariamente para alta produtividade. Por outro lado, em consequência da irrigação, ocorre uma resposta expressiva na produção de matéria seca das plantas com este tipo de metabolismo de fixação de carbono (LÜTTGE, 2010).

Considerando a partição de matéria seca dos compartimentos nos restos culturais, observa-se que as cultivares IAC Fantástico, Pérola e Smooth Cayenne têm, respectivamente, 78,4; 78,5 e 82,5% de folhas, 17,8; 16,5 e 14,1% de talo, 0,9; 2,6 e 1,6% de pedúnculo e 2,9; 2,4 e 1,8% de raízes, sendo, portanto, valores bem semelhantes entre as cultivares.

Conforme previamente citado não foi observado efeito dos tratamentos (doses de efluente e cultivares) sobre os teores de carbono nos compartimentos e teor médio na matéria seca do resíduo. Entretanto, a cultivar Pérola apresentou menor acúmulo de carbono orgânico e matéria seca total nos compartimentos avaliados, com exceção do pedúnculo (Tabela 4).

Quando as plantas crescem, a totalidade do carbono orgânico da biomassa vem da atmosfera sendo fixado pela fotossíntese. Com a decomposição dos restos culturais no solo uma parte deste carbono é convertida em matéria orgânica e outra parte é liberada novamente na forma de CO₂ para a atmosfera como resultado da ação de microorganismos. Quanto maior a capacidade da cultura de acumular carbono, melhor, devido ao fato do CO₂ ser um dos gases contribuintes para a ocorrência de efeito estufa.

Considerando os dados observados no presente trabalho e a área produtiva de abacaxi no mundo e no Brasil de 1.000.000 e 62116 hectares de abacaxizeiro, respectivamente, aproximadamente 47,5 milhões e 2,9 milhões de t de CO₂ fixados nos resíduos vegetais, contribuindo para o sequestro de CO₂ atmosférico e a fixação de parte do mesmo nos tecidos vegetais e em seguida na matéria orgânica do solo. Estimativas para 2020, a emissão de CO₂, pelo transporte rodoviário, alcançará cerca de 270 milhões de toneladas, do total dessas emissões em 2020, 36% virá da frota de caminhões, 13% de ônibus, 40% de automóveis (incluindo os veículos movidos a GNV), e 3% de motocicletas (ANTT, 2013). Considerando essa estimativa, o cultivo de abacaxizeiro, nas condições do presente estudo, fixará uma quantidade equivalente a em torno de 1,07% do CO₂ emitido pelo transporte rodoviário.

Aproximadamente 70% do total de nutrientes acumulados estão sujeitos a retornar ao solo através de resíduos da cultura proveniente de folhas, caule e raízes do abacaxizeiro, que podem então ser mineralizados e utilizados pelas culturas subseqüentes (PEGORARO *et al.*, 2014). Conforme mostrado na tabela 1, do total de 2200 kg ha⁻¹ de N aportados ao solo, cerca

de 1900 kg ha⁻¹ ficaram acumulados nas plantas; com relação ao K, do total de 1666,7 kg ha⁻¹ aportados ao solo, 1550 kg ha⁻¹ ficaram acumulados nas plantas. Estes valores correspondem a aproximadamente 86,4 e 93% do total de N e K aplicados no cultivo demonstrando assim que umas proporções altas da quantidade de nutrientes aportados ao solo retornarão ao solo para ser aproveitado no cultivo subsequente.

Quanto ao teor de nitrogênio (TABELA 5), não houve diferença significativa entre as cultivares nos compartimentos avaliados, sendo o teor médio das folhas, talo, pedúnculo e raiz de 2,1; 1,6; 1,1 e 1,2 dag kg⁻¹ respectivamente. Considerando os restos culturais, o abacaxizeiro, tende a apresentar teores e conseqüentemente acúmulo de N mais elevados nas folhas indicando ser este o órgão preferencial para que este nutriente seja translocado na planta.

