



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS, AMBIENTAIS E BIOLÓGICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE MESTRADO**

**USO DE ÁGUAS RESIDUÁRIAS NA PRODUÇÃO DE HELICONIAS
EM CASA DE VEGETAÇÃO**

OLÍVIA SILVA NEPOMUCENO SANTOS

CRUZ DAS ALMAS – BA
ABRIL DE 2010

USO DE ÁGUAS RESIDUÁRIAS NA PRODUÇÃO DE HELICONIAS EM CASA DE VEGETAÇÃO

OLÍVIA SILVA NEPOMUCENO SANTOS

Engenheira Agrônoma

Universidade Federal do Recôncavo da Bahia – 2007

Dissertação submetida ao Colegiado de Curso do Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, como requisito parcial para obtenção do Grau de Mestre em Ciências Agrárias, Área de concentração: Agricultura Irrigada e Sustentabilidade de Sistemas Hidroagrícolas

Orientador: Prof. Dr. Vital Pedro da Silva Paz

Co-Orientador: Prof. Dr. Thomas Vincent Gloaguen

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA
MESTRADO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CRUZ DAS ALMAS – BA – 2010

FICHA CATALOGRÁFICA

S237	Santos, Olívia Silva Nepomuceno
	Uso de águas residuais na produção de Heliconias em casa de vegetação/ Olívia Silva Nepomuceno Santos. _ . Cruz das Almas, BA, 2010.
	f. 87. ; il.
	Orientador: Vital Pedro da Silva Paz Co-orientador: Thomas Vincent Gloaguen
	Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas, Área de Concentração Agricultura Irrigada e Sustentabilidade de Sistemas Hidroagrícolas
	1. Água - reutilização. 2 Irrigação. I. Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Centro de Ciências Agrárias e Tecnológicas. II. Título.
	CDD 628.16

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS, AMBIENTAIS E BIOLÓGICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS**

**COMISSÃO EXAMINADORA DA DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE
OLÍVIA SILVA NEPOMUCENO SANTOS**

Prof. Dr. Vital Pedro da Silva Paz
Universidade Federal do Recôncavo da Bahia – UFRB
(orientador)

Prof. Dr. Hans Raj Gheyi
Universidade Federal do Recôncavo da Bahia – UFRB

Enio Farias de França e Silva
Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE

Dissertação homologada pelo colegiado do Curso de Mestrado em Ciências
Agrárias em
Conferindo o grau de Mestre em

A Deus, que por sua graça e misericórdia me concedeu uma nova vida e tem feito brilhar em mim sua glória, através de vitórias por mim nunca imaginadas, por bênçãos sem medida e por ter me guiado até aqui,

OFEREÇO

Aos meus pais Osvaldo e Maria e minha irmã Hortência, por todo apoio, paciência e incentivo,

DEDICO

Um dia você aprende que não importa quão longe você queira chegar, haverá no caminho um momento em que você cansará e só conseguirá ir além se não mais por suas pernas andar.

Pv 2:6 - Por que o Senhor dá sabedoria; da sua boa é que vem o conhecimento e entendimento.

AGRADECIMENTOS

À Deus, por ter me abençoado tanto e por ter me dado sabedoria e força;

À minha família, em especial a minha mãe Maria, por todo amor, paciência e apoio;

Ao meu orientador Vital Paz, pela orientação, paciência e amizade;

À minha grande amiga Cássia Linge, pela incalculável amizade, apoio e incentivo;

Às minhas amigas-irmãs Janaina, Katiane e Poliana, por toda amizade, força e orações;

À Rose pelas palavras de incentivo e orações;

Aos amigos Alex, Diego, Soraia, Priscila, Helen, Hilo e D. Risoleta, pessoas que vou levar comigo pra sempre;

Aos amigos de turma, Eliel, Helder, Jorge, Marcio, Mateus e Rogério, sem os quais tudo teria sido mais difícil, inclusive passar em matemática;

A todos que ajudaram na condução do experimento, em especial Mario e Carol;

À Silvana Cardoso pela amizade, incentivo e orientação;

A todos os professores do NEAS, a professora Maria da Conceição Soglia e aos professores Tales Miller e João Albany pela preciosa colaboração nas análises estatísticas;

Ao professor Francisco Fadigas pela valiosa orientação e pelo apoio irrestrito durante a condução do experimento;

Ao Professor Hans Raj Gheyi pela orientação e apoio;

A todos os estagiários do NEAS em especial a Pablo, Nina, Luana e Joseane, pela ajuda nos trabalhos de laboratório;

Aos amigos da SIPEF em especial a Railda, Antonia e Sueli;

À Empresa Baiana de Água e Saneamento (EMBASA) pelo apoio na realização deste trabalho;

À CAPES pela concessão da bolsa de estudos e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado da Bahia (FAPESB) pelo apoio financeiro mediante a aprovação do projeto de pesquisa “Reuso de águas residuárias tratadas na agricultura para o Estado da Bahia” – APR 0104/2007.

Por ultimo e não menos importante a três pessoas sem as quais a realização desse trabalho teria sido muito mais difícil, aqui por ordem alfabética e não de importância, pois não poderia quantificar. Edilson Bastos, mais conhecido com

Boi, por toda ajuda desde a montagem até o fim do experimento; Marcelo Teixeira, um estagiário exemplar, dedicado e amigo; Meu co-orientador Thomas Gloaguen por toda orientação e paciência, sem o qual certamente esse trabalho não seria o mesmo.

SUMÁRIO

	Página
RESUMO	
ABSTRACT	
INTRODUÇÃO	11
Capítulo 1	
DESENVOLVIMENTO E ESTADO NUTRICIONAL DE HELICONIA IRRIGADA COM ÁGUA RESIDUÁRIA TRATADA EM CASA DE VEGETAÇÃO	
	21
Capítulo 2	
ALTERAÇÕES QUÍMICAS DE UM LATOSSOLO IRRIGADO COM ÁGUA RESIDUÁRIA TRATADA E CULTIVADO COM HELICONIA.	
	53
CONSIDERAÇÕES FINAIS	84
APÊNDICE	85

USO DE ÁGUAS RESIDUÁRIAS NA PRODUÇÃO DE HELICONIAS EM CASA DE VEGETAÇÃO

Autora: Olívia Silva Nepomuceno Santos
Orientador: Vital Pedro da Silva Paz
Co-orientador: Thomas Vincent Gloaguen

RESUMO: A utilização de efluentes na agricultura se mostra uma alternativa com grandes atrativos econômicos e ambientais, já que seu uso na irrigação possibilita que os recursos hídricos de melhor qualidade possam estar disponíveis à população para usos mais nobres, além disso, os efluentes têm se mostrado efetivos como fonte de nutrientes às plantas. Este estudo teve por objetivo avaliar a viabilidade do uso de água residuária tratada de origem doméstica na irrigação de *Heliconia psittacorum* L. cultivar Golden torch adrian, avaliando-se o desenvolvimento e estado nutricional das plantas, bem como as propriedades químicas do solo. O experimento foi conduzido em casa de vegetação na área experimental do Núcleo de Engenharia de Água e Solo da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (NEAS/UFRB). Utilizou-se plantas de H. Golden adrian com três meses de idade. O experimento foi instalado no esquema fatorial 5x3+1 constituídos de cinco níveis de lâmina de água aplicada (60, 80, 100, 120 e 140% da evaporação do tanque classe A (ECA)), três tipos de água (água residuária (AR), água pluvial (AP) e mistura de 50% de AR + 50% de AP) e testemunha (solo sem adubação e recebendo 100% da ECA de água pluvial). O delineamento experimental utilizado foi blocos ao acaso, com cinco blocos e uma repetição por bloco. A utilização de AR proporcionou acréscimos nos parâmetros de análise de crescimento avaliados. Os teores de macronutrientes presentes nas folhas das plantas irrigadas com AR se comportaram de forma semelhante às plantas que receberam AP e resultou em acréscimos de micronutrientes nas folhas principalmente Fe e Mn, acima dos teores recomendados para a cultura da heliconia. A irrigação com AR provocou aumento na concentração de sódio no solo e na PST, porém, não influenciou os valores de pH e acidez do solo quando comparados com a AP, bem como dos outros atributos químicos avaliados.

Palavras-chave: água residuária, heliconia, irrigação.

USE WASTEWATER IN HELICON PRODUCTION UNDER GREENHOUSE CONDITIONS

Author: Olívia Silva Nepomuceno Santos

Adviser: Vital Pedro da Silva Paz

Co-adviser: Thomas Vincent Gloaguen

ABSTRACT: The use of wastewater in agriculture is shown an alternative with great economic and environmental attractions, since its use in irrigation enables better water resources may be available to the population to more noble uses, in addition, the effluents have proven effective as a source of nutrients to plants. This study aimed to evaluate the feasibility of using treated wastewater of domestic origin for irrigation of *Heliconia psittacorum* L. cultivar Golden Torch Adrian, evaluating the development and nutritional status of plants and the soil properties. The experiment was conducted in a greenhouse in the trial of the Center for Soil and Water Engineering, Federal University of Bahia Recôncavo (NEAS / UFRB). We used plants of H. Golden adrian with three months of age. The experiment was installed in 5x3 +1 factorial scheme consisting of five levels of irrigation water applied (60, 80, 100, 120 and 140% of class A pan evaporation (ECA)), three types of water (wastewater (AR) rainwater (AP) and a mixture of 50% AR + 50% PA) and control (soil without fertilizer and 100% receiving ECA rainwater). The experimental design was randomized blocks with five blocks and one repetition per block. The use of AR provided increases in parameters of growth analysis evaluated. The levels of macronutrients in the leaves of plants irrigated with AR behaved similarly to plants that received AP and resulted in increases of micronutrients in the leaves mainly Fe and Mn concentrations above the recommended for the cultivation of heliconia. Irrigation with AR caused an increase in the concentration of sodium in soil and PST, but did not affect the pH and soil acidity when compared with the AP, as well as other chemical attributes evaluated.

Keywords: wastewater, heliconia, irrigation.

INTRODUÇÃO

Estudando a história do homem, constata-se que os vales fluviais férteis, que dispunham de água em abundância, foram os sítios iniciais da civilização, onde a maior parte da água utilizada destinava-se à agricultura, enquanto somente uma pequena parcela era consumida pela população. Com o passar dos anos, apesar da renovação do suprimento de água doce no mundo, através do contínuo processo de evaporação e precipitação, o problema da escassez de água surge pela desigual precipitação e do mau uso que se faz da água captada. Além disso, a população está crescendo mais rapidamente nos locais onde os problemas de escassez são mais preocupantes (SANTOS, 2003). O mesmo autor cita que no Oriente Médio, nove em cada quatorze países vivem em condições de escassez, seis dos quais devem duplicar a população dentro de 25 anos.

Atualmente, 81,2% da população brasileira vive em áreas urbanas, sendo que aproximadamente 40% desta população está concentrada em 22 regiões metropolitanas (IBGE, 2000). Analisando esse panorama, não é difícil identificar áreas com problema de escassez de água, onde a demanda excede a disponibilidade hídrica em regiões altamente urbanizadas. Os efeitos desta realidade fazem-se sentir sobre todo aparelhamento urbano relativo a recursos hídricos, ao abastecimento de água, ao transporte e ao tratamento de esgotos.

Assim como o consumo humano, a irrigação é uma das aplicações mais antigas destinadas à água e, dentre as atividades desenvolvidas pelo homem, a produção agrícola é a que utiliza maior quantidade, respondendo por cerca de 70% do consumo mundial de água (ITABORAHY et al., 2004). A prática da irrigação é, muitas vezes, a única possibilidade de garantir a produção agrícola, especialmente em regiões tropicais de clima quente e seco, como o Semi-árido do Nordeste Brasileiro (SANTOS et al., 2006). A importância da irrigação é refletida nos altos índices de produtividade de áreas irrigadas, em que apenas 18% do total de áreas agrícolas corresponde a aproximadamente 40% da produção agrícola mundial (BROWN et al, 2000).

Atualmente, a agricultura depende de suprimento de água em um nível tal que a sustentabilidade da produção de alimentos não poderá ser mantida, sem que critérios inovadores de gestão sejam estabelecidos e implementados em curto prazo. Essa condição é fundamentada pelo fato que o aumento da produção

agrícola não pode mais ser efetuado por meio da mera expansão de terra cultivada. Com poucas exceções, tais como áreas significativas no Nordeste Brasileiro, que vêm sendo recuperadas para uso agrícola; em contexto mundial, a terra arável se aproxima muito rapidamente de limites de expansão (HESPANHOL, 2003).

Torna-se evidente que outros mecanismos de gestão deverão ser implantados, para estabelecer equilíbrio entre oferta e demanda de água. Nesse contexto, o uso de águas residuárias na irrigação constitui um moderno e eficaz instrumento de gestão para garantir a sustentabilidade dos recursos hídricos.

A utilização de águas residuárias na agricultura é uma prática muito antiga, principalmente no sudoeste asiático e na China. Na Europa e Estados Unidos, no período entre os séculos XVI ao XIX, eram bastante conhecidas as “fazendas de esgotos”. Concebidas inicialmente para o tratamento de efluentes, através da disposição dos esgotos no solo, as águas dessas fazendas eram circunstancialmente aproveitadas para a produção de culturas (METCALF & EDDY, 1991). O tratamento de esgotos era o principal objetivo observado nessas primeiras experiências, mas logo depois surgiu o interesse pela irrigação, com a finalidade de viabilizar a produção agrícola.

Segundo Telles (2003) o desenvolvimento da microbiologia sanitária e a preocupação com a saúde pública levaram ao não aconselhamento do reuso agrícola nos meados do século XX, porém, mais recentemente, diversos fatores contribuíram para que o interesse por essa reutilização fosse renovado: avanço sobre o conhecimento do potencial e das limitações do reuso agrícola e suas vantagens, controle da poluição, racionalização do uso da água, economia de fertilizantes, reciclagem de nutrientes, aumento da produção agrícola, cobrança pelo uso da água e pelo lançamento de esgotos.

Dentre os diversos benefícios associados ao reuso agrícola, Hespagnol (2003) relata que a utilização de fertilizantes é diminuída substancialmente, ou até mesmo eliminada, com a utilização de águas residuárias na irrigação, isso porque os efluentes de sistemas convencionais de tratamento apresentam significativas concentrações de nutrientes essenciais ao crescimento das culturas, aumentando sua produtividade, além de proporcionar a adição de matéria orgânica, que age como condicionador do solo, melhorando a sua capacidade de retenção hídrica.

De acordo com Telles (2003) os esgotos sanitários apresentam teores de macro e micro nutrientes suficientes para atender uma grande parte das culturas. Ademais, os nutrientes mais importantes para as culturas, potencialmente disponíveis são o nitrogênio, o fósforo e, ocasionalmente, o potássio, zinco, boro e enxofre. O reaproveitamento do esgoto doméstico gerado em áreas urbanas possibilita o reciclo de nutrientes em áreas agrícolas cultiváveis. Em geral, só existe fluxo num sentido, ou seja, os alimentos são fornecidos de áreas agrícolas para áreas urbanas, não havendo retorno de nutrientes naturais da área urbana para a agricultura (ZANCHETA, 2007).

Considerando uma contribuição *per capita* de esgoto sanitário na faixa de 150 a 200 litros por habitante por dia e uma demanda de água para irrigação de 1.000 a 2.000 mm por ano, constata-se que o esgoto produzido por uma pessoa é suficiente para irrigar uma área de 30 a 70 metros quadrados. Em outras palavras, uma cidade de 50.000 habitantes produziria “água fertilizada” para atender a irrigação de cerca de 200 hectares. Como o efluente contém cerca de 15 a 35 mg de nitrogênio, de 5 a 10 mg de fósforo e cerca de 20 mg de potássio por litro, pode-se atingir taxas de aplicação de nutrientes de 150 a 700 kg de nitrogênio, 50 a 200 kg de fósforo e 200 a 400 kg de potássio, por hectare (TELLES, 2003).

Hespanhol (2003) cita benefícios ambientais decorrentes do reuso agrícola: minimização das descargas de esgotos em corpos d’água, preservação de recursos subterrâneos, conservação do solo pela acumulação de húmus e aumento da resistência à erosão, aumento da concentração de matéria orgânica do solo possibilitando maior retenção de água e, contribuição, principalmente em áreas carentes, para o aumento da produção de alimentos, elevando, assim, os níveis de saúde, qualidade de vida e condições sociais de populações.

O lançamento de efluente no solo também pode ser considerado como um tratamento natural, pois sua deposição, além de proporcionar benefícios às plantas, funciona como sistema de filtragem em que a parte da água é infiltrada no solo, indo reabastecer o lençol freático sem poluí-lo (PAGANINI, 2003).

Telles (2003) cita que, nas águas residuárias, além dos macro e micro nutrientes podem conter de 200 a 400 mg L⁻¹ de sais e cerca de 300 mg L⁻¹ de sólidos dissolvidos inorgânicos. Assim, a irrigação de culturas por meio de corpos d’água que recebem lançamento de esgoto sanitário, pode ser considerada

“fertirrigação” com água salina, com eventuais teores elevados de sódio e cloretos. A presença de sais em excesso, oriundos do próprio solo ou da água, reduz a disponibilidade hídrica para as plantas e pode influir na infiltração da água no solo; por isso usos específicos devem ter a qualidade da água avaliada por uma ou mais características químicas, físicas e biológicas.

Tendo em vista o potencial e as limitações da irrigação de culturas com águas residuárias, é necessário o manejo adequado e controlado, não devendo assumir caráter proibitivo e sim avaliar suas características, levando-se em consideração o tipo da cultura, o solo e a forma como esse produto será consumido (HESPANHOL, 2003). Nesse contexto, o uso de efluentes na irrigação de plantas ornamentais possui grande potencial como uma alternativa viável ambiental e economicamente.

Segundo o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), existem 2.500 produtores de flores no Brasil, gerando em torno de 300.000 empregos diretos e indiretos. Tal fato mostra a importância da floricultura na redução da evasão agrária e na melhoria da qualidade de vida do trabalhador rural (STRINGUETA et al., 2003).

Até meados da década de 50 do século passado a floricultura nacional foi inexpressiva economicamente, caracterizada como atividade secundária perante outras atividades agrícolas, utilizando tecnologia incipiente e se concentrando próxima às capitais da região sul e sudeste. Posteriormente, houve expansão do cultivo de flores e plantas ornamentais para o paisagismo, destinado principalmente a jardins. Com a implantação da Cooperativa Agropecuária Holambra, o comércio de plantas ornamentais foi profissionalizado, permitindo o aprimoramento das atividades desenvolvidas pelos produtores em termos de quantidade e qualidade dos produtos, passando a ser atendidos pelo sistema de comercialização moderno e transparente, conhecido como *veiling*. Esse sistema foi implantado em 1991 e conduziu a floricultura nacional ao seu estágio de desenvolvimento atual (NOMURA, 2008).

A Floricultura abrange um setor, além de reconhecidamente o mais tecnificado da agricultura, extremamente diverso. De uma maneira geral, toda espécie vegetal pode apresentar um uso ornamental, desde que bem enquadrada no ambiente a ser decorado e/ou na finalidade: jardins internos e externos, decorações, presentes, artesanato, etc. (TOMBOLATO, 2008). A introdução de

novos produtos ou o incremento da produção de espécies tropicais exóticas adaptadas às condições de cultivo no Brasil é de grande importância para a floricultura nacional.

Atualmente a produção de flores tropicais no Brasil tem potencial de mercado interno de mais de 150 milhões de consumidores e um mercado internacional que movimentava cerca de US\$ 9 bilhões por ano. Beleza, formas e cores diferenciadas e elevada durabilidade dos produtos estão entre as razões da aceitação das flores tropicais nos mercados nacional e internacional (AGRONEGÓCIOS, 2007).

Segundo Junqueira & Peetz (2007), as flores e folhagens tropicais, provenientes do Brasil, como helicônias, alpínias, bastão do imperador, ananás ornamental, dracenas, cordilines, são comercializadas na Europa, especialmente na Itália, Alemanha, Holanda e Polônia. Além disso, são exportadas na forma de buquês prontos para a exposição e comercialização direta nos pontos de venda, especialmente na Suíça, Portugal e França, com origem, principalmente, nos estados de Pernambuco, Alagoas e Ceará.

As flores tropicais têm condições de se firmar no mercado mundial de flores, pois as condições naturais de solo e clima do Brasil são características importantes para o aumento de sua participação nesse mercado.