As cultivares IAC Fantástico e Smooth Cayenne foram superiores para o acúmulo de nitrogênio nas folhas e talo (15,945 e 19,188 kg ha⁻¹ para folhas; 2,760 e 2,458 kg ha⁻¹ para o talo). Na raiz, a cultivar IAC Fantástico acumulou mais N que a cultivar Pérola. A aplicação adequada de água residuária para o fornecimento de N propicia aumento da produtividade do abacaxizeiro, contribui para elevar o peso e o tamanho dos frutos e espessura da casca (MARTINS E VENTURA, 2011).

O N é o nutriente mais absorvido pela planta, o que foi confirmado por este trabalho, e a demanda é bastante elevada atingindo valores próximos a 20g por planta máxima produtividade e tamanho do fruto (CARDOSO *et al.*, 2013). O menor acúmulo de N observado para os restos culturais da cultivar Pérola, não significa necessariamente que esta cultivar tem menor demanda por este nutriente. Deve ser levado em conta que os índices de colheita entre os cultivares estudados são diferentes (VILELA *et al.*, 2015) e que este valor é bastante elevado para a ‘Pérola’ (49%) (MAIA *et al.*, 2014), indicando que esta cultivar exporta, proporcionalmente, metade de sua matéria seca e conseqüentemente boa parte dos nutrientes absorvidos. Este fato também ajuda a explicar as diferenças observadas entre os cultivares para os demais nutrientes em estudo.

Para o teor de fósforo (TABELA 5), foi observada diferença significativa entre as cultivares, apenas para o pedúnculo. Nesse compartimento, a cultivar Smooth Cayenne apresentou maior teor de fósforo que a cultivar IAC Fantástico. A cultivar Pérola apresentou menor acúmulo de fósforo no talo que as demais cultivares. Esta menor quantidade de P na matéria seca da cultivar Pérola também não significa menor demanda deste nutriente por esta cultivar. No pedúnculo, o valor médio de acúmulo das cultivares foi de 0,004 dag kg⁻¹.

Assim como observado para o N, a partição de P nos compartimentos segue o mesmo comportamento da matéria seca do abacaxizeiro. Segundo Malézieux e Bartholomew (2003), o fósforo é o nutriente menos exigido pela cultura. No entanto, estes autores especificaram que o mesmo é muito importante no período de diferenciação floral da planta. O presente estudo confirma e demonstra que este é o macronutriente menos absorvido pela planta, considerando os restos culturais.

O teor de Potássio (TABELA 5) é mais elevado nas folhas ($1,81 \text{ dag kg}^{-1}$), em relação aos demais compartimentos. O resultado disso, somado ao fato de maior acúmulo de matéria seca nas folhas, é que aproximadamente 90% do K encontrado nos restos culturais do abacaxizeiro estão nas folhas. Para o acúmulo de potássio, pode-se observar que nas folhas, a cultivar Smooth Cayenne acumulou mais K que a cultivar Pérola. No talo a cultivar IAC Fantástico acumulou mais K que a cultivar Pérola. Nas raízes a cultivar IAC Fantástico acumulou mais K que as cultivares Pérola e Smooth Cayenne, que por sua vez não diferiram significativamente entre si. Porém, no pedúnculo não houve diferença significativa entre as cultivares, com média de $0,223 \text{ g planta}^{-1}$ de K acumulado. Assim como previamente citado para o nitrogênio, o menor acúmulo na matéria seca dos restos culturais do Pérola não significa necessariamente que este cultivar demande menor quantidade deste nutriente.

Quanto à quantidade total acumulada percebe-se que os valores estão próximos do valor aplicado por planta ($15 \text{ g de K}_2\text{O}$), indicando que grande parte do potássio aplicado foi absorvido pela planta. Isto se justifica pela frequência elevada e pelas pequenas quantidades aplicadas de K_2O durante o crescimento da planta associadas ao uso de irrigação por gotejamento. Outro ponto importante a ser observado são as quantidades de K acumuladas em 1 ha de restos culturais (1,55 t). Isto indica a necessidade de um manejo correto deste resíduo a fim de evitar perdas elevadas de nutrientes da área com impactos diretos na fertilidade do solo além de perdas econômicas e ambientais.