No Brasil, principalmente na Região Nordeste, nos últimos dez anos, a floricultura tropical tem se destacado devido à grande demanda por diversos países. A alta produtividade em condições de irrigação tem proporcionado elevados retornos financeiros quando comparados a outras culturas locais, podendo chegar a ser trinta vezes maior que o do feijão e o do milho, e três vezes maior que o da videira e a mangueira (ASSIS et al., 2002).

A floricultura está inserida na agricultura irrigada e por apresentar vantagens tais como, maior rentabilidade por área cultivada, retorno mais rápido dos investimentos aplicados e capacidade de geração de empregos, pode ser vista como uma alternativa atrativa ao agricultor brasileiro (GONDIM et al., 2008).

A irrigação é a prática utilizada pela maioria dos produtores de flores e plantas ornamentais (95,74%), destacando-se o método por gotejamento (28,57%). Dos produtores do Nordeste, 17,02 % utiliza baixa tecnologia, 55,32%, média tecnologia e, 27,66% utilizam alta tecnologia (BRAINER, 2007).

A produção de flores em estufas representa 26% no setor, enquanto as plantações em tela apenas 3 %. Do total da área cultivada, 50,4% destina-se às mudas, 28,8% às flores de corte, 13,2% às flores em vasos, 3,1% às folhagens em vasos, 2,6% às folhagens de corte e 1,9% a outros produtos da floricultura (PORTAL FATOR BRASIL, 2007).

Apesar da expansão do cultivo de flores tropicais, são poucas as informações sobre as necessidades hídricas que podem subsidiar o manejo das irrigações. Sendo a irrigação uma técnica indispensável para a implantação de uma agricultura racional e para o aumento da produtividade das culturas em regiões de clima árido e semiárido, há necessidade de serem quantificados, dentre outros, os efeitos dos fatores climáticos sobre o consumo de água das culturas e os níveis de umidade dos solos capazes de promover o aumento da produtividade (GOMES et al., 2006).

Dentre as flores tropicais, destaca-se a helicônia, que no mercado de flores vem despontando com potencial de exploração, podendo ser fonte geradora de divisas. O gênero *Heliconia* é constituído por plantas herbáceas, com rizoma subterrâneo, comumente usado para propagação e, conforme a espécie, apresenta altura variando de 0,5 m até 10 m (PAIVA, 1998).

A *Heliconia psittacorum* x *H. spathocircinata* *Aristeguieta* é uma das espécies mais comercializadas no mundo. Destaca-se por ser muito produtiva e florescer o ano inteiro (COSTA, 2005). Sua inflorescência terminal é ereta e possui de quatro a oito brácteas de cor amarelo-alaranjada com flores alaranjadas em seu interior. Em relação à adequação como flor de corte, apresenta inflorescência leve, com brácteas dispostas em um mesmo plano, o que facilita o acondicionamento em caixas (LOGES et al., 2005).

De acordo com Castro (1995) o híbrido Golden Torch (*Heliconia psittacorum* x *H. spathocircinata* *Aristeguieta*) pode crescer de 0,75 a 2,7m e por ser bastante exigente em água, em locais onde ocorre déficit hídrico a irrigação deve ser realizada duas a três vezes por semana, podendo ser cultivada a pleno sol ou com sombreamento de até 40%.

Este trabalho foi realizado com o objetivo de estudar os efeitos do uso de água residuária tratada, no desenvolvimento e estado nutricional de plantas de *Heliconia psittacorum* x *H. spathocircinata* *Aristeguieta* cv. Golden Adrian cultivadas em casa de vegetação e nas características químicas do solo.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

AGRONEGÓCIOS. **Revista Fator Brasil**, 2007. Disponível em: <http://www.revistafator.com.br>. Acesso em 10 jan. 2010.

ASSIS, S.M.P.; MARIANO, R.R.L.; GONDIM Jr, M.G.C.; MENEZES, M.; ROSA, C.T. **Doenças e pragas das helicônias: Diseases and pests of Heliconias**. Recife: UFRPE, 2002. 102p.

BRAINER, M. S. C. P.; OLIVEIRA, A. A. P. **Perfil da floricultura no nordeste brasileiro**. Fortaleza: BNB-ETENE, 2007. 20 p. (Série Documentos do ETENE, v. 17). Disponível em: <http://www.bnb.gov.br/content/aplicacao/ETENE/Artigos/docs/floricultura.pdf>. Acesso em: 18 novembro 2009.

BROWN, L.R.; RENNER, M.; HALWEIL, B. **Sinais vitais 2000**: as tendências ambientais que determinarão nosso futuro. Salvador: UMA, 2000. 196 p.

CASTRO, C. E. F. de. **Helicônia para exportação: aspectos técnicos da produção**. Brasília: Embrapa / SPI, 1995. 44p. (Série Publicações Técnicas Frupex; 16).

COSTA, A. S. **Características agronômicas e genéticas de helicônias na Zona da Mata de Pernambuco**. 2005. 80p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2005.

GONDIM, R. S.; GOMES, A. R. M.; BEZERRA, F. C.; COSTA, C. A. G; PEREIRA, N. S. Estimativa da evapotranspiração e coeficiente de cultivo da *Heliconia bihai* L., cultivada em ambiente protegido. **Revista Brasileira de Horticultura Ornamental**, Campinas, v. 14, p. 23-25, 2008.

GOMES, A. R. M.; D'ÁVILA, J. H. T.; GONDIM, R. S.; BEZERRA, F. C.; BEZERRA, F. M. L. Estimativa da evapotranspiração e coeficiente de cultivo da *Heliconia psittacorum* L x *H. spathocircinata* (Arist) cultivada em ambiente protegido. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v.37, n.1, p.13-18, 2006.

HESPANHOL, I. Potencial de reúso de água no Brasil: Agricultura, indústria, município e recarga de aquíferos. In: MANCUSO, P. C. S.; SANTOS, H. F. **Reúso de água**. São Paulo: Manole, 2003. p. 37-95.

IBGE, **Censo Demográfico 2000**. Disponível em: <http://www1.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2000/default.shtm>.

Acesso em: 20 maio 2009.

ITABORAHY, C. R.; COUTO, L.; SANTOS, D. G.; PRETO, L. A.; REZENDE, L. S. **Agricultura irrigada e uso racional de água**. Brasília: Agência Nacional de Águas, Superintendência de conservação de água e solo, 2004. 30p.

JUNQUEIRA, H.; PEETZ, M.S. Exportações de flores e plantas próximas dos US\$ 30 milhões: um novo recorde para o Brasil, 2007. **Hortica Consultoria e treinamento**. Disponível em: www.hortica.com.br/publica.php. Acesso em: 20 maio 2009.

LOGES, V.; TEIXEIRA, M.C.F.; CASTRO, A.C.R.; COSTA, A.S. Colheita, pós-colheita e embalagem de flores tropicais em Pernambuco. **Horticultura Brasileira**, v.23, p.699-672, 2005.

METCALF, B.; EDDY, I. N. C. **Wastewater Engineering: treatment, disposal and Reuse**. 3. ed. New York : McGraw-Hill, 1991, 1848 p.

NOMURA, E. S. Diagnóstico da produção de flores tropicais na região do Vale do Ribeira. **Revista Brasileira de Horticultura Ornamental**, Campinas, v. 14, p. 23-25, 2008.

PAGANINI, W. S. Reúso de água na agricultura. In: MANCUSO, P. C. S.; SANTOS, H. F. **Reúso de água**. São Paulo: Manole, 2003. p. 339-401.

PAIVA, W. O. **Cultura de helicônia**. Fortaleza: EMBRAPA - CNPAT, 1998. 20p. (EMBRAPA-CNPAT. Circular Técnica, 2).

PORTAL FATOR BRASIL. Agronegócios. **Potencial brasileiro faz com que produtores de flores e plantas invistam no mercado interno.** set. 2007. Disponível em: http://www.revistafatorbrasil.com.br/ver_noticia.php?not=18455. Acesso em: 26 janeiro 2010.

SANTOS, H. F. A escassez e o reúso de água em âmbito mundial. In: MANCUSO, P. C. S.; SANTOS, H. F. (ed.). **Reúso de água.** São Paulo: Manole, 2003. p. 1-19.

SANTOS, M. B. H.; LIMA, V. L. A.; HAANDEL, A. C. V.; BELTRÃO, N. E. M.; SOUZA, A. P. Salinidade de um solo, irrigado com água residuária e adubado com biossólido. **Agropecuária Técnica**, Areia, v. 27, p. 30-36, 2006.

STRINGUETA, A. C. O.; LÍRIO, V. S.; SILVA, C. A. B.; REIS, B. S.; AGUIAR, D. R. D. Diagnóstico do segmento de produção da cadeia produtiva de flores e plantas ornamentais do Rio de Janeiro. **Revista Brasileira de Horticultura Ornamental**, Campinas, v.8, p.77-90, 2003.

TELLES, D. D'A. Aspectos da utilização de corpos d'água que recebem esgoto sanitário na irrigação de culturas agrícolas. In: NUVOLARI, A. **Esgoto sanitário: coleta, transporte, tratamento e reúso agrícola.** São Paulo: Edgard Blücher, 2003. p. 461-483.

TOMBOLATO, A. F. C. Protencial ornamental de espécies nativas. **Revista Brasileira de Horticultura Ornamental**, Campinas, v. 14, p. 27-28, 2008.

ZANCHETA, P. G. **Recuperação e tratamento da urina humana para uso agrícola.** 2007. 83p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Universidade Federal do Espírito Santo, 2007.

CAPITULO 1

**DESENVOLVIMENTO E ESTADO NUTRICIONAL DE HELICONIA IRRIGADA
COM ÁGUA RESIDUÁRIA TRATADA EM CASA DE VEGETAÇÃO**

DESENVOLVIMENTO E ESTADO NUTRICIONAL DE HELICONIA IRRIGADA COM ÁGUA RESIDUÁRIA TRATADA EM CASA DE VEGETAÇÃO

Autora: Olívia Silva Nepomuceno Santos
Orientador: Vital Pedro da Silva Paz
Co-orientador: Thomas Vincent Gloaguen

RESUMO: Estudos demonstraram que a produtividade agrícola aumenta significativamente em áreas fertirrigadas com águas residuárias de origem doméstica, desde que sejam adequadamente manejadas. Visando a produção de plantas ornamentais, ainda são insuficientes as informações disponíveis acerca do efeito da aplicação de águas residuárias tratadas para irrigação. A presente pesquisa teve como objetivo estudar o desenvolvimento e estado nutricional da heliconia irrigadas com água residuária tratada de origem doméstica, em Cruz das Almas – BA. Foram avaliados os efeitos da irrigação com água residuária, associados a fertilizantes químicos (N, P, K), sobre as variáveis de crescimento e estado nutricional das plantas. O experimento foi conduzido em casa de vegetação na área experimental do NEAS/UFRB. Utilizou-se plantas de *Heliconia psittacorum* x *H. spathocircinata* Aristeguieta cultivar Golden Torch com 3 meses de idade. O experimento foi instalado no esquema fatorial 5x3+1 constituídos de cinco níveis de lâmina de água aplicada (60, 80, 100, 120 e 140% da evaporação do tanque classe A (ECA)), três tipos de água (água residuária (AR), água pluvial (AP) e mistura de 50% de AR + 50% de AP) e testemunha (solo sem adubação e recebendo 100 % da ECA de água pluvial). O delineamento experimental utilizado foi blocos ao acaso, com cinco blocos e uma repetição por bloco. A utilização de AR e as lâminas maiores proporcionaram acréscimos nos parâmetros de análise de crescimento avaliados. Os teores de macronutrientes presentes nas folhas das plantas irrigadas com AR se comportaram de forma semelhante às plantas que receberam AP. O uso de AR e AP resultou em acréscimos de micronutrientes nas folhas, principalmente Fe e Mn, acima dos teores recomendados para a cultura da heliconia.

Palavras-chave: água residuária, nutrientes, lâmina de irrigação.

DEVELOPMENT AND NUTRITIONAL STATUS OF HELICONIA IRRIGATED WITH TREATED WASTEWATER IN A GREENHOUSE

Author: Olívia Silva Nepomuceno Santos

Adviser: Vital Pedro da Silva Paz

Co-adviserr: Thomas Vincent Gloaguen

ABSTRACT: Studies have shown that agricultural productivity increases significantly in areas fertigated with wastewater of domestic origin, provided they are properly managed. Aiming at the production of ornamental plants, there is still insufficient information available about the effect of treated wastewater for irrigation. This research aimed to study the development and nutritional status of heliconia irrigated with treated wastewater from domestic origin, in Cruz das Almas - BA. We evaluated the effects of irrigation with wastewater, associated with chemical fertilizers (N, P, K) on growth variables and nutritional status of plants. The experiment was conducted in a greenhouse in the experimental area NEAS / UFRB. We used plants of *Heliconia x psittacorum* H. *spathocircinata* Aristeguietia cultivar Golden Torch with 3 months of age. The experiment was installed in 5x3 +1 factorial scheme consisting of five levels of irrigation water applied (60, 80, 100, 120 and 140% of class A pan evaporation (ECA)), three types of water (wastewater (AR) rainwater (AP) in a mixture of 50% AR + 50% AP) and control (soil without fertilizer and 100% receiving ACE rainwater). The experimental design was randomized blocks with five blocks and one repetition per block. The use of AR and the slides provided greater increases in parameters of growth analysis evaluated. The levels of macronutrients in the leaves of plants irrigated with AR behaved similarly to plants that received AP. The use of AR and AP resulted in increases in the leaves of micronutrients, especially Fe and Mn, above the levels recommended for the cultivation of heliconia.

Keywords: wastewater, nutrients, irrigation.

INTRODUÇÃO

O desenvolvimento gerado pelo homem tem desfeito o conceito de que a disponibilidade hídrica é abundante e ilimitada, o que tem levado as questões sobre qualidade e economia da água a se tornarem cada vez mais importantes no contexto da gestão ambiental e da engenharia de irrigação.

As práticas agrícolas representam aproximadamente 70% de consumo mundial da água (HESPANHOL, 2003), consumo este abastecido geralmente com águas superficiais e sem manejo adequado da irrigação, o que significa um desperdício de água de boa qualidade.

O aumento do consumo de água e alimentos no mundo tem sido impulsionado pelo crescimento populacional, bem como, pelo crescimento das diversas atividades humanas. A disponibilidade de água potável tem sido gravemente afetada pelas diversas formas de poluição, o que a tem tornado cada vez mais escassa, fazendo do reuso de água uma alternativa bastante atrativa, principalmente na área agrícola. Segundo van der HOEK et al. (2002), as maiores vantagens do aproveitamento da água residuária para fins agrícolas residem na conservação da água disponível e na possibilidade de aporte e reciclagem de nutrientes e com isso reduz-se a necessidade de fertilizantes químicos.

A reutilização de águas ainda necessita de estudos específicos quando se refere às suas técnicas de aplicação, principalmente em países em desenvolvimento onde a infraestrutura sanitária existente é geralmente muito deficiente. De acordo com Léon & Cavallini (1999), estima-se que apenas 49% da população da América Latina seja beneficiada com redes de esgoto, despejando diariamente cerca de 40 milhões de metros cúbicos de águas residuárias em rios, lagos ou mares, causando impacto ecológico, social e econômico.

Buscando diminuir os efeitos impactantes de suas atividades, o homem vem procurando adequar-se à nova realidade, buscando tecnologias de menor custo para esse fim. Dentre as tecnologias disponíveis para o tratamento de água residuária de origem doméstica ou destino final dos efluentes líquidos, destaca-se o método de disposição de água no solo, cuja técnica vem sendo utilizada em grande escala, em vários locais do mundo, sobretudo em regiões áridas e semiáridas (MEDEIROS et al., 2005).

Estudos demonstraram que a produtividade agrícola aumenta significativamente em áreas fertirrigadas com águas residuárias de origem doméstica, desde que sejam adequadamente manejadas. Feigin et al. (1978) afirmam que a quantidade de nitrogênio adicionado ao solo por meio da irrigação com água residuária de origem doméstica, pode ser similar, ou até mesmo exceder a quantidade aplicada via fertilização nitrogenada recomendada.

Paganini (2003) relata que o aumento da extensão de terras áridas e a escassez de fertilizantes, em âmbito mundial, apontam para o aproveitamento dos nutrientes contidos nos esgotos. Este fato leva a reflexão da necessidade de estudos direcionados que atendam não só as técnicas adequadas de reuso de águas, mas que também possibilitem retornos econômicos satisfatórios com culturas que, uma vez irrigadas com água de qualidade inferior, além do possível aumento de rendimentos proporcionados pelo aporte de nutrientes, não venham a causar danos à saúde humana; neste cenário, o uso de águas residuárias na irrigação de plantas ornamentais se apresenta como uma alternativa bastante atrativa.

Atualmente a floricultura é um setor altamente competitivo, que exige a utilização de tecnologias avançadas, profundo conhecimento técnico pelos produtores e um sistema eficiente de distribuição e comercialização. O gasto com flores no Brasil em 1998 girou em torno de US\$ 6 *per capita*, ainda baixo se comparado à Noruega, maior consumidor de flores, que gasta cerca de US\$ 143 *per capita*. A diferença entre o consumo nacional e o consumo de outros países desenvolvidos permite inferir que há um imenso potencial no mercado de flores, ainda inexplorado no Brasil (NOMURA, 2008).

A sustentação econômica essencial da atividade é garantida pelo vigor do mercado interno, visto que as exportações, ainda que conquistando sucessivos recordes observados ao longo da presente década, pouco ultrapassa a cifra de U\$ 35 milhões em vendas anuais, ou o equivalente a 2,7% do valor total da produção, com crescentes embarques para a Holanda, EUA, Japão, Espanha, França e mais outros 30 diferentes destinos em todo o mundo (JUNQUEIRA & PEETZ, 2008).

A grande valorização nos países de clima temperado tem proporcionado um incremento na produção de flores tropicais, contribuindo para um aumento nas exportações brasileiras de flores e plantas em mais de 124% entre 2001 e 2006

(JUNQUEIRA & PEETZ, 2007). No Brasil, o cultivo de flores tropicais é realizado, principalmente, nos estados de Pernambuco, Alagoas, Ceará, Bahia, Sergipe, Pará, Amazonas, Rio de Janeiro, São Paulo e no Distrito Federal (JUNQUEIRA & PEETZ, 2005).

Dentre as flores tropicais destaca-se a helicônia que, no mercado de flores, vem despontando com potencial de exploração, cujas características possibilitam seu cultivo em diversas partes da região Nordeste, bastando observar os microclimas privilegiados, a disponibilidade de terra, água, mão-de-obra e tecnologias agrônomicas. Esses fatores são determinantes diretos da qualidade do produto, ao mesmo tempo em que permitem sensíveis ganhos competitivos via preço no mercado externo (SEBRAE, 2007).

A família Heliconiaceae apresenta 200 a 250 espécies (KRESS, 1990; ANDERSON, 1998), existindo cerca de 40 espécies nativas no Brasil, com alto grau de endemismo na floresta atlântica costeira, que juntamente com a bacia do rio Amazonas, correspondem às áreas primárias de distribuição do gênero no país (KRESS, 1990).

Segundo Lorenzi & Souza (2001) a *Heliconia psittacorum* x *H. spathocircinata* é um arbusto de textura herbácea, híbrido rizomatoso e entouceirado, obtido por cruzamento de *H. psittacorum* com *H. spathocircinata*, apresentando de 1,20-1,60 m de altura. As Heliconias são utilizadas geralmente como flor de corte sendo, porém, comercializada também em vasos, para uso em jardins e decoração de interiores, o que contribui para obtenção de mais retorno financeiro em pequenas áreas.

O cultivo em vaso de diversos tamanhos e em substrato adequado para o seu desenvolvimento, segundo Nomura (2008), é uma tendência mundial devido à grande preocupação com a preservação dos recursos naturais, porém, a falta de conhecimento técnico acaba limitando os benefícios dessa atividade, principalmente no que se refere ao manejo de algumas culturas em ambiente protegido (PIRES & ARRUDA, 2003).

O objetivo deste trabalho foi estudar o desenvolvimento e estado nutricional de plantas de *Heliconia Golden Torch Adrian* irrigadas com água residuária tratada, cultivadas em vaso em casa de vegetação.

MATERIAL E MÉTODOS

Caracterização da área experimental

O experimento foi conduzido em casa de vegetação na área experimental do Núcleo de Engenharia de Água e Solo da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, localizado no Município Cruz das Almas-BA, à latitude de 22°42' S, longitude 47°38' W e altitude de 220 m. O clima da região é classificado como úmido a sub-úmido, com umidade relativa e temperatura média anual de 80% e 24°C, respectivamente, e pluviosidade média anual de 1.143 mm (D'ANGIOLELLA et al., 1998).

A casa de vegetação utilizada é do tipo arco simples com 18 m de comprimento, 6,5 m de largura, pé-direito de 3,4 m, altura do arco de 1,50 m e orientação leste-oeste, sendo dotada de duas calhas laterais para recolhimento da precipitação pluvial. Os pilares de sustentação foram confeccionados em aço galvanizado. O ambiente é protegido no teto por filme transparente de polietileno de baixa densidade com 0,10 mm de espessura e aditivo anti-ultravioleta, e nas laterais por telas de sombreamento 'sombrite' 50 %. As laterais são protegidas por uma mureta de concreto de 0,3 m de altura. Com o objetivo de reduzir a temperatura do interior da casa de vegetação em dias muito quentes, foi instalada internamente, à 3,3 m de altura, uma malha termorrefletora (aluminet 50-I) com sombreamento de 50 a 54 % e tamanho do orifício de 2,5 x 10 mm.



Figura 01 – Casa de vegetação utilizada para condução do experimento

Delineamento experimental

O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso, com cinco blocos, em fatorial 5x3+1, constituídos de cinco lâminas de água aplicada (60, 80, 100, 120 e 140% da evaporação do tanque classe A (ECA), três tipos de água (água residuária (AR), água pluvial (AP) e mistura contendo 50%AR + 50%AP) e testemunha (solo sem adubação e recebendo 100 % da ECA de água pluvial). Foi utilizada uma planta por parcela, totalizando cinco plantas por tratamento.

Características físicas e químicas do solo

O solo utilizado foi coletado da camada 0 – 20 cm no campus da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia e classificado por Carvalho et al. (2002) como Latossolo Amarelo coeso A moderado, de baixa fertilidade química e apresentando horizontes subsuperficiais coesos.

O solo foi seco ao ar livre e posteriormente retirada uma amostra para análises químicas (Tabela 01) que foram realizadas no laboratório de solos da Empresa Baiana de Desenvolvimento Agrícola.

Tabela 01. Análise química do solo utilizado no experimento

pH	P	C	M.O.	K	Ca	Mg	H + Al	Al	Na	CTC
(água)	mg dm ⁻³	g kg ⁻¹		mmol _c .dm ⁻³						
5,1	12	6,5	11,2	1,0	7,1	7,2	30,4	1,5	0,2	45,9

Cultura, preparo das mudas e plantio

A cultura utilizada foi a *Heliconia psittacorum* x *H. spathocircinata* cultivar Golden Torch Adrian, cujas mudas (Figura 02) foram obtidas no projeto comunitário Flores da Bahia, no município de Cruz das Almas – BA. As mudas encontravam-se com três meses de idade e plantadas em sacos plásticos com capacidade de 3,0 L contendo composto orgânico. Na instalação do experimento as mudas foram retiradas dos sacos e submetidas a uma limpeza para remoção de solo e do excesso de raízes e depois imersas em água contendo 1% de

solução de hipoclorito de sódio, por 3 minutos, para desinfestação segundo recomendação de CHAGAS (2003).

Para o plantio foram utilizados 80 vasos com capacidade de 20 litros. No fundo destes adaptou-se um conector de 7mm de diâmetro e um tubo interligando o vaso a uma garrafa coletora. Os vasos foram preenchidos com solo (aproximadamente 15L) sob uma camada de brita de três cm.



Figura 02 – Mudas de *Heliconia psittacorum* x *H. spathocircinata* cultivar Golden Torch Adrian antes e após o processo de limpeza.

O solo foi elevado à capacidade de campo adicionando-se água aos vasos, até iniciar a percolação. Após o plantio as mudas foram irrigadas com 100% da ECA durante 30 dias para adaptação aos vasos; após este período deu-se início a aplicação dos tratamentos estabelecendo-se o turno de rega de dois dias e a irrigação foi feita de forma manual com o uso de proveta volumétrica.

As parcelas experimentais foram alocadas em bancadas, com 50 cm de distancia entre os vasos.



Figura 03 – Solo mantido na capacidade de campo e mudas após o plantio

Adubação

Foram realizadas adubações orgânica e química; a primeira foi realizada no plantio e consistiu-se na adição de 1,5L de esterco de curral curtido, homogeneizado ao solo, equivalendo a 10% do volume total de solo do vaso, segundo recomendação de KÄMPF et al. (2006); a segunda foi realizada com base nas recomendações de SOUSA (2006), no plantio e constou da aplicação de 150 mg de N/kg de solo, 50 mg de P/kg de solo, 125 mg de K/kg de solo (utilizou-se nitrato de cálcio, superfosfato simples e sulfato de potássio). A adubação foi fracionada aos 30, 60 e 90 dias, levando-se em consideração o aporte de nutrientes provenientes da água residuária. Para tanto, procedeu-se a análise de uma amostra da água para determinação dos teores de nitrogênio, fósforo e potássio. Através dos valores obtidos foi estimado o aporte de nutrientes ao longo do ciclo. A adubação química foi realizada tomando como base o valor obtido pela diferença entre os teores de nutrientes fornecidos pelo efluente e a recomendação para a cultura.

Água residuária

A água residuária utilizada no experimento foi proveniente da estação de tratamento de esgoto (ETE) da Empresa Baiana de Água e Saneamento (Embasa) do município de Cachoeira- BA (Figura 04). A água não foi submetida a nenhum tipo de tratamento posterior, exceto o realizado na ETE, através de sistema de lagoas de decantação com o objetivo de remover os sólidos grosseiros.



Figura 04 – Estação de tratamento de esgoto da Embasa/Cachoeira

Para estimar os aportes de nutrientes às plantas por meio da aplicação de água foram coletadas amostras de água, para determinação das principais características químicas que são apresentadas na Tabela 02.

Tabela 02. Características da água e efluente utilizados na irrigação

Determinações	Unidade	Água	Efluente
pH		6.7920	7,7660
Condutividade elétrica	dS m ⁻¹	0,02195	0,5348
Amônia (NH ₄ ⁺)	mg L ⁻¹	0.0298	12,5712
Nitrito (NO ₂ ⁻)	mg L ⁻¹	0.0046	0,1722
Nitrato (NO ₃ ⁻)	mg L ⁻¹	0.4517	13,0754
Sulfato (SO ₄ ²⁻)	mg L ⁻¹	5.6730	60,0884
Fósforo disponível	mg L ⁻¹	0.0972	4,2453
Potássio	mg L ⁻¹	0.4571	11,6202
Sódio	mg L ⁻¹	1.3714	57,1901
Cálcio	mg L ⁻¹	0,0000	5,6388
Magnésio	mg L ⁻¹	0,0000	8,0000
Sólidos totais	mg L ⁻¹	-	111,1120
RAS	mg L ⁻¹	-	15.4857

De acordo com as diretrizes para interpretar a qualidade da água de irrigação descrita por Ayers & Westcot (1991), o efluente utilizado encontra-se na faixa normal de pH (Tabela 02) e quanto a razão de adsorção de sódio (RAS) e condutividade elétrica não apresenta nenhuma restrição de uso (<0,7 dS m⁻¹).

Análise de crescimento e análise foliar

Foram monitoradas mensalmente as seguintes variáveis: altura da planta, diâmetro do pseudocaule, número de folhas e número de perfilhos.

Após o término do experimento as plantas foram divididas em parte aérea e subterrânea, para obtenção das respectivas matérias frescas e secas. A matéria seca foi determinada mediante secamento em estufa com circulação forçada de ar

a 70°C, até atingirem peso constante. Foram considerados como parte aérea as folhas, pseudocaule e perfilhos.

Para realização da análise foliar foram coletadas as folhas um, três e cinco que, após identificação, acondicionadas em sacos de papel e levadas a estufa de circulação forçada de ar a 70 ° C durante 72 horas. As amostras foram encaminhadas para o laboratório de Solos e Nutrição de Plantas da Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira (CEPLAC) para avaliação dos elementos minerais do tecido vegetal, onde determinou-se as concentrações de N, P, K, Ca, Mg, Zi, Cu e Mn.

A determinação da área foliar foi realizada através do método do disco foliar com diâmetro de 1,1 cm. Foram retirados 10 discos das folhas um, três e cinco, acondicionados em sacos de papel e levados a estufa até atingirem peso constante. A área foliar foi estimada com base na relação entre o peso da matéria seca dos discos, a soma das áreas de todos os discos e o peso da matéria seca total das folhas. O resultado foi obtido através da equação:

$$AF = \frac{AD \cdot MSF}{MSD} \quad (1)$$

Em que,

AF - área foliar (cm²);

AD - área do disco (cm²);

MSF – massa seca da folha (g);

MSD – massa seca do disco(g)

Controle de pragas

Ao longo do experimento foi verificada a ocorrência de pragas (Figura 05) como cochonilhas (*Dactylopius coccus*) e ácaros (*Polyphagotarsonemus latus*). Para o controle foram realizadas aplicações de inseticida de contacto e ingestão, (Produto comercial Decis ® - denominação química: (S)-a-cyano-3-phenoxybenzyl (1R,3R)-3-(2,2-dibromovinyl)- 2,2-dimethylcyclopropanecarboxylate) composto de Deltametrina 25 g L⁻¹ (2,5% m/v) e ingredientes Inertes: 886 g L⁻¹ (88,6% m/v), preparado na proporção de 4ml do produto para 10 litros de água, com aplicações conforme a incidência das pragas.



Figura 05- Folhas de heliconia com infestação de cochonilha e ácaro.

Análises estatísticas

Os dados referentes ao desenvolvimento das plantas e análise foliar foram submetidos à análise de variância ao nível de 5 % de probabilidade e as médias para os tipos de água, comparadas pelo teste de Tukey. Para as lâminas foi realizada análise de regressão. Utilizou-se o programa estatístico SAEG.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Análise de crescimento

Na Tabela 03 são apresentados os testes de média dos parâmetros de crescimento da planta em função do tipo de água. Na Figura 06 pode-se observar que as lâminas maiores proporcionaram melhor desenvolvimento das plantas, independente do tipo de água. No Apêndice 1 são apresentados os resultados da análise de variância para os parâmetros de análise de crescimento.

Para a altura pode-se verificar que houve diferença significativa entre os tipos de água e que as plantas irrigadas com AR e lamina de 140% da ECA apresentaram os maiores valores médios (73,30 cm); os menores valores foram observados nas plantas que receberam AP e lamina de 60% da ECA, assemelhando-se os tratamento testemunha que apresentou altura da 47,94 cm.

Para o diâmetro também verifica-se que a AR proporcionou maiores incrementos com o maior valor (1,58 cm) observado na planta irrigada com AR e

lamina de 140% e os menores nas plantas irrigadas com AP e mistura (1,22 cm), que por sua vez assemelharam-se ao tratamento testemunha que apresentou valor médio de 1,21 cm.

Tabela 03. Efeito dos tipos de água nos parâmetros de análise de crescimento das plantas, 180 dias após o plantio.

Tipo de água	Lâmina (% ECA)					Média
	60	80	100	120	140	
	Altura (cm)					Média
Água residuária	56,30	59,40	64,00	63,70	73,30	63,34 a
Água pluvial	51,66	59,10	57,10	61,66	63,60	58,62 b
Mistura	58,00	59,50	59,34	64,06	70,06	62,19 ab
Média	55,32	59,33	60,15	63,14	68,99	
	Diâmetro do pseudocaulo (cm)					Média
Água residuária	1,30	1,35	1,42	1,38	1,58	1,41 a
Água pluvial	1,22	1,26	1,22	1,33	1,40	1,29 b
Mistura	1,22	1,37	1,42	1,41	1,50	1,38 ab
Média	1,25	1,33	1,35	1,37	1,49	
	Número de perfilhos					Média
Água residuária	2,20	2,60	4,00	5,80	6,00	4,12 a
Água pluvial	2,60	3,60	4,20	4,20	5,80	4,08 a
Mistura	2,00	3,20	4,40	5,20	6,00	4,16 a
Média	2,27	3,13	4,20	5,07	5,93	
	Número de folhas					Média
Água residuária	8,00	12,00	18,20	22,00	23,80	16,80 a
Água pluvial	8,00	9,60	15,40	17,60	19,60	14,04 b
Mistura	8,00	8,80	14,00	20,60	23,00	14,88 ab
Média	8,00	10,13	15,87	20,07	22,13	

Médias seguidas das mesmas letras não diferem entre si pelo teste de Tukey (5%).



Figura 06 – Desenvolvimento das plantas de heliconia em função das lâminas de irrigação

O número de perfilhos não apresentou diferença significativa entre os tipos de água, porém, os maiores valores foram observados no tratamento que recebeu AR e lamina de 140% da ECA e os menores no tratamento com mistura e lâmina de 60% da ECA, valor igual ao observado no tratamento testemunha.

Assim como para as demais variáveis de crescimento analisadas o número de folhas também foi maior nas plantas irrigadas com AR e com a maior lamina (23,8), porém os menores valores foram observados nas lâminas de 60% da ECA, independente do tipo de água, indicando que as lâminas interferiram diretamente no desenvolvimento das plantas, pois o tratamento testemunha que recebeu 100% da ECA apresentou maior número de folhas (10,8).

De forma contrária Cerqueira (2006) avaliando a resposta da helicônia à aplicação de esgoto doméstico e água de riacho não encontrou diferença significativa entre os tipos de água havendo, contudo, uma maior altura para as plantas irrigadas com esgoto doméstico. Lucena (2004), utilizando água residuária na produção de mudas de flamboyant, observou que as plantas irrigadas com água residuária apresentaram melhores resultados, que se distanciaram dos tratamentos irrigados com água de abastecimento. Medeiros et al. (2007), por sua vez, estudando o uso de água residuária e manejo convencional com água de abastecimento no cultivo de gérberras verificou que as lâminas de água residuária que suplantaram as necessidades hídricas das plantas não apresentaram quaisquer benefícios adicionais, e que para as variáveis número de botões florais emitidos, número de flores colhidas, intervalo de emissão dos botões florais e de colheita de flores, e diâmetro das flores, não se observaram efeitos significativos das lâminas de água residuária aplicadas.

O melhor desenvolvimento observado nas plantas que receberam água residuária e mistura pode estar relacionado ao fracionamento do fornecimento de nutrientes, uma vez que todas as plantas recebem as mesmas doses de NPK diferindo, entretanto, a quantidade da adubação química, uma vez que nas plantas irrigadas com água residuária foi levado em consideração o aporte de nutrientes fornecidos pela água.

De acordo com Andreoli et al. (2005), a utilização de efluentes constitui uma forma de fertirrigação, com fornecimento de nutrientes de forma contínua e gradual. O fracionamento da adubação apresenta benefícios, pois considera que os fertilizantes na água de irrigação são aplicados nos locais de maior absorção e

prontamente acessíveis às plantas e que perdas gasosas ou por escorrimento superficial são minimizadas (TEIXEIRA et al., 2007).

Com a aplicação de lâminas crescentes verificou-se um aumento no crescimento das plantas. A água residuária proporcionou maiores incrementos para todas as variáveis analisadas, como pode ser visto na Tabela 04. Alves (2006), estudando a aplicação de diferentes lâminas na irrigação com água residuária no algodão, obteve melhores resultados no crescimento com a utilização da maior lâmina aplicada, que foi de 133% da evapotranspiração potencial máxima. No entanto Figueiredo et al. (2005) estudando a aplicação de diferentes lâminas de irrigação na produtividade da bananeira não verificou diferenças na produtividade com o acréscimo das lâminas.

Tabela 04. Incrementos observados nas variáveis de crescimento entre as lâminas de 60 e 140% da ECA.

Tipo de Água	Altura (cm)	Diâmetro (cm)	Número de perfilhos	Número de folhas
Água residuária	17,0	0,25	3,8	12,8
Água pluvial	11,94	0,18	3,2	11,00
Mistura	15,36	0,22	3,6	13,00

A Figura 07 representa as variáveis de crescimento considerando a aplicação da menor e a maior lâmina ao longo do tempo. Observa-se que, independente do tipo de água, para a variável altura a maior diferença é verificada a partir dos 90 dias após o plantio, ou seja, 60 dias após o início da aplicação dos tratamentos. Para diâmetro do pseudocaule, número de perfilhos e número de folhas essa diferença foi iniciada 60 dias após o plantio (30 dias após o início da aplicação dos tratamentos).

Os efeitos dos tipos de água nas variáveis de matéria seca da folha (MSF), parte aérea (MSPA), parte subterrânea (MSPS) e massa seca total (MST) são apresentados na Figura 08. Verificou-se que não houve diferença significativa entre os tipos de água para as variáveis massa seca da parte subterrânea e folha, entretanto, as plantas que receberam água residuária, independente da lâmina, apresentaram melhor desenvolvimento.

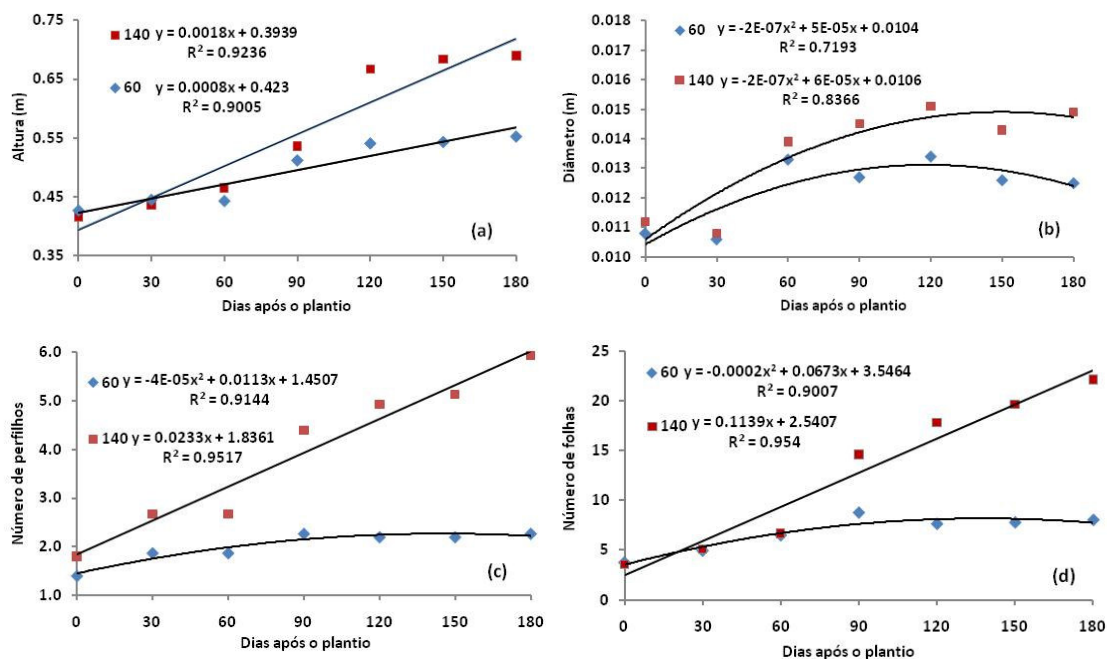


Figura 07 – Valores médios de altura (a), diâmetro (b), número de perfilhos (c) e número de folhas (d) de plantas de helicônias cultivadas em casa de vegetação, independente do tipo de água, para 60% e 140% da ECA.