O potássio é o segundo macronutriente mais requerido pelo abacaxizeiro o que foi confirmado pelo presente estudo. Também se trata de um elemento móvel estando na forma iônica. Este macronutriente é considerado o elemento responsável pela qualidade do fruto, contribuindo para o aumento do teor de sólidos solúveis (SS) e acidez titulável. Apesar da influência do K estar relacionada diretamente à qualidade do fruto, o mesmo também é importante para a produtividade da cultura, porém em menor escala do que o nitrogênio (SOUZA, 1999; SOARES *et al.*, 2005). Entre as funções fisiológicas do K estão a regulação osmótica, abertura e fechamento estomático, sendo também um ativador enzimático e estando

envolvido no descarregamento do floema e no acúmulo de carboidratos nos frutos (SHABALA e POTTOSIN, 2014).

Analisando os teores de cálcio (TABELA 5) na planta podemos observar que nas folhas a cultivar que apresenta um maior teor de cálcio é a cultivar Pérola, as cultivares IAC Fantástico e Smooth Cayenne não diferiram estatisticamente entre si. A cultivar que apresentou maior teor de cálcio no talo foi a Smooth Cayenne enquanto as cultivares IAC Fantástico e Pérola não diferiram estatisticamente entre si. Quanto ao pedúnculo, a cultivar IAC Fantástico apresentou maior teor de cálcio que a cultivar Smooth Cayenne. Já na raiz os valores de cálcio não diferiram estatisticamente entre as cultivares, apresentando uma média de 0,31 g planta⁻¹.

Com relação ao acúmulo de cálcio na planta, a cultivar Smooth Cayenne acumulou mais Ca nas folhas que a cultivar Pérola. A cultivar que menos acumulou cálcio no talo foi a cultivar Pérola. Não houve diferença significativa entre as cultivares para acúmulo de Ca no pedúnculo e na raiz, tendo em média 0.044 e 0.061 g planta⁻¹ de cálcio, respectivamente. O cálcio está envolvido na regulação de muitos aspectos do metabolismo, incluindo integridade da membrana e permeabilidade seletiva nas células, divisão celular, aumento de íons e montagem de microtúbulos. Há relação entre a concentração de cálcio no tecido da fruta do abacaxi e a manifestação de sintomas de lesão pelo frio (HEWAJULIGE *et al.*, 2003).

Analisando os teores de magnésio (TABELA 5) na planta, o teor nas folhas foi maior para a cultivar Smooth Cayenne que para a cultivar IAC fantástico. No talo, a cultivar IAC Fantástico foi superior as demais, sendo que a cultivar Smooth Cayenne apresentou o menor teor de magnésio. A cultivar IAC Fantástico apresentou maior teor de magnésio no pedúnculo em relação às demais e a cultivar Pérola, por sua vez, apresentou o menor teor. Na raiz não houve diferença significativa em relação às cultivares, tendo em média 0.08 g planta⁻¹ de magnésio.

Em relação ao acúmulo de Mg, nas folhas a cultivar acumulou menos que as demais cultivares. No talo e na raiz a cultivar IAC Fantástico foi superior as demais. O pedúnculo foi o único compartimento que não apresentou diferença significativa entre os cultivares.

Para o teor e acúmulo de enxofre (TABELA 5) não foi observado diferença significativa entre as cultivares avaliadas para as folhas e pedúnculo com médias de teor de 0,056 e 0,036 g planta⁻¹ e médias de acúmulo de 0,441 e 0,046 g planta⁻¹ respectivamente. Quando avaliado o talo, o teor do enxofre foi superior para a cultivar Smooth Cayenne, enquanto na raiz o teor do enxofre foi superior para a cultivar Pérola.

Quanto ao acúmulo, não houve diferença entre as cultivares na raiz com média de 0,016 g planta⁻¹. Apenas para talo foi observada diferença significativa entre as cultivares, onde a cultivar Smooth Cayenne acumulou mais enxofre que a cultivar Pérola.