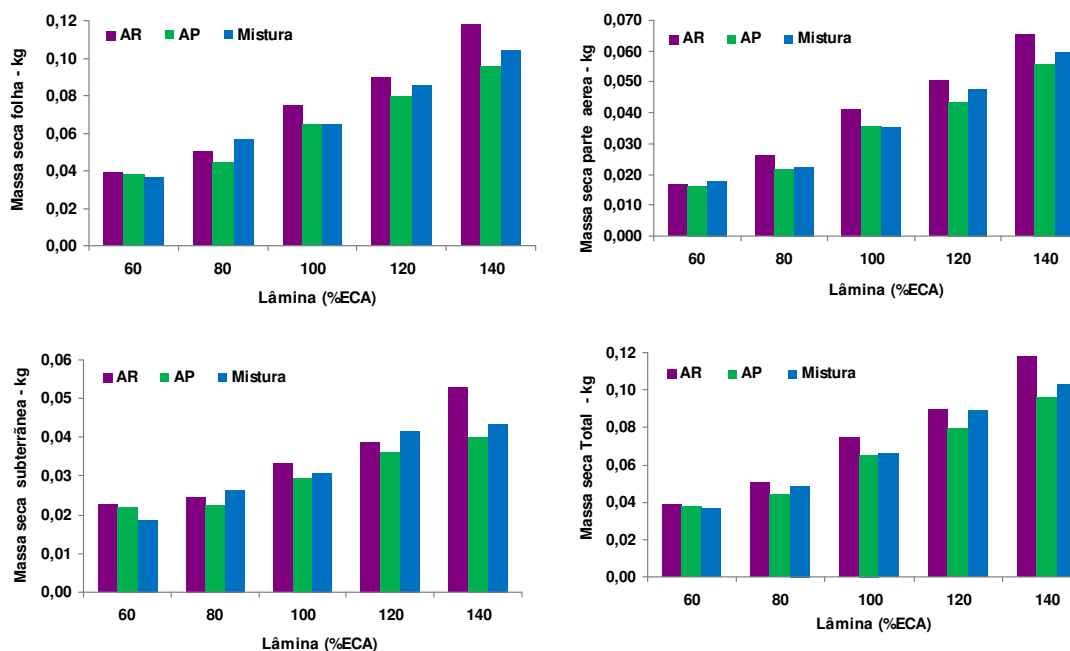


Figura 08 - Efeito dos diferentes tipos de água na matéria seca da folha, parte aérea, subterrânea e total de plantas de Heliconia Golden Torch Adrian, 180 dias após o plantio (AR – água residuária; AP – água potável; M – mistura).

No Quadro 01 estão apresentadas as equações da análise de regressão para MSF, MSPA, MSPS e MST de Heliconia Golden Torch Adrian, 180 dias após o plantio.

QUADRO 01 – Equações de regressão para MSF, MSPA, MSPS, MST de Heliconia Golden Torch Adrian, 180 dias após o plantio.

Massa seca da folha	AR	$y = 0.0383x + 0.5185$ ($R^2 = 0.8898$)
	AP	$y = 0.0151x + 0.0195$ ($R^2 = 0.9826$)
	MISTURA	$y = 0.0164x + 0.0206$ ($R^2 = 0.9857$)
Massa seca parte aérea	AR	$y = 0.0122x + 0.0035$ ($R^2 = 0.994$)
	AP	$y = 0.0101x + 0.0043$ ($R^2 = 0.9857$)
	MISTURA	$y = 0.0109x + 0.004$ ($R^2 = 0.9799$)
Massa seca parte subterrânea	AR	$y = 0.0075x + 0.0119$ ($R^2 = 0.9384$)
	AP	$y = 0.005x + 0.0151$ ($R^2 = 0.9574$)
	MISTURA	$y = 0.0065x + 0.0127$ ($R^2 = 0.9647$)
Massa seca total	AR	$y = 0.0197x + 0.0154$ ($R^2 = 0.9813$)
	AP	$y = 0.0151x + 0.0195$ ($R^2 = 0.9826$)
	MISTURA	$y = 0.0174x + 0.0167$ ($R^2 = 0.9896$)

AR – água residuária; AP – água potável; M – mistura

Para massa seca da parte aérea foi observado que a AR diferiu estatisticamente dos demais tipos de água, bem como do tratamento testemunha que apresentou massa de 0,018102 kg. Observa-se (Figura 07) que independente do tipo de água as lâminas proporcionaram acréscimos na massa seca da parte aérea e total havendo, porém, diferença significativa entre os tipos de água também para a massa total, nesse caso, com os maiores valores observados no tratamento onde foi realizada irrigação com AR e mistura. A massa seca total de todos os tratamentos também diferiram do tratamento testemunha que apresentou massa de 0,0459 kg.

Para massa seca das folhas, bem como da parte subterrânea foi verificado comportamento semelhante, com os maiores valores observados nas plantas irrigadas com AR e lamina de 140% da ECA. O valor médio (0,0278 kg) observado no tratamento testemunha para massa seca da parte subterrânea assemelham-se aos observados nas lâminas de 60 e 80% da ECA. Já para a

massa seca das folhas foi observado na testemunha valor de 0,0074 kg, muito abaixo dos outros tratamentos.

Fonseca (2001), avaliando as características do milho irrigado com efluente de esgoto tratado verificou que a irrigação com efluente contribuiu para o incremento da matéria seca da planta. Alves (2006), também estudando o efeito da fertirrigação com água residuária na cultura do algodão, encontrou resultados satisfatórios na avaliação da matéria seca das plantas. Galbiatti (2007), no entanto, não observou diferenças marcantes quanto à utilização com água residuária ou tratada na irrigação de alface.

A área foliar, independente da lâmina aplicada apresentou maiores resultados nas plantas irrigadas com água residuária, exceto para lamina correspondente a 60% de ECA, não havendo, entretanto, diferença significativa entre a mistura e a água pluvial (Figura 09). A maior área foliar foi verificada no tratamento que recebeu água residuária e lamina de 140% da ECA (0,2300 m²). O menor valor foi observado no tratamento que recebeu água pluvial e lamina de 60% da ECA (0,0540 m²), seguido do tratamento testemunha que apresentou 0,0569 m². O resumo da análise de variância referente à análise foliar são apresentados no Apêndice 2.

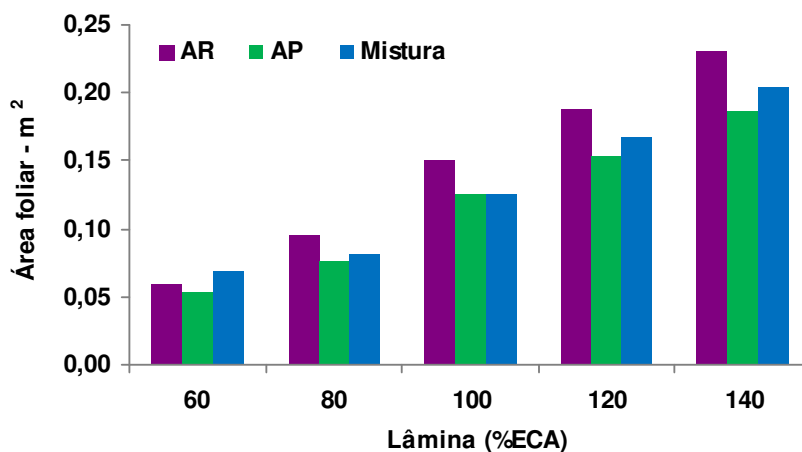


Figura 09.- Área foliar de plantas de Heliconia Golden Torch Adrian irrigadas com diferentes tipos de água, 180 dias após o plantio.

Castro (2007), avaliando a deficiência de macronutrientes em planta de helicônia obteve, para o tratamento completo, valores médios de área foliar de 0,2991 m², o autor adotou nesse caso outra metodologia na qual a área foliar foi estimada multiplicando-se o produto do comprimento e da largura da folha por 0,4 (modificado de Moreira, 1987), observa-se com isso que a diferença com os valores aqui apresentados podem estar relacionados à diferença entre os métodos utilizados nessa determinação.

Estado nutricional das plantas

Macronutrientes

Os valores médios dos macronutrientes presentes nas folhas de helicônia estão apresentados na Tabela 05. Para os teores de N não houve diferença significativa entre os tipos de água analisadas, também não houve diferença quando comparados com o tratamento testemunha que apresentou teor de 25,70 g kg⁻¹. A publicação *Plant Analysis Handbook*, citada por Lamas (2004), apresenta os níveis ótimos de macro e micronutrientes para plantas de helicônia do grupo *Psittacorum*. Observa-se, entretanto, que os teores de nitrogênio encontrados nas plantas estão maiores que os recomendados. O resumo da análise de variância referente aos macronutrientes nas folhas de heliconia encontra-se no Apêndice 3.

Sousa (2006), avaliando o efeito do calcário dolomítico em plantas de *Heliconia psittacorum* x *H. spathocircinata* cultivar Golden Torch, encontrou níveis semelhantes de N nas folhas, não estando, também, dentro do nível adequado da recomendação citada. Cerqueira (2006), avaliando o uso de efluente e Castro (2007), avaliando a deficiência de macronutrientes na mesma cultura também encontrou níveis acima da recomendação. Fonseca (2001), usando efluentes na irrigação de milho, relata que o efluente contribuiu para o aumento dos teores de N nas plantas, teores estes mais altos inclusive que das plantas cultivadas com manejo convencional.

Marengo (2007) discorre a respeito da relação do N com outros elementos e que a proporção de N/P deve ser em torno de 10-12. Foi observado, entretanto, um valor de 22,31, o autor cita que valores acima de 16 é um indicativo de deficiência de P.

Tabela 05. Teores médios dos macronutrientes nas folhas de helicônia e comparação de médias pelo teste de Tukey (5%).

Tipo de água	Lâmina (% ECA)					Média	Recomendação *
	60	80	100	120	140		
N (g kg ⁻¹)							
Água residuária	24,32	26,36	27,10	25,12	24,96	25,57 a	N (g kg ⁻¹) 16,7 – 17,9
Água pluvial	26,37	26,51	21,95	26,96	25,54	25,47 a	
Mistura	24,55	28,00	26,63	25,37	27,58	26,42 a	
Média	25,08	26,96	25,23	25,82	26,03		
P (g kg ⁻¹)							
Água residuária	1,20	1,15	1,18	1,28	1,20	1,20 a	P (g kg ⁻¹) 2,7 – 3,8
Água pluvial	1,17	1,26	0,44	0,51	1,63	1,00 b	
Mistura	1,18	1,31	1,25	1,27	1,37	1,28 a	
Média	1,18	1,24	0,96	1,02	1,40		
K (g kg ⁻¹)							
Água residuária	17,49	17,57	17,71	18,35	17,39	17,70 a	K (g kg ⁻¹) 12,7 – 21,3
Água pluvial	16,02	17,77	14,87	19,30	18,75	17,34 a	
Mistura	17,98	18,86	19,02	19,08	20,28	19,04 a	
Média	17,17	18,06	17,20	18,91	18,80		
Ca (g kg ⁻¹)							
Água residuária	7,62	7,54	7,38	7,26	8,34	7,63 a	Ca (g kg ⁻¹) 7,5 – 8,1
Água pluvial	6,74	6,46	7,44	6,63	6,88	6,83 a	
Mistura	7,25	7,52	7,48	6,80	7,00	7,21 a	
Média	7,20	7,17	7,44	6,90	7,41		
Mg (g kg ⁻¹)							
Água residuária	4,11	3,88	3,95	3,99	4,19	4,02 a	Mg (g kg ⁻¹) 3,3 – 3,8
Água pluvial	3,75	3,73	3,33	3,79	3,52	3,62 b	
Mistura	3,88	3,66	3,99	4,11	4,32	3,99 ab	
Média	3,91	3,76	3,76	3,96	4,01		

Médias seguidas das mesmas letras não diferem entre si pelo teste de Tukey (5%); *Plant Analysis Handbook, citada por Lamas (2004).

Para os teores de fósforo observa-se que as plantas irrigadas com água residuária e mistura apresentaram teores mais altos, diferindo estatisticamente das plantas irrigadas com água pluvial, porém os teores encontrados estão abaixo da recomendação. Os teores encontrados estão também abaixo dos níveis encontrados por Cerqueira (2006) para helicônia, Borges & Caldas (2004) e Junior et al. (2006) para a cultura da bananeira, e também, da faixa recomendada

por Silva & Rodrigues (2001) para bananeira, que varia de 1,8 a 2,7 g/kg. Os tratamentos também não diferiram da testemunha que apresentou valor médio de 1,17 g kg⁻¹. Segundo Brady (1989) a disponibilidade de P para os vegetais é determinada, em grau razoável, pela forma iônica desse elemento e esta determinada pelo pH da solução em que o íon é encontrado.

Os teores de potássio não apresentaram diferença significativa entre os tipos de água e variaram de 17,42 a 18,77 g kg⁻¹, estando dentro da faixa descrita no Plant Analysis Handbook citada por Lamas (2004) que é de 12,7 a 21,3 g kg⁻¹, também não diferiu da testemunha que apresentou valor médio de 18,64 g kg⁻¹. De acordo com Boaretto (1999), citado por Marengo (2007), as concentrações de P adequadas para a maioria das culturas estão na faixa de 15 a 30 g kg⁻¹. Sousa (2006), para esta variável, encontrou valores abaixo da recomendação, Cerqueira (2006), porém, encontrou valores dentro da faixa recomendada. Feigin et al. (1984), utilizando efluente e água tratada na irrigação de algodão não observou diferença significativa entre os tipos de água para teores de N, P e K, verificando, porém, que houve um maior acúmulo de K nas plantas irrigadas com efluente.

O cálcio também não apresentou diferença significativa entre os tipos de água, contudo, apenas as plantas irrigadas com água residuária apresentaram teores dentro da faixa recomendada, as demais apresentaram valores menores que a recomendação, os tratamentos também não diferiram da testemunha (7,34 g kg⁻¹).

O magnésio apresentou diferença significativa entre os tipos de água, os maiores teores foram observados nas plantas que receberam água residuária e a mistura, estando esses valores um pouco acima da recomendação, as plantas irrigadas com água pluvial apresentaram valores dentro da faixa recomendada, os tratamentos não diferiram da testemunha que apresentou valor de 3,86 g kg⁻¹. Medeiros (2008), estudando a influência da aplicação de cinco lâminas de água residuária sobre o “status” nutricional do cafeeiro, verificou que a adoção dos manejos não foram efetivos para elevar as concentrações dos macro e micronutrientes nas folhas, a níveis considerados adequados para a cultura do cafeeiro, porém se verificou que a adoção do manejo com água residuária foi mais efetiva na melhoria do estado nutricional do cafeeiro que o manejo convencional.

Micronutrientes

Na Tabela 06 é apresentado o teste de média para os teores de micronutrientes na folhas de heliconia em função dos tipos de água, onde pode ser verificado que para os teores de Fe houve diferença significativa entre os tipos de água em que a mistura apresentou os maiores teores com $217,45 \text{ mg kg}^{-1}$, o tratamento testemunha não diferiu das águas residuária e pluvial com valor médio de $188,89 \text{ mg kg}^{-1}$, observa-se entretanto que os valores estão muito acima dos recomendados por Plant Analysis Handbook, citada por Lamas (2004). Segundo Malavolta et al. (1997), a absorção de ferro é influenciada pelos cátions K, Ca e Mg, pois estes no solo favorecem ao aumento do pH, promovendo com isso a redução da absorção de ferro pelas plantas, pois formam compostos na forma de Fe^{3+} , que são insolúveis. O resumo da análise de variância referente aos micronutrientes nas folhas de heliconia encontra-se no Apêndice 4.

Para os teores de Zn não houve diferença significativa entre os tipos de água, porém verifica-se que apenas as plantas irrigadas com a mistura apresentaram teor de zinco dentro da faixa recomendada, o tratamento testemunha não diferiu dos demais tipos de água com valor médio de $12,57 \text{ mg kg}^{-1}$. Para o cobre foi verificada diferença significativa entre os tipos de água, onde a água residuária apresentou maiores teores estando, entretanto abaixo da recomendação. O tratamento testemunha, assim como a água residuária diferiu estatisticamente dos outros tipos de água apresentando valor médio de $5,08 \text{ mg kg}^{-1}$.

Para Mn não houve diferença significativa entre os tipos de água bem como entre a testemunha ($409,09 \text{ mg kg}^{-1}$), porém assim como para o Fe os valores estão muito acima do recomendado. Segundo Pavan et al. (1982) a toxidez do manganês é um dos principais fatores que prejudicam o crescimento das plantas, o excesso deste micronutriente geralmente afeta mais severamente a parte aérea do que as raízes e, aparentemente, as plantas absorvem e transportam o manganês em excessivas quantidades, o que resulta acúmulo nas folhas.

Os teores de micronutrientes encontrados assemelham-se aos encontrados por Cerqueira (2006) e Sousa (2006) para a cultura da heliconia. Ressalta-se ainda que o aumento das lâminas não foi suficiente para proporcionar acréscimos nos teores de Zn e Cu nas folhas.

Tabela 06. Teores médios dos micronutrientes nas folhas de helicônia e comparação de médias pelo teste de Tukey (5%).

Tipo de água	Lâmina (% ECA)					Média	Recomendação*
	60	80	100	120	140		
Fe (mg kg⁻¹)							
Água residuária	124,04	130,92	137,80	123,06	124,04	127,97 b	Fe (mg kg ⁻¹) 30 - 40
Água pluvial	125,02	114,21	201,67	190,86	178,08	161,97 b	
Mistura	209,85	305,82	290,10	147,62	133,87	217,45 a	
Média	152,97	183,65	209,85	153,85	145,33		
Zn (mg kg⁻¹)							
Água residuária	12,27	13,45	12,57	16,42	18,49	14,64 a	Zn (mg kg ⁻¹) 16 - 23
Água pluvial	14,94	14,49	11,97	16,27	16,12	14,76 a	
Mistura	11,78	20,13	14,93	19,83	17,60	16,85 a	
Média	12,99	16,02	13,16	17,51	17,41		
Cu (mg kg⁻¹)							
Água residuária	6,54	3,61	4,10	3,61	3,61	4,29 a	Cu (mg kg ⁻¹) 5 - 8
Água pluvial	3,61	1,17	3,12	3,12	1,66	2,54 b	
Mistura	1,98	1,66	1,66	1,17	1,17	1,53 c	
Média	4,04	2,15	2,96	2,63	2,15		
Mn (mg kg⁻¹)							
Água residuária	493,93	510,44	585,10	685,55	532,88	561,58 a	Mn (mg kg ⁻¹) 26 - 93
Água pluvial	605,60	665,62	532,48	545,17	401,23	550,02 a	
Mistura	484,40	724,59	624,63	519,30	480,34	566,65 a	
Média	527,97	633,55	580,74	583,34	471,49		

Médias seguidas das mesmas letras não diferem entre si pelo teste de Tukey (5%); *Plant Analysis Handbook, citada por Lamas (2004).

Florescimento

Ao término das avaliações na casa de vegetação as plantas encontravam-se com nove meses de idade, período no qual florescera apenas uma planta. Castro (1995) cita que o florescimento das helicônias do grupo *Psittacorum* ocorre a partir do sexto mês após o plantio. Artimonte (2008) relata que vários fatores podem levar ao atraso da floração, que podem ser ambientais, como umidade, temperatura, luminosidade, ou endógenos, como nutrição e hormônios vegetais.

Como exemplo nutricional, plantas sob deficiência de P apresentam atraso no florescimento (Malavolta, 2006), há também relatos na literatura sobre os efeitos do N sobre a duração do ciclo: Lahav (1995) afirmou que incrementos no

fornecimento de N causaram alongamento no ciclo, especialmente entre a emissão da inflorescência e colheita. Borges et al. (1997) observaram que doses crescentes de N prolongaram o ciclo em bananeira 'Prata-Anã'. Castro (2007), avaliando a deficiência nutricional em plantas de helicônia obteve florescimento, para o tratamento completo, a partir de 186 dias após o plantio.

Os baixos teores de P encontrados nas folhas podem ser um indicativo de que esses teores possam ter propiciado o atraso do florescimento, uma vez que os teores de N estão próximos dos encontrados por outros autores (CASTRO, 2007; CERQUEIRA, 2006; SOUSA, 2006).

As helicônias *Psittacorum* podem ser cultivadas a sol pleno ou meia sombra (CASTRO, 1995), entretanto, em geral, o sombreamento excessivo pode afetar o florescimento de forma negativa (CHILEY, 1999). Costa (2005), avaliando as características genéticas e agrônômicas de heliconias, para a *Heliconia psittacorum* x *H. spathocircinata* cultivar Golden Torch Adrian, observou a emissão da inflorescência 128 dias após a emissão do perfilho. O mesmo autor verificou, também, que houve uma diferença de 12 dias entre a emissão de plantas da cultivar Golden Torch, cultivadas a pleno sol e meia sombra, sendo que esta última apresentou florescimento mais tardio, 111 dias após a emissão do perfilho.

CONCLUSÕES

1. A utilização de água residuária proporcionou acréscimos nos parâmetros de análise de crescimento avaliados.
2. Os teores de macronutrientes presentes nas folhas das plantas irrigadas com água residuária apresentaram valores maiores que as plantas que receberam água pluvial;
3. O uso de água residuária e pluvial resultaram em acréscimos de micronutrientes nas folhas principalmente Fe e Mn, acima dos teores recomendados para a cultura da heliconia.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

ALVES, W. A. **Fertirrigação com água residuária na cultura do algodão de fibra marrom**. 2006. 190p. Tese (Doutorado em Recursos Naturais) – Universidade Federal de Campina Grande, 2006.

ANDERSSON, L. Heliconiaceae. In: K. Kubitzki (ed.). **The Families and Genera of Vascular Plants. IV. Flowering Plants. Monocotyledons. Alismatanae and Commelinanae (except Gramineae)**. Springer, Berlin. 1998, p. 226-230.

ANDREOLI, C.; PEGORINI, E. S.; TAMANINI, C. R. Parâmetros para normatização do reúso agrícola. In: GHEYI, H. R.; MEDEIROS, S. S.; SOARES, F. A. L. (org). **Uso e Reúso de Águas de Qualidade Inferior: Realidades e Perspectivas**. Transcrição das palestras e contribuições voluntárias do Workshop Uso e Reúso de Águas de Qualidade Inferior: Realidades e Perspectivas. Campina Grande, PB: UFCG/ UEPB. 2005, 535p.

AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. **A Qualidade da Água na Agricultura**. Tradução: H. R. Gheyi e J.F. de Medeiros. Campina Grande, PB. UFPB/PRAI/CCT. 218p (Tradução de: Water Quality for Agriculture. FAO, Rome, 1985). 1991. 218p.

BORGES, A. L.; CALDAS, R. C. Teores de nutrientes nas folhas de bananeira, cv. Pacovan, sob irrigação. **Ciência Agrotecnica**, Lavras, v. 28, p. 1099-1106, 2004.

BORGES, A.L.; SILVA, J.T.A.; OLIVEIRA, S.L. Adubação nitrogenada e potássica para bananeira cv. Prata Anã irrigada: produção e qualidade dos frutos no primeiro ciclo. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.19, p.179-84, 1997.

BRADY, N.C. **Natureza e Propriedades dos Solos**. Rio de Janeiro: Freitas Bastos, 1989.

CASTRO, A. C. R. **Deficiência de macronutrientes em Helicônia 'Golden torch'**. 2007. 102p. Tese (Doutorado em Botânica) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2007.

CASTRO, C. E. F. de. **Helicônia para exportação**: aspectos técnicos da produção. Brasília: Embrapa / SPI, 1995. 44p. (Série Publicações Técnicas Frupex; 16).

CARVALHO, S. R. L.; REZENDE, J. O.; FERNANDES, J. C.; PEREIRA, A.P. Caracterização e avaliação de leguminosas e gramíneas com alto poder relativo de penetração de raízes em solo coeso dos tabuleiros costeiros do recôncavo baiano - Etapa I. **Magistra**, Cruz das Almas, v. 14, n. 1, 2002. Disponível em: <http://www.magistra.ufrb.edu.br/publica/magist14/02-14-04c.html>. Acesso em 03 de jan. 2010.

CERQUEIRA, L. L. **Aplicação de efluente de estação de tratamento de esgoto doméstica na irrigação de plantas ornamentais**. 2006. 65 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) - Universidade Federal da Bahia, Cruz das Almas, 2006.

CHAGAS, A. J. C. Sistema de produção para a floricultura tropical. XXXIII Semana do Engenheiro Agrônomo. Associação dos Engenheiros Agrônomos de Pernambuco (AEAPE). Recife, 2003.

COSTA, A. S. **Características agronômicas e genéticas de helicônias na Zona da Mata de Pernambuco**. 2005. 80p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal Rural Pernambuco, Recife, 2005.

CHILEY, R. A. Landscaping with heliconias, gingers and their relatives. **Acta Horticulturae** (ISHS), v. 486, p. 247-254, 1999.

D'ANGIOLELLA, G. L. B.; CASTRO NETO, M. T. ; COELHO, E. F. Tendências climáticas para os Tabuleiros Costeiros da região de Cruz das Almas, BA. In:

Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, 27, 1998, Poços de Caldas. **Anais...** Lavras, SBEA, 1998, v. 1, p.43-45.

FEIGIN, A.; VAISMAN, I.; BIELORAI, H. Drip Irrigation of Cotton with Treated Municipal Effluents: II. Nutrient Availability in Soil. **Journal of Environmental Quality**, v. 13, p. 234-238, 1984.

FEIGIN, A.; Bielorai, H.; Dag, Y.; Kipnis, T.; Giskin, M. The nitrogen factor in the management of effluent- irrigated soils. **Soil Science**, v.125, n.4, p.248-254, 1978.

FIGUEIREDO, F. P.; OLIVEIRA, F. G.; PEREIRA, M. C. T. Efeitos de diferentes lâminas de irrigação na produtividade de bananeira 'prata anã' cultivada no norte de Minas Gerais. **Revista Ceres**, v. 52, n. 305, p. 429-433, 2005.

FONSECA, A. F. **Disponibilidade de nitrogênio, alterações nas características do solo e do milho pela aplicação de efluente de esgoto tratado**. 2001. 126p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade de São Paulo, 2001.

GALBIATTI, J. A.; CAVALCANTE, I. H. L.; RIBEIRO, A. G.; BECKMANN-CAVALCANTE, M. Z. Fertirrigação e qualidade de água de irrigação no crescimento e desenvolvimento de alface. **Scientia Agraria**, Curitiba, v. 8, p. 185-192, 2007.

HESPANHOL, I. Potencial de reúso de água no Brasil: agricultura, indústria, município e recarga de aquíferos. In: MANCUSO, P. C. S.; SANTOS, H. F. **Reúso de água**. São Paulo: Manole, 2003. p. 37-95.

JUNIOR, E. R. D., BÔAS, R. L. V., LEONEL, S.:. FERNANDES, D. M. Avaliação nutricional em folhas de bananeira 'prata-anã' adubadas com composto orgânico. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 28, n. 1, p. 109-112, 2006.

JUNQUEIRA, H.; PEETZ, M.S. **Exportações de flores e plantas próximas dos US\$ 30 milhões: um novo recorde para o Brasil**. Hortíca Consultoria e

treinamento. São Paulo, 2005. Disponível em: www.hortica.com.br/publica.php. Acesso em: 20 nov., 2009.

JUNQUEIRA, A.H.; PEETZ, M.S. Las exportaciones brasileñas de flores y plantas ornamentales crecen más del 124% entre 2001 y 2006. **Horticultura Internacional**, n.56, p.76-78, 2007.

JUNQUEIRA, A. H.; PEETZ, M. S. Exportações de flores e plantas ornamentais superam US\$ 35 milhões em 2007: recorde e novos desafios para o Brasil. **Hórtica Consultoria e Treinamento**, 2008, 8p.

KÄMPF, A. N.; TAKANE, R. J.; SIQUEIRA, P. T. V. **Floricultura: Técnicas de preparo de substratos**. 1. ed. Brasília: LK Editora e Comunicação, 2006. v. 1. 132 p.

KRESS, W.J. The phylogeny and classification of the Zingiberales. **Annals of the Missouri Botanical Garden**, 1990, p.698-721.

LAHAV, E. Banana nutrition. In: GOWEN, S. (Ed.). **Bananas and plantains**. London: Chapman & Hall, 1995. p.258-316.

LAMAS, A. M. **Flores: produção, pós-colheita e mercado**. Fortaleza: Instituto Frutal, 2004, 109p.

LÉON, G.S.; CAVALLINI, J.M. **Tratamento e uso de águas residuárias**. Campina Grande: Universidade Federal da Paraíba, 1999. 110 p.

LORENZI, H; SOUZA, H. **Plantas ornamentais do Brasil**. São Paulo: Plantarum, 2001,p. 783-784.

LUCENA, A. M. A. **Utilização de água residuária na produção de mudas de flamboyant**. 2004. 59p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Campina Grande, 2004.

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

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 2006. 638p.

MARENCO, R. A.; LOPES, N. F. **Fisiologia vegetal**: fotossíntese, respiração, relações hídricas e nutrição mineral. Viçosa: Ed. UFV, 2007, 469p.

MEDEIROS, S. S.; SOARES, A. A.; FERREIRA, P. A.; NEVES, J. C. L.; MATOS, A. T.; SOUZA, J. A. A. Utilização de água residuária de origem doméstica na agricultura: estudo das alterações químicas do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.9 n.4, 2005.

MEDEIROS, S. S.; SOARES, A. A.; FERREIRA, P. A.; NEVES, J. C. L.; SOUZA, J. A. Utilização de água residuária de origem doméstica na agricultura: Estudo do estado nutricional do cafeeiro. **Revista Brasileira e Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.12, n.2, p.109–115, 2008.

MEDEIROS, S. S.; SOARES, F. A. L.; GHEYI, H. R.; FERNANDES, P. D. Uso de água residuária de origem urbana no cultivo de gérberas: efeitos nos componentes de produção. **Revista de Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 27, n. 2, p. 569-578, 2007.

MOREIRA, R. S. **Banana: teoria e prática de cultivo**. Campinas: Fundação Cargill, 1987. 335p.

NOMURA, E. S. Diagnóstico da produção de flores tropicais na região do Vale do Ribeira. **Revista Brasileira de Horticultura Ornamental**, Campinas, v. 14, p. 23-25, 2008.

PAGANINI, W. S. Reúso de água na agricultura. In: MANCUSO, P. C. S.; SANTOS, H. F. **Reúso de água**. São Paulo: Manole, 2003. p. 339-401.

PAVAN, M.A.; BINGHAM, F.T.; PRATT, P.F. Toxicity of aluminum to coffee in Ultisols and Oxisols amended with CaCO₃ and CaSO₄. **Soil Science Society of America Journal**, v. 46, p. 1201-1207, 1982.

PIRES, R. C. de M.; ARRUDA, F. B. **Manejo de irrigação**. In: I SIMPÓSIO DE CITRICULTURA IRRIGADA. 1., 2003. Bebedouro, 2003. Palestras... Bebedouro: GTACC,2003. Disponível em:
<http://www.gtacc.com.br/simposio/I_simposio/palestras/manejo_irrigacao_2.pdf>. Acesso em: 27 jan. 2010.

SILVA, E. B.; RODRIGUES, M. G. V. Levantamento nutricional dos bananais da região do norte de Minas Gerais pela análise foliar. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 23, n. 3, p. 695-698, 2001.

SOUSA, G. O. **Efeito da calagem no crescimento e nutrição de plantas de heliconia (*Heliconia psittacorum* x *H. spathocircinata* Arist.) cultivar Golden Torch, em latossolos amarelos no estado do Pará**. 2006. 114p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal rural da Amazônia, 2006.

TEIXEIRA, L. A. J.; NATALE, W.; MARTINS, A. L. M. Nitrogênio e potássio via fertirrigação e adubação convencional-estado nutricional das bananeiras e produção de frutos. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 29, p. 153-160, 2007.

VAN DER HOEK, W.; HASSAN, U.M.; ENSINK, J.H.J.; FEENSTRA, S.; RASCHID-SALLY, L.; MUNIR, S.; ASLAM, R.; ALIM, N.; HUSSAIN, R.; MATSUNO, Y. **Urban wastewater: a valuable resource for agriculture**. A case study from Hooroonabad, Pakistan. Colombo, Sri Lanka: International Water Management Institute, 2002. 29 p. (Research Report, 63).

CAPITULO 2

**ALTERAÇÕES QUÍMICAS DE UM LATOSSOLO IRRIGADO COM ÁGUA
RESIDUÁRIA TRATADA E CULTIVADO COM HELICONIA**

ALTERAÇÕES QUÍMICAS DE UM LATOSSOLO IRRIGADO COM ÁGUA RESIDUÁRIA TRATADA E CULTIVADO COM HELICONIA

Autora: Olívia Silva Nepomuceno Santos
Orientador: Vital Pedro da Silva Paz
Co-orientador: Thomas Vincent Gloaguen

RESUMO: Buscando diminuir os efeitos impactantes de suas atividades, o homem vem procurando adequar-se à nova realidade, buscando tecnologias de menor custo para esse fim. Dentre as tecnologias disponíveis para o tratamento de água residuária de origem doméstica ou destino final dos efluentes líquidos, destaca-se o método de disposição de água no solo, cuja técnica vem sendo utilizada em grande escala, em vários locais do mundo, sobretudo em regiões áridas e semi áridas. Esta pesquisa objetivou estudar as alterações químicas do solo, em resposta à aplicação de água residuária tratada de origem doméstica e comparar os resultados com aqueles obtidos com o manejo convencional. Avaliou-se os efeitos da irrigação com água residuária, associados a fertilizantes químicos (N, P, K), sobre as características químicas do solo. O experimento foi conduzido em casa de vegetação na área experimental do NEAS/UFRB. Foi utilizado solo do cultivo de *Heliconia psittacorum* L. cultivar Golden torch adrian em vasos. O experimento foi instalado no esquema fatorial 5x3+1 constituídos de cinco níveis de lâmina de água aplicada (60, 80, 100, 120 e 140% da evaporação do tanque classe A (ECA)), três tipos de água (água residuária (AR), água pluvial (AP) e mistura de 50% de AR + 50% de AP) e testemunha (solo sem adubação e recebendo 100 % da ECA de água pluvial. O delineamento experimental utilizado foi blocos ao acaso, com cinco blocos e uma repetição por bloco. A utilização de AR e as lâminas maiores proporcionaram acréscimos nos teores de sódio do solo, bem como na sua PST. A irrigação com AR não proporcionou alterações nos teores de Mg e K quando comparados com a AP, havendo porém acréscimos no teores de Ca deste ultimo. A AR não influenciou os valores de pH e acidez do solo, quando comparados com a AP, bem como não provocou alterações nas concentrações de N-total do solo bem como da matéria orgânica entre os solos irrigados com AR e AP.

Palavras-chave: água residuária; química do solo; irrigação.

CHEMICAL CHANGES OF A SOIL IRRIGATED WITH WASTEWATER TREATED AND PLANTED WITH HELICONIA

Author: Olívia Silva Nepomuceno Santos

Adviser: Vital Pedro da Silva Paz

Co-adviser: Thomas Vincent Gloaguen

ABSTRACT: Seeking to lessen the effects of impacting activities, man has sought fit the new reality, seeking lower-cost technologies for this purpose. Among the technologies available for the treatment of wastewater of domestic origin or final destination of wastewater, there is the method of disposal of water in the soil, whose technique has been used on a large scale in several locations around the world, particularly in regions arid and semi arid areas. This research aimed to study chemical changes in the soil, in response to application of treated wastewater of domestic origin and compare the results with those obtained with conventional management. We evaluated the effects of irrigation with wastewater, associated with chemical fertilizers (N, P, K) on soil chemical characteristics. The experiment was conducted in a greenhouse in the experimental area NEAS / UFRB. We used soil from growing *Heliconia psittacorum* L. Golden Torch Adrian cultivate in pots. The experiment was installed in 5x3 +1 factorial scheme consisting of five levels of irrigation water applied (60, 80, 100, 120 and 140% of class A pan evaporation (ECA)), three types of water (wastewater (AR) rainwater (AP) in a mixture of 50% AR + 50% PA) and control (soil without fertilizer and 100% receiving ACE rainwater). The experimental design was randomized blocks with five blocks and a repetition per block. The use of AR and slides provided greater increases in sodium content of the soil, as well as their PST. Irrigation with RA provided no changes in levels of Mg and K when compared with the AP, but there are increases in Ca of the latter. The AR did not affect the pH and soil acidity, when compared with AP and did not involve changes in the concentrations of total-N and soil organic matter between soils irrigated with AR and AP.

Keywords: wastewater, soil chemistry, irrigation.

INTRODUÇÃO

A água embora seja um recurso natural renovável, a consciência da sua escassez como fonte de manutenção da vida, seja nas atividades produtivas, agropastoris e até mesmo para o abastecimento público das populações, têm levado os países a tratarem os seus recursos hídricos como se não fossem renováveis (FINK, 2003).

A escassez progressiva no âmbito mundial tem incentivado pesquisas que visem à identificação da qualidade mínima exigida para os tipos de usos pretendidos, o que de acordo com Blum (2003) exige um bom conhecimento sobre as peculiaridades desses usos, especialmente sobre as características, ou parâmetros de qualidade, que interferem cada um deles.

Dentre as tecnologias disponíveis para o tratamento de água residuária de origem doméstica ou destino final dos efluentes líquidos, destaca-se o método de disposição de água no solo, cuja técnica vem sendo utilizada em grande escala, em várias locais do mundo, sobretudo em regiões áridas e semi-áridas (Medeiros et al., 2005).

Segundo Paganini (2003) embora existam relatos sobre a utilização da deposição de esgotos no solo em épocas muito remotas, foram as iniciativas inglesas, por volta de 1850, quando buscaram a despoluição do rio Tâmis, implantando o *sistema separados absoluto*, direcionando as águas da chuva para os cursos d'água e os esgotos para os *land farms* que influenciaram de forma tecnicamente correta a utilização controlada de esgotos. O mesmo autor cita que atualmente a deposição de esgoto e efluentes no solo é vista como uma forma efetiva de controle da poluição e uma alternativa viável para aumentar a disponibilidade hídrica em regiões áridas e semi-áridas, sendo os maiores benefícios dessa tecnologia os aspectos econômicos, ambientais e de saúde pública. É interessante, portanto realizar a deposição de efluentes no solo ao invés de fazê-la em cursos d'água e com isso, aproveitar a capacidade filtrante da matriz do solo para reter nutrientes, poluentes e patógenos (FONSECA, 2001).

Estudos mostram que a deposição de efluentes no solo através da irrigação de plantas cultivadas tem sido uma alternativa de baixo custo (ASANO, 1996), além de fonte de água e, a depender das suas características químicas, fonte de nutrientes para o sistema solo-planta (FONSECA, 2005). Entretanto, a

utilização de efluentes na irrigação pode, se não manejada adequadamente, acarretar alterações físicas, químicas e microbiológicas no solo; proporcionar contaminação tanto do produto agrícola quando do produtor rural e danificar os equipamentos utilizados na aplicação (SOARES et al., 2005).

Os efluentes possuem características que podem alterar os atributos físicos, químicos e biológicos do solo. Pode ocorrer aumento de pH e da velocidade de decomposição de matéria orgânica, com consequente alteração na ciclagem de nutrientes como o carbono e o nitrogênio, reduzindo, desta forma, a disponibilidade de carbono orgânico e de nitrogênio total, via nitrificação e desnitrificação (MOTA, 2009).

As propriedades hidrológicas do solo também são afetadas sensivelmente pelos compostos das águas residuárias, podendo reduzir a condutividade hidráulica do solo, atribuído em parte ao entupimento dos poros, causado pelo efeito dispersante do excesso de sódio, em razão do incremento da biomassa e sólidos suspensos (AIELLO et al., 2007).

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

Paganini (2003) ainda relata que as características do solo, que vão além do simples conceito de meio físico, possibilitam a diminuição da carga poluidora de esgotos através de processos físicos, químicos e biológicos e que pelo menos quatro propriedades do solo são extremamente importantes para sua utilização como deposição de esgotos, que são elas: capacidade de troca iônica, capacidade tampão, filtrabilidade e microbiologia.

Segundo Bouwer & Idelovitch (1987) a irrigação com efluentes não tem tido efeito sobre o pH do solo, o mesmo fato também é citado por Alves (2006) porém aumentos no pH proporcionados pela irrigação com efluentes são citados por Stewart (1990) atribuindo esse fato ao alto valor do pH do efluente. Por outro lado, alguns autores observaram aumentos na concentração de carbono e nitrogênio total, indicando que o aporte desses nutrientes pelo esgoto compensa a redução causada pelos fenômenos anteriormente descritos (MOTA, 2009). O mesmo autor ainda cita que outro problema que pode estar associado à irrigação

com esgoto é o aporte dos íons cloreto e sulfato, que, associados ao sódio, são potenciais causadores de salinização do solo, assim o controle da sodificação e da salinização deve ser considerado imprescindível para prática de irrigação com esgoto tratado, recomendando-se o monitoramento dos atributos condutividade elétrica, percentual de sódio trocável, razão de adsorção de sódio e o pH.

A concentração de sais e sódio na água de irrigação geralmente não é suficiente para prejudicar a produção das principais culturas. Os danos são devidos quase sempre ao acúmulo destes elementos pelo uso contínuo da irrigação. No Brasil, os problemas de qualidade química da água são mais comuns na Região Nordeste, utiliza-se com freqüência águas salinas para a irrigação e a precipitação é insuficiente para a lixiviação dos sais que se acumulam no solo (ANDREOLLI, 2005).