O acúmulo de macronutrientes nas cultivares IAC Fantástico, Pérola e Smooth Cayenne, exibe a seguinte ordem decrescente: N> K> Ca> Mg> S> P. Geralmente, as maiores quantidades de nutrientes absorvidas e acumuladas encontram-se nas folhas e as menores nas raízes. As quantidades exportadas pelo abacaxizeiro são, relativamente, altas e referem-se aquelas imobilizadas pelos frutos e órgãos propagativos (coroas, mudas tipos filhote, filhote rebentão e rebentões) (MALÉZIEUX; BARTHOLOMEW, 2003) sendo ainda maiores nos cultivares que têm maior índice de colheita.

Para fins de manejo cultural e nutricional dos cultivos em sucessão ao cultivo do abacaxizeiro é importante identificar as quantidades de nutrientes que retornarão ao solo pela contribuição dos restos culturais desta espécie. As quantidades médias acumuladas nos restos culturais das 3 cultivares em estudo foram 1,9 ton ha⁻¹ de N; 0,05 ton ha⁻¹ de P; 1,55 ton ha⁻¹ de K; 0,47 ton ha⁻¹ de Ca; 0,16 ton ha⁻¹ de Mg e 0,07 ton ha⁻¹ de S. Estes valores elevados explicam a ausência de resposta do maracujazeiro a adubação nitrogenada e potássica em sucessão ao cultivo do abacaxi observado por Dias *et al.* (2017).

Diversos manejos podem ser propostos para os restos culturais do abacaxizeiro. Os mais comuns são a queima ou a incorporação dos resíduos ao solo. Destes, o menos recomendado do ponto de vista econômico e ambiental é a queima dos resíduos. Outras possibilidades são o uso na alimentação animal, que se justifica pela grande quantidade de matéria produzida por hectare (média das cultivares de 98,3 ton ha⁻¹), ou o uso como cobertura morta para o plantio direto. Segundo Marin *et al.* (2002), além do uso da própria planta verde na alimentação de ruminantes, os restos culturais do abacaxizeiro podem ser usados na forma dessecada (feno de abacaxi), moída (farinha de abacaxi) e em relação à planta, ainda pode-se obter o farelo, que é palatável e altamente digestível, rico em carboidrato, pobre em proteína e por ser muito rico em fibra bruta é útil como fonte de energia para ruminantes.

Ao analisar bromatologicamente o feno de restos culturais do abacaxizeiro (plantas trituradas em máquina forrageira e expostas por três dias ao sol), Pinto *et al.* (2005) encontraram 84,12% de matéria seca, 5,95% de proteína bruta, 2,54% de extrato etéreo, 61,06% fibra em detergente neutro, 30,15% de fibra em detergente ácido, 5,05% de matéria mineral, 25,24% de celulose e 2,10% de lignina, além de encontrar uma energia bruta de 4,193 kcal kg⁻¹ de matéria seca. Observando os valores bromatológicos da palma forrageira,

teores de matéria seca (6,1% a 17,1%), proteína bruta (2,9% a 6,0%), fibra em detergente neutro (20,1% a 32,8%) e fibra em detergente ácido (9,5% a 22,5%) (CAVALCANTE *et al.*, 2014; FOTIUS *et al.*, 2014; PESSOA *et al.*, 2013; WANDERLEY *et al.*, 2012), podemos observar que são valores próximos a composição dos restos culturais do abacaxizeiro, podendo então ser feita uma substituição, haja visto que o abacaxizeiro pode gerar renda através dos seus frutos e ser aproveitado, ao fim do ciclo, os seus restos culturais.

No caso do uso para alimentação animal é importante que o esterco produzido seja devolvido a área para reduzir as perdas de nutrientes e proporcionar a melhoria da fertilidade do solo. Considerando os aspectos agrônômicos, econômicos e ambientais, conforme os resultados observados no presente estudo, a manutenção dos restos culturais como cobertura do solo ou até mesmo a incorporação são as opções mais indicadas.

Analisando o teor de sódio (TABELA 6) podemos observar que não houve diferença significativa entre as cultivares nos compartimentos folhas, talo, pedúnculo e raiz, com médias de 36,23; 52,37; 36,0; 91,43 mg planta⁻¹, respectivamente. Pode-se observar que os teores de sódio nas raízes são bem maiores que nos demais compartimentos da planta (cerca de 2 vezes o teor médio). Isso difere do comportamento dos macronutrientes em estudo, servindo como indicativo de que a planta está restringindo o Na nas raízes e não permitindo ou reduzindo a partição e conseqüente acúmulo de sódio na parte aérea onde ele pode exercer algum efeito negativo.