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

O objetivo deste trabalho foi estudar as alterações químicas do solo em resposta à aplicação de água residuária tratada de origem doméstica e comparar os resultados com aqueles obtidos com o manejo convencional.

MATERIAL E MÉTODOS

Caracterização da área experimental

O experimento foi conduzido em casa de vegetação na área experimental do Núcleo de Engenharia de Água e Solo da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, localizado no Município Cruz das Almas - BA, à latitude de 22°42' S, longitude 47°38' W e altitude de 220 m. O clima da região é classificado como úmido a sub-úmido, com umidade relativa e temperatura média anual de 80% e 24°C, respectivamente, e pluviosidade média anual de 1.143 mm (D'ANGIOLELLA et al., 1998).

Delineamento experimental

O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso em fatorial $5 \times 3 + 1$, constituídos de cinco níveis de lâmina de água aplicada (60, 80, 100, 120 e 140% da evaporação do tanque classe A (ECA), três tipos de água (água residuária (AR), água pluvial (AP) e mistura contendo 50% AR + 50% AP) e testemunha (solo sem adubação e recebendo 100 % da ECA de água pluvial).

Características físicas e químicas do solo

O solo utilizado foi coletado da camada 0 – 20 cm no campus da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia e classificado por Carvalho (2002) como Latossolo Amarelo coeso A moderado, de baixa fertilidade química e apresentando horizontes subsuperficiais coesos. A análise granulométrica e apresentou os seguintes resultados: 181 g kg⁻¹ de argila, 43 g kg⁻¹ de silte e 776 g kg⁻¹ de areia. É um solo com característica textural franco arenosa e apresenta densidade de partículas de 2,54 g cm⁻³ e densidade aparente de 1,45 g cm³.

O solo foi seco ao ar livre e posteriormente retirada uma amostra para análises químicas (Tabela 01) que foram realizadas no laboratório de solos da Empresa Baiana de Desenvolvimento Agrícola.

Tabela 01- Análise química do solo utilizado no experimento

pH	P	C	M.O.	K	Ca	Mg	H + Al	Al	Na	CTC
(água)	mg dm ⁻³	g kg ⁻¹		mmol _c .dm ⁻³						
5,1	12	6,5	11,2	1,0	7,1	7,2	30,4	1,5	0,2	45,9

Preparo dos vasos e plantio

A cultura utilizada foi a *Heliconia psittacorum* x *H. spathocircinata* cultivar Golden Torch Adrian, cujas mudas foram obtidas no projeto comunitário Flores da Bahia, no município de Cruz das Almas – BA.

Foram utilizados 80 vasos com capacidade de 20 litros preenchidos com solo (aproximadamente 15l) sob uma camada de brita de três cm. Na parte

inferior foi instalado um conector interligando a garrafa plástica para coleta de volume de água percolada.

O solo foi elevado à capacidade de campo adicionando-se água aos vasos, até iniciar a percolação. A seguir os vasos foram cobertos com plástico permanecendo assim por três dias, cessada a percolação e observando umidade constante. Após esse período foi realizado o plantio. As mudas foram irrigadas com 100% da ECA durante 30 dias para adaptação das mudas ao vaso, iniciando-se a aplicação dos tratamentos. Estabeleceu-se o turno de rega de dois dias e a irrigação foi feita de forma manual com o uso de proveta volumétrica.

A lâmina de irrigação foi calculada utilizando os dados de evaporação do tanque classe A, instalado no interior da casa de vegetação, estabelecendo-se uma relação entre a área do tanque e a área do vaso.

As parcelas experimentais foram alocadas em bancadas, localizadas no interior de um ambiente protegido (Figura 01). O material utilizado para cobertura do ambiente foi o nylon tipo malha preta, com 50 % de luminosidade.



Figura 01 - parcelas experimentais alocadas em bancadas, no interior da casa de vegetação

Adubação

Foram realizadas adubações orgânica e química; a primeira foi realizada no plantio e consistiu-se na adição de 1,5L de esterco de curral curtido, homogeneizado ao solo, equivalendo a 10% do volume total de solo do vaso, segundo recomendação de KÄMPF et al. (2006). A segunda foi realizada com base nas recomendações de SOUSA (2006), no plantio e constou da aplicação de

150 mg de N/kg de solo, 50 mg de P/kg de solo, 125 mg de K/kg de solo, utilizando nitrato de cálcio, superfosfato simples e sulfato de potássio. A adubação foi fracionada aos 30, 60 e 90 dias, levando-se em consideração o aporte de nutrientes provenientes da água residuária. Para tanto, procedeu-se a análise de uma amostra da água para determinação dos teores de NPK. Através dos valores obtidos foi estimado o aporte de nutrientes ao longo do ciclo. A adubação química foi realizada tomando como base o valor obtido pela diferença entre os teores de nutrientes fornecidos pelo efluente e a recomendação para a cultura.

Efluente

A água residuária utilizada no experimento foi proveniente da estação de tratamento de esgoto (ETE) da Empresa Baiana de Água e Saneamento (Embasa) do município de Cachoeira- BA. A água não foi submetida a nenhum tipo de tratamento, exceto o realizado na ETE, através de sistema de lagoas de decantação, com o objetivo de remover os sólidos grosseiros.

Para estimar os aportes de nutrientes às plantas por meio das lâminas aplicadas a cada irrigação, foram coletadas amostras de água para determinação das principais características químicas que são apresentadas na Tabela 08.

De acordo com as diretrizes para interpretar a qualidade da água de irrigação descrita por Ayers & Westcot (1991), o efluente utilizado encontra-se na faixa normal de pH (Tabela 02) e quanto a razão de adsorção de sódio (RAS) e condutividade elétrica não apresenta nenhuma restrição de uso ($<0,7 \text{ dS m}^{-1}$).

Análise de solo e solução do solo

Aos 180 dias após o plantio foram retiradas amostras deformadas para realização de análise da fertilidade do solo.

A acidez total foi determinada em extrato de solução de acetato de cálcio 1N a pH 7,00 por titulação com NaOH 0,0025N e o pH determinado em solução de CaCl_2 0,01 mol.L⁻¹. Os elementos potássio, sódio e cálcio foram extraídos com cloreto de amônio 1mol/L, e determinados por fotometria de emissão em chama. O alumínio trocável e cálcio + magnésio trocáveis foram determinados em extrato de cloreto de potássio 1mol/L, por titulação com solução de NaOH 0,0025 mol/L e

EDTA 0,005 mol/L, respectivamente. O fósforo foi extraído com solução de Mehlich1 e determinado por espectrofotometria. O nitrogênio total foi determinado pelo método Kjeldahl e a matéria orgânica pelo método Walker Black. Detalhes das metodologias podem ser encontrados em Rajj et al. (2001), Embrapa (1997) e Tedesco (1995).

Tabela 02. Características da água e efluente utilizados na irrigação.

Determinações	Unidade	Água	Efluente
pH		6,7920	7,7660
Condutividade elétrica	dS m ⁻¹	0,0219	0,5348
Amônia (NH ₄ ⁺)	mg L ⁻¹	0,0298	12,5712
Nitrito (NO ₂ ⁻)	mg L ⁻¹	0,0046	0,1722
Nitrato (NO ₃ ⁻)	mg L ⁻¹	0,4517	13,0754
Sulfato (SO ₄ ²⁻)	mg L ⁻¹	5,6730	60,0884
Fósforo disponível	mg L ⁻¹	0,0972	4,2453
Potássio	mg L ⁻¹	0,4571	11,6202
Sódio	mg L ⁻¹	1,3714	57,1901
Cálcio	mg L ⁻¹	0,0000	5,6388
Magnésio	mg L ⁻¹	0,0000	8,0000
Sólidos totais	mg L ⁻¹	0,0000	111,1120
RAS	mg L ⁻¹	-	15.4857

A solução do solo foi obtida através de preparo de extrato 1:5 conforme Rajj et al. (2001) e a CE determinada com condutivímetro Tecnal 4MP.

Análises estatísticas

Os dados foram submetidos à análise de variância ao nível de 5 % de probabilidade e as médias dos tipos de água comparadas pelo teste de Tukey, para as lâminas foi realizada análise de regressão utilizando-se o programa estatístico SAEG.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Efeito do efluente na acidez potencial (H + Al) e pH do solo

A Tabela 03 mostra os valores de pH e acidez potencial do solo em função das lâminas aplicadas, permitindo, de acordo com o teste de média, verificar que não houve diferença significativa entre os tipos de água. Foi observado, entretanto, que os valores de pH diminuíram com o aumento das lâminas, possivelmente em função do maior desenvolvimento das plantas irrigadas com as maiores lâminas e conseqüentemente maior absorção de nutrientes do solo, resultando em maior concentração de cátions alcalinos. Para todos os tratamentos, o pH do solo apresentou acréscimos quando comparados com o tratamento testemunha (pH = 4,36). O resumo da análise de variância, referente à análise do pH e acidez potencial do solo, encontram-se no Apêndice 5.

Fonseca (2005) verificou que o solo cultivado com plantas de milho irrigadas com efluente e sem adubação mineral apresentaram maiores valores de pH, quando comparado com tratamentos que receberam efluente e maiores doses de adubação mineral. O autor cita que o menor acúmulo de matéria seca das plantas que receberam menores doses de adubação mineral, certamente implicou em menor absorção e acúmulo de nutrientes, restando com isso maior concentração de cátions alcalinos no solo.

Tabela 03. Valores do pH E acidez potencial (H + Al) do solo em função das lâminas aplicadas.

Tipo de água	Lâmina (%ECA)					Média
	60	80	100	120	140	
	pH					
Água residuária	5,13	4,96	4,92	5,05	5,01	5,01a
Água pluvial	5,09	4,99	4,90	4,91	4,96	4,97a
Mistura	5,07	5,11	4,95	5,06	4,97	5,03a
Média	5,10	5,02	4,92	5,01	4,98	
	Acidez (mmol_c dm⁻³)					
Água residuária	75,00	69,20	71,00	75,40	72,00	72,52a
Água pluvial	73,60	68,80	72,80	67,40	70,60	70,64a
Mistura	72,20	73,00	75,00	76,40	73,00	73,92a
Média	73,60	70,33	72,93	73,07	71,87	

Médias seguidas das mesmas letras não diferem entre si pelo teste de Tukey (5%).

Santos (2004) avaliando os efeitos da aplicação de efluentes nas propriedades químicas do solo cultivado com capim Tifton 85, observou menores valores de pH para todas as camadas avaliadas no solo irrigado com efluente, atribuindo o fato a utilização de fertilização amoniacal, o que leva a acidificação do solo (BRADY, 1989); Hayes (1990) e Fonseca (2005) atribuíram a acidificação do solo irrigado com água residuária a utilização de fertilizantes nitrogenados.

Duarte (2006) avaliando os efeitos da irrigação com água residuária e água de abastecimentos na cultura do pimentão verificou acréscimos no valor do pH do solo que recebeu adubação nitrogenada o que pode, segundo o autor, ser explicado pelo efeito causado pelo cálcio contido no fertilizante utilizado como fonte complementar de nitrogênio. Segundo Malavolta (2002) os adubos nitrogenados são os que mais contribuem para a acidificação dos solos, principalmente a uréia e sulfato de amônio, sendo o nitrato de cálcio o que menos interfere na acidez do solo.

A análise de correlação apresentada na Tabela 04 mostra que o pH apresentou correlação alta e positiva apenas com o teor de P, entretanto Lopes (1998) enfatiza que a correção do pH do solo influencia muito pouco a adsorção de fósforo pelo solo, e há necessidade de aplicação de altas doses de fósforo nos solos tropicais para alcançar altos índices de produtividade. O pH também apresentou correlação significativa porém baixa ($r < 0,70$) com os teores de N, K, Ca e Mg, apresentou ainda correlação significativa e negativa (0,6357) com o Al. Falkiner e Smith (1997) não apenas observaram aumento no valor de pH de solos irrigados com água residuária, mas também, diminuição do teor de alumínio trocável, devido ao aumento dos cátions trocáveis no solo (cálcio, magnésio, potássio e sódio) e da alcalinidade, adicionados pelo esgoto sanitário tratado.

Fonseca (2005) encontrou valores próximos na análise de correlação dos elementos presentes no solo irrigado com efluente, e cita que a diminuição de uma unidade de pH ocasiona aumento na atividade do Al^{+3} , se este estiver em equilíbrio com o $Al(OH_3)$ amorfo, na solução em 42 vezes, concluído com isso que as grandes variações nos teores de Al em função de pequenas variações de pH podem justificar os altos coeficientes de correlação encontrados. Leal (2007), porém, avaliando o efeito da aplicação de efluentes nas propriedades químicas do solo também encontrou valores baixos de correlação entre pH do solo e Al trocável.

Tabela 04. Coeficiente de correlação entre as características químicas do solo.

	pH	Acidez	N-total	P	K	Ca	Mg	Al	MO	Na
pH	1	0,2284*	0,4538**	0,7402**	0,6520**	0,4451**	0,6366**	-0,6357**	-0,0491 ^{ns}	0,3480**
Acidez	0,2284*	1	0,1526 ^{ns}	0,2345*	0,0440 ^{ns}	-0,0536 ^{ns}	0,2592**	-0,0319 ^{ns}	-0,0441 ^{ns}	0,1548 ^{ns}
N-total	0,4538**	0,1526 ^{ns}	1	-0,1442**	0,4365**	0,3374**	0,4094**	-0,3755**	0,0214 ^{ns}	0,2059*
P	0,7402**	0,2345*	-0,1442**	1	0,6438**	0,5786**	0,6717**	-0,6041**	0,1181 ^{ns}	0,3756**
K	0,6520**	0,0440 ^{ns}	0,4365**	0,6438**	1	0,5741**	0,5948**	-0,4485**	-0,0420 ^{ns}	0,2555**
Ca	0,4451**	-0,0536 ^{ns}	0,3374**	0,5786**	0,5741**	1	0,4853**	-0,3935**	-0,0422 ^{ns}	-0,1641 ^{ns}
Mg	0,6366**	0,2592**	0,4094**	0,6717**	0,5948**	0,4853**	1	-0,4219**	-0,0575 ^{ns}	0,2202*
Al	-0,6357**	-0,0319 ^{ns}	-0,3755**	-0,6041**	-0,4485**	-0,3935**	-0,4219**	1	-0,1398 ^{ns}	-0,3127**
MO	-0,0491 ^{ns}	-0,0441 ^{ns}	0,0214 ^{ns}	0,1181 ^{ns}	-0,0420 ^{ns}	-0,0422 ^{ns}	-0,0575 ^{ns}	-0,1398 ^{ns}	1	0,1177 ^{ns}
Na	0,3480**	0,1548 ^{ns}	0,2059*	0,3756**	0,2555**	-0,1641 ^{ns}	0,2202*	-0,3127**	0,1177 ^{ns}	1

ns – não significativo; *P<0,05; ** P<0,01.

Para os valores de acidez potencial não houve diferença significativa entre os tratamentos (Tabela 09), verificando-se, entretanto maior valor para o solo irrigado com água pluvial e 140% da ECA e menor valor observado no tratamento testemunha ($68,00 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$). Santos (2004) avaliando o efeito da aplicação de efluentes no solo verificou aumentos na acidez potencial do solo ao longo do tempo nas camadas de 1 - 20 e 80 - 100 cm, obtendo os maiores valores nos tratamentos onde foram utilizados efluente sem adição de adubação mineral (nitrato de amônio) e com adição de 33% da necessidade da cultura.

Fonseca (2005) obteve maiores valores de acidez potencial no tratamento em que utilizou apenas efluente sem adição de adubação mineral, o que segundo o autor levou a acidificação do solo não demais tratamentos.

Efeito do efluente nos teores de Ca, Mg e K do solo

Na Tabela 05 são apresentados os valores de Ca encontrados no solo onde foi observada diferença significativa entre os tipos de água, não havendo, porém diferença entre as diferentes lâminas. Na avaliação dos teores de Ca verificou-se que todos os tratamentos diferiram da testemunha que foi de $8,10 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$, o que era esperado uma vez que o solo utilizado apresentava de baixa fertilidade e este tratamento não recebeu nenhum tipo de adubação. O resumo da análise de variância para os teores de Ca, Mg e K do solo encontra-se no Apêndice 6.

O tratamento que recebeu água pluvial apresentou maiores valores de Ca, possivelmente pelo aporte de Ca via adubação mineral, uma vez que foi utilizado superfosfato simples que contém 18 - 21% de Ca e nitrato de cálcio com igual percentual de Ca (MALAVOLTA et al., 2002). O aumento do teor de Na ocasionado pela irrigação com AR pode também ter ocasionado a diminuição nos teores de Ca quando comparados com a AP, pois com o aumento dos teores de Na no solo há uma diminuição do teor de Ca (Fonseca, 2005; Malavolta 2006), pois o sódio em altas concentrações pode competir com nutrientes essenciais para as plantas, principalmente cálcio e magnésio, interferindo nas propriedades de troca iônica do solo e podendo alterar a disponibilidade do próprio cálcio e dos demais nutrientes (KATERJI et al., 1996).

Tabela 05. Teores de Ca, Mg e K do solo.

Tipo de água	Lâmina (%ECA)					Média
	60	80	100	120	140	
	Ca (mmol_c.dm⁻³)					
Água residuária	17,65	17,65	18,23	18,52	18,38	18,09 b
Água pluvial	23,59	23,15	24,31	25,47	22,72	23,85 a
Mistura	17,51	17,37	19,10	16,93	18,23	17,83 b
Média	19,58	19,39	20,55	20,31	19,78	
	Mg (mmol_c.dm⁻³)					
Água residuária	7,55	5,55	7,17	7,88	6,22	6,87 a
Água pluvial	6,81	7,05	7,49	3,53	4,48	5,87 a
Mistura	6,29	8,83	6,10	9,07	5,17	7,09 a
Média	6,88	7,14	6,92	6,83	5,29	
	K (mmol_c.dm⁻³)					
Água residuária	7,78	8,14	7,22	7,26	6,26	7,33 a
Água pluvial	8,83	9,06	6,99	7,05	6,27	7,64 a
Mistura	7,58	8,98	7,25	6,52	5,74	7,21 a
Média	8,06	8,73	7,15	6,94	6,09	

Médias seguidas das mesmas letras não diferem entre si pelo teste de Tukey (5%).

Duarte (2006), porém não observou diferença significativa nos teores de Ca no solo irrigado com água residuária e água potável e afirma que os altos teores encontrados no solo podem ser atribuídos a calagem realizada antes do plantio. Porém na análise de correlação (Tabela 04) observou-se que os teores de cálcio não apresentaram correlação significativa com o Na. Santos (2002) observou diminuição nos teores de Ca no solo irrigado com efluente ao longo do tempo, atribuindo o fato ao aumento da concentração de Na no solo que deslocam o Ca do complexo de troca.

Assim como o Ca, para os teores de Mg o tratamento testemunha foi o que apresentou menores valores médios (1,34 mmol_c.dm⁻³). Para os tipos de água, bem como as lâminas, não houve diferença significativa entre os tratamentos o que pode ser observado na Tabela 05. De forma semelhante, Fonseca (2005) não observou diferenças significativas nos teores de Mg no solo irrigado com efluente, entretanto cita que o solo irrigado com efluente e sem adubação mineral, por proporcionar menor rendimento da pastagem, ocasionou em maior acúmulo desse nutriente no solo.

Cerqueira (2006) estudando o efeito da irrigação com efluente e água de riacho nas características químicas do solo cultivado com heliconia, também não observou diferença significativa nos teores de Mg entre os tratamentos. Leal (2007) verificou diferença nos teores de Mg do solo apenas na camada de 40-60

cm, onde a aplicação de maior lamina proporcionou maiores incrementos desse elemento no solo.

Gloaguen (2006), porém, estudando o efeito da irrigação com efluente nas características químicas do solo cultivado com girassol e milho verificou que as variações de Mg foram similares às de Na, apresentando valores altos nas camadas profundas no final do ciclo. Queiroz et al. (2004) constatou que a aplicação de água residuária de suinocultura proporcionou acúmulo de fósforo, potássio, sódio e zinco no solo, cultivado com gramíneas forrageiras, enquanto as concentrações de magnésio e cobre reduziram e a de cálcio manteve-se constante.

Para todos os tratamentos, o potássio apresentou um maior acréscimo quando comparados com o do tratamento testemunha que apresentou com teor médio de $0,70 \text{ mmolc} \cdot \text{dm}^{-3}$, o tratamento que recebeu a mistura e lamina de 140% foi o segundo a apresentar os menor teor, com $5,74 \text{ mmolc} \cdot \text{dm}^{-3}$ (Tabela 05).

Não houve diferença significativa entre os tipos de água, havendo, contudo, uma diminuição do K do solo com o aumento da lamina (Figura 02); este fato pode ser explicado pelo maior acúmulo de matéria seca das plantas que receberam as maiores lâminas, o que implicou conseqüentemente, em maiores quantidades de K absorvido pelas plantas.

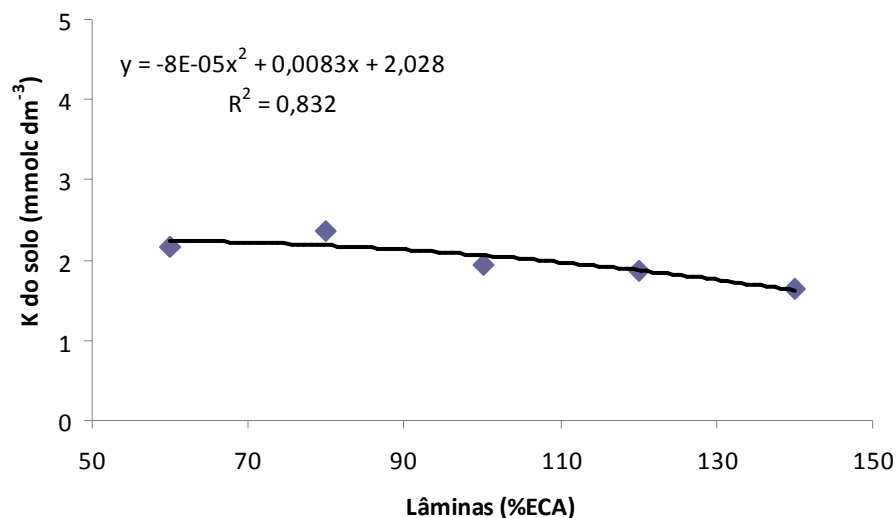


Figura 02 – Potássio (K) do solo em função das lâminas aplicadas

Fonseca (2005) encontrou maiores valores de K no solo irrigado com efluente e sem adição de adubação mineral, atribuindo do mesmo modo ao menor desenvolvimento das plantas que receberam tal tratamento. Gloaguen (2006) observou que o potássio apresentou comportamento diferente aos demais cátions, apresentando, geralmente, aumento com a profundidade sugerindo que o Na introduzido pelo efluente pode ter trocado preferencialmente com o K (BOND, 1998) e assim ter promovido a lixiviação preferencial desse íon nas camadas sub-superficiais.

Alves (2006) avaliando o uso de água residuária na irrigação de algodão verificou aumento nos teores de K do solo após o cultivo, atribuindo tal fato ao aporte de K via água residuária, porém Cerqueira (2006) não encontrou diferença significativa com utilização de água residuária e água de riacho na irrigação de heliconia. Damasceno (2008) obteve menor concentração de potássio no tratamento que recebeu somente efluentes domésticos tratados sem adição de adubação química ($1,3 \text{ mmol}_c.\text{dm}^{-3}$).

Do mesmo modo Azevedo (2005) avaliando a fertilidade do solo no cultivo do pepino com água residuária verificou aumentos nas concentrações de K ao longo do tempo. Pinto (2001), também, observou aumento na concentração de potássio no solo, em torno de 150%, decorrente da aplicação de água residuária da lavagem e despolpa dos frutos do cafeeiro. Duarte (2006), porém não observou efeito significativo nos teores de potássio no solo entre os tratamentos no cultivo de pimentão com o uso de água residuária.

Efeito do efluente nos teores de Na, P e Al do solo

Na Tabela 06 são apresentados os valores de Na trocável do solo, onde pode ser verificado que houve diferença significativa entre os tipos de água, bem como para as lâminas. Houve interação significativa entre a água residuária e as lâminas onde se observa que as plantas que receberam água residuária e maiores lâminas apresentaram maiores teores de Na que os demais tratamentos (Figura 03). Tal fato pode estar relacionado à grande concentração de sódio presente na água residuária comumente relatada na literatura (Alves 2006; Bond, 1998; Fonseca, 2005; Paganini, 2002). Santos (2004) verificou aumento nos teores de sódio no solo tanto para água residuária, como para água tratada, em

função dos altos teores de Na, presentes em ambas. O resumo da análise de variância para os teores de Na, P e Al do solo encontram-se no Apêndice 5 e F.

Tabela 06 - Teores de Na, P e Al trocável do solo.

Tipo de água	Lâmina (% ECA)					Média
	60	80	100	120	140	
	Na (mmol_c,dm⁻³)					
Água residuária	2,46	3,04	3,38	3,59	3,86	3,27 a
Água pluvial	0,90	0,87	0,75	0,77	0,64	0,79 c
Mistura	1,55	1,94	1,99	2,09	2,14	1,94 b
Média	1,63	1,95	2,04	2,15	2,21	
	P (mg,dm⁻³)					
Água residuária	107,59	107,37	95,83	108,51	95,67	102,99 a
Água pluvial	105,74	95,67	105,99	92,65	88,88	97,79 a
Mistura	101,65	94,40	101,91	90,28	95,83	96,81 a
Média	104,99	99,15	101,25	97,14	93,46	
	Al (mmol_c,dm⁻³)					
Água residuária	1,64	1,20	1,48	1,54	1,50	1,47 ab
Água pluvial	1,86	1,72	1,58	1,50	1,26	1,58 a
Mistura	1,42	1,40	1,36	1,42	1,30	1,38 b
Média	1,64	1,44	1,47	1,49	1,35	

Médias seguidas das mesmas letras não diferem entre si pelo teste de Tukey (5%).

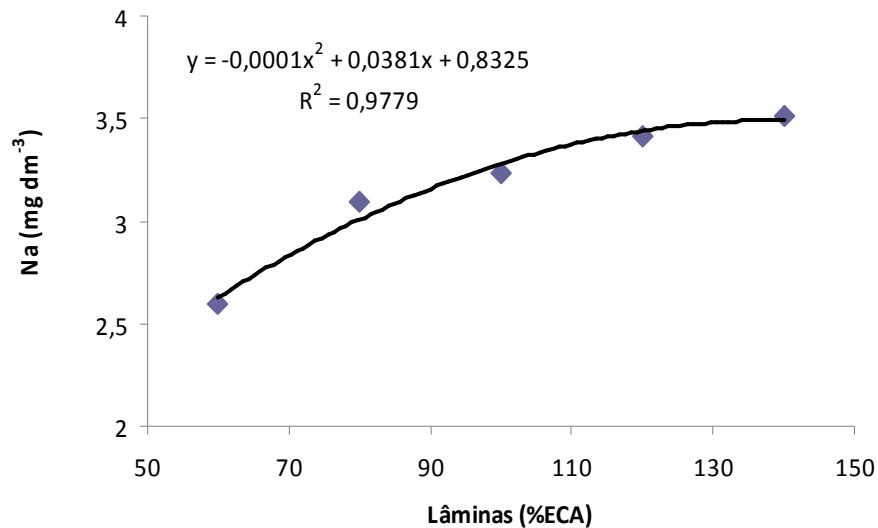


Figura 03 - Teores de sódio em função das lâminas aplicadas, independente do tipo de água.

Os efluentes de esgoto, devido à alta concentração de Na em relação ao Ca e Mg, em geral apresentam elevada razão de adsorção de Sódio (RAS)

($\text{Na}/[(\text{Ca}+\text{Mg})/2]^{1/2}$), demandando cuidados especiais para evitar a dispersão de argilas, com o conseqüente selamento dos poros e redução da velocidade de infiltração do solo (ANDREOLI et al., 2005), com as sucessivas irrigações, forma-se uma camada impermeável, reduzindo a permeabilidade do solo, e conseqüentemente, a infiltração (FOLEGATTI et al., 2005).

Damasceno (2008) encontrou maiores percentagens de sódio trocável no tratamento que recebeu 50% de água residuária e 50% de adubação mineral e menores para o tratamento que não recebeu água residuária (3,37 %), em função de não ter sido aplicado nenhum volume de efluente. Do mesmo modo Sousa (2006) estudando o uso de água residuária na produção de pimentão verificou que os teores de sódio aumentaram com a utilização de água residuária bem como com água de poço, devido a alta concentração em ambas, verificando-se diferença significativa entre a média das concentrações, antes e depois do experimento.

Para os teores de fósforo todos os tratamentos apresentaram acréscimos significativos quando comparados com o tratamento testemunha que apresentou com teor médio de $17,77 \text{ mg.dm}^{-3}$. Não houve diferença significativa entre os tipos de água, nem entre as lâminas aplicadas, como pode ser observado na Tabela 06. Conforme Ceretta et al. (2005), o P apresenta uma baixa mobilidade no solo, podendo apresentar um alto potencial de acúmulo, especialmente em camadas superficiais. Por isso, deve-se monitorar o acúmulo desse elemento no solo que é fertirrigado com dejetos, principalmente em sistema sem revolvimento de solo (BOSCO, 2008).

Na análise de correlação apresentada na Tabela 04 pode ser verificado que o P apresentou correlação significativa e alta ($>0,7$) com o pH do solo, também apresentou correlação significativa com outros elementos, porém com coeficientes menores, como no caso do K, Ca, Mg, que foi de 0,643, 0,579 e 0,604, respectivamente. Apresentou também correlação significativa e negativa com os teores de Al (-0,6041).

A remoção de fósforo depende, dentre outros fatores, da textura, quantidade e da qualidade de argilominerais e pH do solo. Sua eliminação é menor do que a do nitrogênio, em decorrência da baixa mobilidade dos compostos de fósforo em relação aos do nitrogênio, e por não produzirem substâncias voláteis que passam para a atmosfera (CORAUCCI et. al., 1999).

Os principais mecanismos de remoção de fósforo de acordo com Nour (1990) são adsorção por hidróxidos de ferro e alumínio e minerais argilosos; precipitação química com alumínio, ferro e sob a forma de fosfato de cálcio; imobilização na forma de compostos orgânicos na camada de lodo biológico; e utilização pela cultura.

A estabilidade do estoque do P no solo já foi verificada em outros estudos. Duarte (2006) não observou diferenças significativas para os teores de P entre os tratamentos aplicados, do mesmo modo, Sousa (2006) também trabalhando com uso de água residuária e água de poço na irrigação de pimentão não encontrou diferença significativa entre os tratamentos. Resultados semelhantes também foram encontrados por Cerqueira (2006). Gloaguen (2006) observou aumento limitado nos horizontes mais superficiais, segundo o autor devido ao fato do fósforo ser uma espécie pouco lábil, especialmente em solos tropicais onde ele se encontra fixado aos óxidos de ferro e alumínio do solo.

Para os teores de alumínio foi verificado diferença significativa para os tipos de água, porém não houve diferença entre as lâminas aplicadas. Diferente do ocorrido em todos os outros elementos o tratamento testemunha foi o que apresentou maior teor de Al, quando comparado com a água residuária, pluvial e mistura (Tabela 06), com valor de $3,24 \text{ mmol}_c.\text{dm}^{-3}$, possivelmente pelo fato de não ter recebido adubação.

Segundo Neto (2009) em solos com elevada acidez, grande parte do alumínio se torna solúvel sob a forma de cátions alumínio ou hidróxido de alumínio, que são adsorvidos pelas cargas permanentes dos colóides do solo, nessa condição, o alumínio acha-se em equilíbrio com os íons aluminios na solução do solo. Esses últimos contribuem para a acidez do solo, pela sua tendência hidrolisante, onde nesta reação entre o alumínio e a água, liberam o hidrogênio (H^+). Os íons hidrogênio, assim liberados, possibilitam um valor de pH muito baixo na solução do solo e constituem a maior fonte de hidrogênio, na maioria dos solos ácidos.

Entre os tipos de água o tratamento que recebeu água pluvial apresentou maiores teores (1,58) seguido da água residuária e mistura, com 1,47 e 1,38 $\text{mmol}_c.\text{dm}^{-3}$, respectivamente. Os valores observados estão condizentes com os maiores valores de pH (Tabela 09) onde verifica-se que os tratamentos com maiores valores de pH apresentaram menor teor de Al trocável, havendo também

uma diminuição com o aumento da lamina de irrigação. Na análise de correlação apresentada na Tabela 05 pode-se observar, que o Al apresentou correlação significativa positiva com o pH (-0,636) e negativa com o P (-0,604).

Firme (2007) avaliando o efeito da irrigação com efluente em um Latossolo cultivado com cana-de-açúcar verificou uma diminuição nos teores de Al do solo com o aumento das lâminas de irrigação e também com o aumento do pH, com o menor valor de $0,62 \text{ mmol}_c \text{ kg}^{-1}$ e maior valor de $1,25 \text{ mmol}_c \text{ kg}^{-1}$ no tratamento que não recebeu irrigação na camada de 0-10.

Leal (2007) obteve resultados semelhantes aos encontrados nesse trabalho, com as maiores concentrações de Al observadas no tratamento que não recebeu irrigação e adubação mineral e os maiores no tratamento com maior volume de efluente aplicado, em todas as camadas de solo avaliadas, com valores médios de $1,00$ e $0,62 \text{ mmol}_c \text{ kg}^{-1}$ respectivamente, na camada de 0-10. Entretanto, Bosco et al. (2008) estudando as alterações químicas do solo decorrentes da aplicação por 8 anos consecutivos de água residuária da suinocultura verificou que a concentração de Alumínio nas camadas de 0-30 e 30-60 cm reduziu-se a zero com a aplicação da água residuária.

Do mesmo modo, Fonseca (2005) observou alterações nos teores de Al trocável nas camadas de 0-10 e 10-20, onde o tratamento que recebeu irrigação com água residuária e sem adição de adubação mineral foi o que apresentou menor valor ($0,32 \text{ mmol}_c \text{ kg}^{-1}$), condizentes com seu maior pH e menor teor de H + Al.

Medeiros et al. (2005) avaliando a utilização de água residuária de origem doméstica nas alterações químicas do solo verificou que, a acidez trocável (Al^{3+}) do solo diminuiu em resposta à adoção dos dois tipos de manejo, convencional e água residuária em relação os teores encontrados no solo no início do experimento, verificando valor de $0,89 \text{ mmol}_c \cdot \text{dm}^{-3}$ na camada de 0-20.

Nitrogênio total e matéria orgânica (MO) do solo

Na Tabela 07 são apresentados os valores de N-Total, onde se verifica pelo teste de média que não houve diferença significativa entre os tipos de água, também não foi observada diferença entre as lâminas. Para os valores de N-Total em todos os tratamentos observa-se acréscimos quando comparados com o

tratamento testemunha que apresentou 0,105 % de N. O resumo da análise de variância para os teores de nitrogênio total e matéria orgânica (MO) do solo encontram-se no Apêndice 5.

Tabela 07 – N-total e Matéria orgânica do solo

Tipo de água	Lâmina (% ECA)					Média
	N-total (%)					
	60	80	100	100	140	
Água residuária	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18 a
Água pluvial	0,18	0,21	0,19	0,19	0,18	0,19 a
Mistura	0,20	0,19	0,21	0,21	0,19	0,20 a
Média	0,19	0,19	0,19	0,19	0,18	
Tipo de água	MO (%)					Média
	60	80	100	100	140	
Água residuária	3,73	4,90	5,14	5,14	4,05	4,59 a
Água pluvial	2,99	3,83	5,07	5,07	2,93	3,98 a
Mistura	4,64	2,69	6,72	6,72	3,91	4,94 a
Média	3,79	3,81	5,64	5,64	3,63	

Médias seguidas das mesmas letras não diferem entre si pelo teste de Tukey (5%).

Esses resultados indicam que o efeito da adição de adubação mineral e irrigação com água residuária proporcionaram aporte de resíduos no solo em quantidades suficientes para promover incrementos nos teores do solo de 90,47%, quando comparados o tratamento com maior teor de N no solo (0,21%) e o tratamento testemunha. Fonseca (2005) também não observou diferenças significativas nos teores de N-Total do solo irrigado com efluente e água tratada, havendo, porém uma diminuição com o aumento da profundidade do solo, com os menores valores observados na camada de 80-100 cm de 0,27 g.kg⁻¹, e os maiores na camada de 0-10 (0,56 g.kg⁻¹). Firme (2007) do mesmo modo não observou diferença nos teores de N-total do solo com a irrigação de efluente, atribuindo o fato ao curto período de tempo de experimento, do mesmo modo Fonseca (2001) verificou que os tratamentos não exerceram nenhuma influencia nos teores de N-total do solo.

Estudos realizados por Lund et al. (1981) comprovaram que, 51% do nitrogênio presente no esgoto sanitário aplicado foi lixiviado num perfil de solo de 0 a 6m de profundidade. Tal lixiviação foi decorrente das altas taxas de aplicação da água residuária e da textura arenosa do solo.

Na análise de correlação (Tabela 04) também se verifica que o nitrogênio não apresentou coeficiente de correlação alto com nenhum elemento avaliado.

Para os teores de matéria orgânica também não foi verificada diferença significativa entre os tipos de água, bem como nas lâminas e também não diferiram do tratamento testemunha. Do mesmo modo Duarte (2006) verificou que não houve efeito significativo entre os tratamentos e os níveis de adubação utilizados nos teores de matéria orgânica. Gloaguen (2006) observou que os valores de matéria orgânica apresentam aumento no primeiro ano monitorado, principalmente a partir de 30 cm; na camada superficial, porém, verificou que o aporte de matéria orgânica através do efluente não parece ter efeito significativo, entretanto, após dois anos de irrigação e cultivo, observou decréscimo da matéria orgânica com valor médio 56% menor do que no ano anterior.

Porém Walker (2008) estudando as alterações de propriedades do solo, após quatro décadas de irrigação com águas residuárias, observou que os solos tiveram um ligeiro aumento da matéria orgânica nos horizontes superficiais, mas um forte aumento em horizontes subsuperficiais. Não foi observada correlação entre a matéria orgânica do solo e os demais parâmetros químicos do solo avaliados.

Ramirez-Fuentes (2002) avaliando as características e dinâmica do carbono e nitrogênio no solo irrigado com água residuária desde 1912 no Vale Mezquital, no México, local que segundo UNEP (2004) é a maior área mundial de agricultura irrigada por efluentes líquidos, verificou que embora a irrigação com água residuária, ao longo dos anos tenham aumentado os teores de matéria orgânica, a mineralização do nitrogênio foi considerada baixa para manter a produção das culturas, sendo necessário a realização de adubação nitrogenada para fornecer N inorgânico suficiente para manter o nível de produtividade das culturas.

Capacidade de troca de cátions (CTC) e percentual de sódio trocável (PST)

Na Tabela 08 são apresentados os valores de CTC do solo, onde pode ser verificado que não houve diferença significativa entre os tipos de água e também entre as lâminas aplicadas, havendo, entretanto um acréscimo nos tratamentos quando comparados com o tratamento testemunha que apresentou CTC média de $75,25 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$.

Tabela 08 - Capacidade de troca catiônica e porcentagem de sódio trocável do solo.

Tipo de água	Lâminas (% ECA)					Média
	60	80	100	120	140	
	CTC (mmol_c dm⁻³)					
Água residuária	106,36	99,31	103,21	108,85	103,44	104,23 a
Água pluvial	109,10	104,18	108,68	100,52	101,42	104,78 a
Mistura	101,16	105,41	105,64	107,59	101,27	104,22 a
Média	105,54	102,97	105,84	105,65	102,04	
	PST (%)					
Água residuária	2,32	3,06	3,29	3,30	3,75	3,15 a
Água pluvial	0,83	0,84	0,69	0,76	0,63	0,75 c
Mistura	1,55	1,84	1,90	1,95	2,12	1,87 b
Média	1,56	1,91	1,96	2,00	2,17	

Médias seguidas das mesmas letras não diferem entre si pelo teste de Tukey (5%).

Damasceno (2008) observou maior média no tratamento que recebeu 50% de água residuária e 50 % de fertirrigação, verificando uma variação de 5,70 para 6,09 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ ao fim do experimento, segundo o autor Isso indica que a soma total dos cátions apresentou-se mais retida na superfície coloidal prontamente disponível à assimilação pelas plantas, enquanto o mesmo comportamento não ocorreu no tratamento que recebeu 75 % água residuária + 25 % de fertirrigação, que teve a CTC reduzida de 5,70 para 5,38 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$.