Já com relação ao acúmulo desse nutriente na planta, as cultivares IAC Fantástico e Smooth Cayenne acumularam mais sódio que a cultivar Pérola nas folhas e nas raízes. Não houve diferença significativa entre as cultivares para o acúmulo de Na no talo e pedúnculo com médias de 6,895 e 0,505 g planta⁻¹, respectivamente.

Mesmo sendo aplicado ao solo em torno de 602,8 kg ha⁻¹ (Tabela 1) houve acúmulo total médio de 3 kg de Na ha⁻¹, (Tabela 6) ou seja, 0,5% do total aplicado. O Na pode provocar efeitos maléficos no ambiente alterando os atributos físicos e químicos do solo. O excesso de sódio na solução do solo provoca a dispersão da argila acarretando uma camada mais compactada que dificulta o crescimento, respiração, expansão radicular, além da absorção de água e fixação de CO₂ pela planta comprometendo todo o ciclo da cultura (RODRIGUES *et al.*, 2009).

Para a maior parte das plantas o Na não é considerado nutriente essencial (MATHUIS, 2014). Porém, para o abacaxizeiro o sódio pode ser considerado um elemento benéfico ou até mesmo essencial. Nesta espécie o Na promove o crescimento das plantas, por compensar algumas funções do K⁺, atuando na ativação enzimática da ATPase, na regulação osmótica,

na absorção de macronutrientes, na síntese de carboidratos, na abertura e fechamento estomático, no vigor de plantas (KORNDORFER, 2006; MATHUIS, 2014).

A maioria das espécies que utiliza as rotas C4 e CAM de fixação de carbono requer íons sódio para a regeneração do fosfoenolpiruvato, substrato da primeira carboxilação nas rotas metabólicas de fixação do CO₂ nestes tipos de metabolismo. A deficiência de sódio prejudica a conversão de piruvato em fosfoenolpiruvato (PEP) nos cloroplastos do mesófilo, levando a uma redução na atividade de PSII e a alterações ultraestruturais no mesófilo (MARSCHNER, 2012).

CONCLUSÕES

O uso de fertirrigação com efluente de esgoto tratado não interfere no acúmulo de matéria seca e teores e acúmulo de carbono orgânico, macronutrientes e sódio dos restos culturais do abacaxizeiro.

A cultivar Pérola tem menor acúmulo de matéria seca e carbono em relação as cultivares IAC Fantástico e Smooth Cayenne. Comportamento semelhante é observado para a maioria dos macronutrientes.

O acúmulo de macronutrientes nos restos culturais das cultivares IAC Fantástico, Pérola e Smooth Cayenne, exibe a seguinte ordem decrescente: N > K > Ca > Mg > S > P.

AGRADECIMENTOS

À Companhia de Saneamento de Minas Gerais (COPASA), pela cessão da área experimental e análises do efluente. À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) (COD 001) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão de bolsas. À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais – FAPEMIG, pelo apoio financeiro e concessão de bolsas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANTT, AGÊNCIA NACIONAL DE TRANSPORTES TERRESTRES, **Inventário nacional de emissões atmosférica por veículos automotores rodoviários**. 2013.

Disponível

em:http://portal.antt.gov.br/index.php/content/view/5632/1__Inventario_Nacional_de_Emissoes_Atmosfericas_por_Veiculos_Automotores_Rodoviarios.html. Acesso em: 15/03/2019.

APHA; WEF; WATER ENVIRONMENT FEDERATION. **Standard Methods for Examination of Water and Wastewater**. 22. ed. Washington: American Public Health Association, 2012.

CAVALCANTE, L. A. D.; SANTOS, G. R. A.; SILVA, L. M.; FAGUNDES, J. L.; SILVA, M. A. Respostas de genótipos de palma forrageira a diferentes densidades de cultivo. **Pesquisa Agropecuária nos Trópicos**, Goiânia, v. 44, n. 4, p. 424-433, 2014.

CARDOSO, M. M. *et al.* Crescimento do abacaxizeiro 'Vitória' irrigado sob diferentes densidades populacionais, fontes e doses de nitrogênio. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 35, n. 3, p. 769-781, 2013.

DIAS, D. G. *et al.* Production and postharvest quality of irrigated passion fruit after n-k fertilization. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 39, n. 3, e-553, 2017

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília-DF, 2013. 353p.

FAO, FAOSTAT. 2016. Agricultural statistics database. **World Agricultural Information Center**, 2016 Rome. Disponível em: <http://www.fao.org/faostat/es/#data/QC/visualize>. Acesso em: 17 de dezembro de 2018.

FAO, FAOSTAT. 2017. Agricultural statistics database. **World Agricultural Information Center**, 2016 Rome. Disponível em: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/qc>. Acesso em: 17 dezembro de 2018.

FOTIUS, A. C. A.; FERREIRA, M. A.; VÉRAS, A. S. C.; SALLA, L. E.; SOUZA, A. R. D. L.; BISPO, S. V. Estratégia de nutrientes para ovinos em distintas sequências de fornecimento alimentar em dieta a base de palma forrageira. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, Salvador, v.15, n. 2, p. 504-516, 2014.

HEWAJULIGE, I. G. N. *et al.* Fruit calcium concentration and chilling injury during low temperature storage of pineapple. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 83, n. 14, p. 1451-1454, 2003.

HESPANHOL, I. Potencial de reuso de água no Brasil: agricultura, indústria, município e recarga de aquíferos, IN: **Reuso de água**/Manusco e Santos. Barueri, Manole, p.37-95. 2005.

KORNDORFER, G. H. Elementos benéficos. In: FERNANDES, M. S. (Ed.) **Nutrição mineral de plantas**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006. p.355-374.

LÜTTGE, U. Ability of crassulacean acid metabolism plants to overcome interacting stresses in tropical environments. **AoB PLANTS**, Oxford, v. 5, 2010.

MAIA, V.M.; OLIVEIRA, F.S.; PEGORARO, R.F.; ASPIAZÚ, I. ; PEREIRA, M.C.T. 'Pérola' pineapple growth under semiarid climate conditions. **Acta Horticulturae**, v. 1, p. 267-274, 2016

MAIA, V. M. et al. 'Pérola'pineapple growth under semi-arid climate conditions. In: **XXIX International Horticultural Congress on Horticulture: Sustaining Lives, Livelihoods and Landscapes (IHC2014): IV 1111**. 2014. p. 267-274.

MALÉZIEUX, E.; BARTHOLOMEW, D.P. Plant Nutrition. In: Bartholomew, D. P.; Paul, R. E.; Rohrbach, K. G. (Eds.). **The Pineapple: Botany, Production and Uses**. New York: CABI Publishing, p. 143-165, 2003.

MARIN, C. M.; SUTTINI, P. A.; SANCHES, J. P. F.; BERGAMASCHINE, F. Potencial produtivo e econômico da cultura do abacaxi e o aproveitamento de seus subprodutos na alimentação animal. **Ciências Agrárias e da Saúde**, Andradina, v. 2, n. 1, p. 79-82, 2002.

MARTINS, A. G. & VENTURA J. A. Adubação N-P-K e o desenvolvimento, produtividade e qualidade dos frutos do abacaxi 'GOLD) (MD-2). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.35, n.4, p.1367-1376, 2011.

MARSCHNER, H. **Marschner's mineral nutrition of higher plants**. London: Academic, 2012.

MATHUIS, F. J. M. Sódio nas plantas: percepção, sinalização e regulação dos fluxos de sódio. **Journal of Experimental Botany**, v. 65, n. 3, p. 849-858, 2014.

MUYEN, Z; MOORE, GA; WRIGLEY, RJ. Efeitos da salinidade e da sodicidade do solo na irrigação de águas residuárias no sudeste da Austrália. **Agricultural Water Management**, v.99, p.33-41, 2011.

NAHRAWI, H.; HUSNI, M.H.A.; OTHMAN, R. & BAH, A. Decomposition of leaf and fine root residues of three different crop species in tropical peat under controlled condition. **Malaysian J. Soil Sci.**, 15:63-74, 2011.

NOBEL, P. S. **Achievable productivities of certain CAM plants: basis for high values compared with C3 and C4 plants**. *New-Phytol.* (1991), 119, 183-205.

PAULA, M. B. de; MESQUITA, H. A. de; NOGUEIRA, F. D. Nutrição e Adubação do Abacaxizeiro. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.19, n.195, p.33-39, 1998.

PEGORARO, R. F. *et al.* Macronutrient uptake, accumulation and export by the irrigated 'vitória' pineapple plant. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 38, n. 3, p. 896-904, 2014.

PESSOA, R. A. S.; FERREIRA, M. A.; FERREIRA, M. A.; SILVA, F. M.; BISPO, S. V.; WANDERLAY, W. L.; VASCONCELOS, P. C. Diferentes suplementos associados à palma forrageira em dietas para ovinos: consumo, digestibilidade aparente e parâmetros

ruminais. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, Salvador, v. 14, n. 3, p. 508-517, 2013.

PINTO, C. W. C.; SOUSA, W. H. de; PIMENTA FILHO, E. C.; CUNHA, M. das G. G.; GONZAGA NETO, S. Desempenho de cordeiros Santa Inês terminados com diferentes fontes de volumosos em confinamento. **Agropecuária Técnica**, Areia, v. 26, n. 2, 2005.

QADIR, M.; WICHELNS, D.; RASCHID-SALLY, L.; MCCORNICK, P.G.; DRECHSEL, P.; BAHRI, A.; MINHAS, P.S. The challenges of wastewater irrigation in developing countries. **Agricultural Water Management**, v. 97, n. 4, p. 561-68, 2010.

RODRIGUES, L. N.; NERY, A. R.; FERNANDES, P. D.; BELTRÃO, N. E. de M.; GHEYI, H. R. Crescimento e produção de bagas da mamoneira irrigada com água residuária doméstica. **Revista Brasileira Engenharia Agrícola Ambiental**, v.13, p.825-835, 2009.

SHABALA, Sergey; POTTOSIN, Igor. Regulation of potassium transport in plants under hostile conditions: implications for abiotic and biotic stress tolerance. **Physiologia Plantarum**, v. 151, n. 3, p. 257-279, 2014.

SOARES, A.G.; TRUGO, L.C.; BOTREL, N.; SOUZA, L.F.S. Reduction of internal browning of pineapple fruit (*Ananas comosus* L.) by preharvest soil application of 139 potassium. **Postharvest Biology and Technology**, Pullman, v.35, p. 201-207, 2005.

SOUZA, L. F. da S. Exigências edáficas e nutricionais. In: CUNHA, G. A. P. da, CABRAL, J. R. S.; SOUZA, L. F. da S. (orgs.) **O abacaxizeiro, cultivo, agroindústria e economia**. Brasília: Embrapa comunicação para transferência de Tecnologia, p.67-82. 1999.

TEDESCO, Marino José *et al.* **Análises de solo, plantas e outros materiais**. Porto Alegre: Ufrgs, 1995.

VILELA, Guilherme Barbosa; PEGORARO, Rodinei Facco; MAIA, Victor Martins. Predicting the production of 'Vitória' pineapple from phytotechnical and nutritional characteristics. **Revista Ciência Agronômica**, v. 46, n. 4, p. 724-732, 2015.

WANDERLEY, W. L.; FERREIRA, M. de A.; BATISTA, A. M. V.; VÉRAS, A. S. C.; BISPO, S. V.; SILVA, F. M.; SANTOS, V. L. F. dos. Consumo, digestibilidade e parâmetros ruminais em ovinos recebendo silagens e fenos em associação à palma forrageira. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, Salvador, v. 13, n. 2, p. 444-456, abr./jun. 2012.

XU, J.; WU, L.; CHANG, A.C.; ZHANG, Y. Impact of long-term reclaimed wastewater irrigation on agricultural soils: a preliminary assessment. **Journal of Hazardous Materials**, v. 183, n. 1-3, p. 780-786, 2010.