Fonseca (2001) observou aumento na CTC em função da deposição do efluente, citando ainda que a fertilização mineral contribuiu para o aumento da CTC, mas que esses efeitos foram mais evidentes nos tratamentos que receberam maiores taxas de irrigação com efluente. Leal (2007) observou diferença na CTC do solo apenas na camada de 0-10, com as maiores médias no tratamento que recebeu maior volume de efluente, com 40,25 $\text{mmol}_c \text{kg}^{-1}$.

Para os valores de porcentagem de sódio trocável houve diferença entre os tipos de água bem como entre as lâminas, com os menores valores observados no tratamento testemunha (0,1516%). Como já era esperado, houve também interação significativa entre a água residuária e mistura com as lâminas, em função dos altos teores de sódio presentes na AR.

Leal (2007) também verificou aumentos na PST do solo irrigado com AR, verificando que os valores estão acima dos valores críticos estabelecidos pelo laboratório de salinidade dos EUA (1954) que considera o solo como salino para

valores de PST > 15% e estabelece tal porcentagem como indicadores de possíveis efeitos prejudiciais a estrutura do solo.

O uso de águas residuárias com baixa salinidade, porém com porcentagem de sódio trocável (PST) acima de 10, pode promover a dispersão das partículas de argila, provocando diminuição na permeabilidade do solo, e conseqüentemente, acarretando a redução na aeração do solo (SOARES et al 2005).

Adisescha et al. (1997) contudo, não encontraram mudanças significativas nas características químicas do solo submetido, por períodos de tempo inferior a três anos, à fertirrigação com efluente da indústria de celulose e papel.

Condutividade elétrica

Houve diferença significativa entre os tipos de água (Tabela 09), bem como para as lâminas, verificando-se, porém um pequeno acréscimo nos valores de CE dos tratamentos que receberam água pluvial e um decréscimo destes com o aumento das lâminas, como pode ser visto na Tabela 09. Tal fato pode estar relacionado à adição de sais através da adubação mineral realizada, onde foi utilizado nitrato de cálcio, superfosfato simples e sulfato de potássio, como sais se dissolvem na solução do solo, aumentando a pressão osmótica, faz com que a condição do solo se torne prejudicial para as plantas, impedindo ou dificultando a absorção de água e conseqüentemente nutrientes (MALAVOLTA et al., 2002).

Para a condutividade elétrica todos os tratamentos apresentaram acréscimos quando comparados com o tratamento testemunha que apresentou valor médio de $0,035 \text{ dS m}^{-1}$ e o maior valor observado no tratamento que recebeu água pluvial e lamina de 60% da ECA ($0,499 \text{ dS m}^{-1}$).

O fato das plantas irrigadas com AP apresentarem menor matéria seca pode ser um indicativo de menor absorção de nutrientes, que permaneceram em maior quantidade no solo, podendo ter favorecido o aumento da CE nesse tratamento. Verifica-se, entretanto que os valores da CE do extrato de saturação são baixos, indicando baixa concentração de sais dissolvidos no solo, sugerindo que não só a concentração de sais, mas também a lamina contribuiu para o menor desenvolvimento das plantas de conseqüentemente menor absorção de nutrientes.

Tabela 09 – Condutividade elétrica determinada em extrato 1:5

Tipo de água	Lamina (% ECA)					Média
	60	80	100	120	140	
	CE (dS m⁻¹)					
Água Residuária	0.382	0.403	0.377	0.400	0.345	0.382 b
Água pluvial	0.499	0.444	0.491	0.407	0.386	0.445 a
Mistura	0.381	0.389	0.366	0.364	0.352	0.371 b
Média	0.421	0.412	0.411	0.390	0.361	

Médias seguidas das mesmas letras não diferem entre si pelo teste de Tukey (5%).

Pelos critérios do Laboratório de Salinidade, vinculado ao Departamento de Agricultura dos Estados Unidos - USDA (Richards, 1954), são salinos os solos com Condutividade Elétrica do extrato de saturação (CEes) excedendo a 4 dS m⁻¹ ou valor de Percentagem de Sódio Trocável (PST) inferior a 15%; são classificados como sódicos (solos alcalinos, não salinos) os solos com PST superior a 15% e CEes menor que 4 dS m⁻¹.

Santos (2004) verificou aumento dos valores da CE da solução do solo, na profundidade do solo de até 20 cm, atribuindo o fato à adição de sais via água de irrigação e efluente e também devido a fertilização mineral realizada, o mesmo autor ainda cita que os maiores valores de CE foram do tratamento que recebeu menores volumes de irrigação, em função da menor lixiviação. Castro (2006), porém não verificou diferença significativa entre a irrigação com água de riacho e efluente (0,370 dS m⁻¹), atribuindo ao curto período de irrigação que pode não ter sido suficiente para promover diferença entre os tratamentos.

CONCLUSÕES

1. A irrigação com AR não proporcionou alterações nos teores de Mg e K quando comparados com a AP, havendo porém acréscimos no teores de Ca deste último, possivelmente proporcionados pela adubação mineral.
2. A AR não influenciou os valores de pH e acidez do solo, quando comparados com a AP;
3. A irrigação com AR provocou aumento na concentração de sódio no solo bem como na sua PST;

4. Não foi observada alterações nas concentrações de N-total do solo bem como da matéria orgânica entre os solos irrigados com AR e AP.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADISESCHA, H. T.; PURWATI, S.; PANGGABEAN, P. R.; SARIEF, S. E. Utilization of small soda pulp and paper mill effluent for rice field irrigation. **Water Science Technology**, v. 35, n.2, p. 205-212. 1997.

AIELLO, R.; CIRELLI, L. G.; CONSOLI, S. Effects of reclaimed wastewater irrigation on soil and tomato fruits: a case study in Sicily (Italy). **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 93, n. 1/2, p. 65-72, 2007.

ALVES, W. A. **Fertirrigação com água residuária na cultura do algodão de fibra marrom**. 2006. 190p. Tese (Doutorado em Recursos Naturais) – Universidade Federal de Campina Grande, 2006.

ANDREOLI, C.; PEGORINI, E. S.; TAMANINI, C. R. Parâmetros para normatização do reúso agrícola. In: GHEYI, H. R.; MEDEIROS, S. S.; SOARES, F. A. L. (org). **Uso e Reúso de Águas de Qualidade Inferior: Realidades e Pespectivas**. Transcrição das palestras e contribuições voluntárias do Workshop Uso e Reúso de Águas de Qualidade Inferior: Realidades e Pespectivas. Campina Grande, PB: UFCG/ UEPB. 2005, 535p.

ASANO, T.; MAEDA, M.; TAKAKI, M. Wastewater reclamation and reuse in Japan: overview and implementation examples. **Water Science and Technology**, v. 34, n.11, p. 219-226, 1996.

AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. **A Qualidade da Água na Agricultura**. Tradução: H. R. Gheyi e J.F. de Medeiros. Campina Grande, PB. UFPB/PRAI/CCT. 218p (Tradução de: Water Quality for Agriculture. FAO, Rome, 1985). 1991. 218p.

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

BLUM, J. R. C. Critérios e padrões de qualidade de água. In: MANCUSO, P. C. S.; SANTOS, H. F. **Reúso de água**. São Paulo: Manole, 2003. p. 125-174.

BOND, W.J. Effluent irrigation – an environmental challenge for soil science. **Australian Journal of Soil Research**, v. 36, p. 543-555, 1998.

BOSCO, T. C. D.; IOST, C.; SILVA, L. N.; CARNELLOSI, C. F.; EBERT, D. C.; SCHREINER, J. S.; SAMPAIO, S. C. Utilização de água residuária de suinocultura em propriedade agrícola – estudo de caso. **Irriga**, Botucatu, v. 13, n. 1, p. 139-144, janeiro-março, 2008.

BOUWER, H.; IDELOVITCH, E. Quality requirements for irrigation with sewage water. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**, v. 113, p. 516-535, 1987.

BRADY, N.C. **Natureza e Propriedades dos Solos**. Rio de Janeiro: Freitas Bastos, 1989.

CERETTA, C. A. et al. Produtividade de grãos de milho, produção de matéria seca e acúmulo de nitrogênio, fósforo e potássio na rotação aveia preta/milho/nabo forrageiro com aplicação de dejetos líquidos de suíno. **Revista Ciência Rural**, Santa Maria, v.35, n.6, p.1287-1295, 2005.

CERQUEIRA, L. L. **Aplicação de efluente de estação de tratamento de esgoto doméstica na irrigação de plantas ornamentais**. 2006. 65 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) - Universidade Federal da Bahia, Cruz das Almas, 2006.

CORAUCCI FILHO, B. et. al. **Tratamento de esgotos sanitários por processo anaeróbio e disposição controlada no solo**. Rio de Janeiro: ABES, 1999.

DAMASCENO, L. M. O. **Fertirrigação com efluente doméstico tratado no cultivo de gérbera com e sem suplementação mineral**. 2008. 120f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Campina Grande, 2008.

D'ANGIOLELLA, G. L. B.; CASTRO NETO, M. T. ; COELHO, E. F. Tendências climáticas para os Tabuleiros Costeiros da região de Cruz das Almas, BA. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, 27, 1998, Poços de Caldas. **Anais...** Lavras, SBEA, 1998, v. 1, p.43-45.

DUARTE, A. S. **Reúso de água residuária tratada na irrigação da cultura do pimentão (*Capsicum annum* L.)** 2006. 187 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2006.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Análises químicas para Avaliação da fertilidade do solo. Rio de Janeiro: CNPS, 1998. 44p.

FALKINER, R.A.; SMITH, C.J. Changes in soil chemistry in effluent- irrigated *Pinus radiata* and *Eucalyptus grandis*. **Australian Journal of Soil Research**, v. 35, p. 131- 147, 1998.

FEIGIN, A.; RAVINA, I; SHALHEVET, J. S. Treatment, processes and uses of sewage effluent. In: **Irrigation with treated sewage effluent**. (Eds.) Berlin: Springer-Verlag, 1991. cap. 2, p. 3-33.

FINK, D. R.; SANTOS, H. F. A legislação de reúso de água. In: MANCUSO, P. C. S.; SANTOS, H. F. **Reúso de água**. São Paulo: Manole, 2003. p. 262-289.

FIRME, L. P. **Efeito da irrigação com efluente no esgoto tratado no sistema solo-planta em Latossolo cultivado com cana-de-açúcar**. 2007 109f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2007.

FOLEGATTI, M. VI.; DUARTE, A. S.; BRUSCHI, R. A.G. Uso de águas residuárias na agricultura. In: GHEYI, H. R.; MEDEIROS, S. S.; SOARES, F. A. L. (org). **Uso e Reúso de Águas de Qualidade Inferior: Realidades e Pespectivas**. Transcrição das palestras e contribuições voluntárias do Workshop Uso e Reúso de Águas de Qualidade Inferior: Realidades e Pespectivas. Campina Grande, PB: UFCG/ UEPB. 2005, 535p.

FONSECA, A.F. **Disponibilidade de nitrogênio alterações nas características químicas do solo e do milho pela aplicação de efluente de esgoto tratado**. 2001. 1126 p. Dissertacao (Mestrado em Agronomia)- Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2001.

FONSECA, A.F. **Viabilidade agrônômico-ambiental da disposição de efluente de esgoto tratado em um sistema solo-pastagem**. 2005. 174 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2005.

GARCIA, G. DE O. Alterações químicas, físicas e mobilidade de íons no solo decorrentes da aplicação de água residuária da lavagem e despolpa de frutos do cafeeiro conilon. Viçosa: UFV. 100p, 2003. Dissertação Mestrado.

GLOAGUEN, T. V. **Transferências de espécies químicas através de um solo cultivado com milho e girassol irrigado com efluente de esgoto doméstico**. 2006. 113f. Tese (Doutorado em Geoquímica) - IGC/USP – Université du Sud-Toulon-Var (Protee). São Paulo, 2006.

KÄMPF, A. N.; TAKANE, R. J.; SIQUEIRA, P. T. V. **Floricultura: Técnicas de preparo de substratos**. 1. ed. Brasília: LK Editora e Comunicação, 2006. v. 1. 132 p.

KATERJI, N.; VAN HOORN, J.W.; HAMDY, A.; KARAM, F.; MASTRORILLI, M. Effect of salinity on water stress, growth, and yield of maize and sunflower. **Agricultural Water Management**, v. 30, p. 237-249, 1996.

LEAL, R. M. P. **Efeito da irrigação com efluente de esgoto tratado em propriedades químicas de um Latossolo cultivado com cana-de-açúcar.** 2007. 109f. Dissertação (Mestrado em Agronomia – Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2007.

LOPES, A. S. **Manual de fertilidade do solo.** 2.ed. Piracicaba: POTAFOS, 1998. 177 p.

LUND, L. J.; PAGE, A. L.; NELSON, C. O.; ELLIOTT, R. A. Nitrogen balances for an effluent irrigation area. **Journal of Environmental Quality.** v. 10, p. 349-352, 1981.

MALAVOLTA, E., PIMENTEL-GOMES, F., ALCARDE, J. C. **Aubos e adubações.** São Paulo: Nobel, 2002, 200p.

MEDEIROS, S. S.; SOARES, A. A.; FERREIRA, P. A.; NEVES, J. C. L.; MATOS, A. T.; SOUZA, J. A. A. Utilização de água residuária de origem doméstica na agricultura: estudo das alterações químicas do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental,** Campina Grande, v.9 n.4, 2005.

MIKKELSEN, R. L. Agricultural and environmental issues in the management of swine waste. In: RECHCIGL, J. E.; MACKINNON, H. C. (eds.), **Agriculture uses of products and waste.** American Chemical Society, v. 6, p. 110–119, 1997.

MOTA, F. S. B.; von SPERLING, M. **Nutrientes de esgoto sanitário:** utilização e remoção (coordenadores). Rio de Janeiro: ABES, 2009, 428p.

NETO, S. P. de M. Acidez, alcalinidade e efeitos da calagem no solo. **Agronline.com.br.** Disponível em: <<http://www.agronline.com.br/artigos/artigo.php?id=474>>. Acesso em: 02 de abril de 2010.

NOUR, E. A. A. **Tratamento de Efluentes de uma Indústria Cítrica pelo Processo de Escoamento Superficial no Solo.** Dissertação de Mestrado. Faculdade de Engenharia Civil da Universidade Estadual de Campinas. 1990.

PAGANINI, W. S. Reúso de água na agricultura. In: MANCUSO, P. C. S.; SANTOS, H. F. **Reúso de água**. São Paulo: Manole, 2003. p. 339-401.

PINTO, A. B. **Avaliação de gramíneas forrageiras com o uso de águas residuárias da lavagem e despolpa dos frutos do cafeeiro em rampas de tratamento**. Viçosa: UFV. 108p, 2001. Dissertação Mestrado.

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

RAIJ, B.VAN; ANDRADE, J.C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A. (Ed.) **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas: Instituto Agrônomo, 2001. p.240-250.

RAMIREZ-FUENTES, E.; LUCHO-CONSTANTINO, C.; ESCAMILLA-SILVA, E.; DENDOOVEN, L. Characteristics, and carbon and nitrogen dynamics in soil irrigated with wastewater for different lengths of time. **Bioresource Technology**, v. 85, p.179–187, 2002.

SANTOS, A. P. R. de. **Efeito da Irrigação com efluente de esgoto tratado, rico em sódio, em propriedades químicas e físicas de um argissolo vermelho distrófico cultivado com capim tifton – 85**. 2004. 79p. Dissertação (Mestrado) Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004.

SOARES, A. A.; BATISTA, R. O.; SOUZA, J.A. A., Aspectos técnicos da irrigação com águas de qualidade inferior. In: Workshop **Uso e Reúso de Águas de Qualidade Inferior: Realidades e Perspectivas**”, Campina Grande, 2005.

SOUZA, J. T.; CEBALLOS, B. S. O.; HENRIQUE, I. N.; DANTAS, J. P.; LIMA, S. M. S. Reúso de água residuária na produção de pimentão (*Capsicum annuum* L.)

Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campiba Grande, v.10, p.89–96, 2006.

STEWART, H. T. L.; HOPMANS, P.; FLINN, D. W. Nutrient accumulation in trees and soil following irrigation with municipal effluent in Australia. **Environmental Pollution**, v. 63, p. 155-177, 1990.

TEDESCO, M.J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C. A.; BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S, J. **Análise de solo, plantas e outros materiais**. 2.ed. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Departamento de Solos, 1995, 174p.

UNEP/WHO/HABITAT/WSSCC. Improving Municipal Wastewater Management in Coastal Cities. A Training Manual for Practitioners focussing on. **UNEP/GPA** Coordination Office, The Hague, The Netherlands, 2004. Disponível em: http://www.gpa.unep.org/documents/tsc_training_manual_wastewater_english.pdf Acesso em 15. fev. 2010.

WALKER, C.; LIN, H.S. Soil property changes after four decades of wastewater irrigation: A landscape perspective. **Catena**, v. 73, p. 63–74, 2008.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Assim como o consumo humano, a irrigação é uma das aplicações mais antigas destinadas à água e, dentre as atividades desenvolvidas pelo homem, a produção agrícola é a que utiliza maior quantidade, respondendo por cerca de 70% do consumo mundial de água (ITABORAHY, 2004).

Torna-se evidente que outros mecanismos de gestão deverão ser implantados, para estabelecer equilíbrio entre oferta e demanda de água. Nesse contexto, o uso de águas residuárias na irrigação constitui um moderno e eficaz instrumento de gestão para garantir a sustentabilidade dos recursos hídricos.

A irrigação de *Heliconia psittacorum* x *H. spathocircinata* cultivar Golden Torch Adrian com água residuária proporcionou acréscimos na altura, diâmetro do pseudocaulo, e número de folhas das plantas. A irrigação com lâminas maiores de 100% da ECA foram as que proporcionaram maiores valores nas variáveis de análise de crescimento, bem como na área foliar e matéria seca total das plantas.

Os teores de macronutrientes presentes nas folhas das plantas irrigadas com água residuária, se comportaram de forma semelhante às plantas que receberam água pluvial. O uso de água residuária e pluvial resultaram em acréscimos de micronutrientes nas folhas principalmente Fe e Mn, acima dos teores recomendados para a cultura da heliconia.

A irrigação com AR não proporcionou alterações nos teores de Mg e K do solo quando comparados com a AP, havendo porém acréscimos no teores de Ca no solo irrigado com AP. A AR também não influenciou os valores de pH e acidez do solo, quando comparados com a AP, bem como nas concentrações de N-total do solo e matéria orgânica. Verificou-se porém, que a irrigação com AR provocou aumento na concentração de sódio no solo bem como na sua PST.

APÊNDICE

APÊNDICE 1- Resumo da análise de variância e quadrado médio, referente à análise de crescimento das plantas de heliconia.

Fator de variação	G. L.	Quadrado médio			
		Altura da planta	Diâmetro do caule	Número de perfilhos	Número de folhas
Total	524				
Total de Redução	164	329,139**	0,091**	5,954**	96,992**
Bloco	4	2128,227**	0,309**	0,867 ^{ns}	5,836 ^{ns}
Água	2	325,745*	0,191**	0,230 ^{ns}	36,326**
Lâmina	4	561,395**	0,216**	62,286**	690,236**
Lâmina x água	8	93,3815 ^{ns}	0,058 ^{ns}	3,276 ^{ns}	13,959**
** ERRO(A) **	56	95,009	0,036	2,841	6,793
Tempo	6	5504,326	1,523**	68,790**	1647,919**
Tempo x água	12	25,226**	0,015*	0,139 ^{ns}	7,795**
Tempo x lâmina	24	98,420 ^{ns}	0,018**	4,178**	102,333**
Tempo x água x lâmina	48	16,884**	0,051 ^{ns}	0,485 ^{ns}	2,514 ^{ns}
Resíduo	360	18,469	0,066	0,413	1,843
C. V. (%)		8,26	6,318	21,486	13,844

*, **: significativo ao nível de 5% e 1% de probabilidade, respectivamente.

n.s.: não-significativo ao nível de 5% de probabilidade.

APÊNDICE 2- Resumo da análise de variância e quadrado médio, referente à análise foliar, após o término do experimento.

Fator de variação	G. L.	Quadrado médio				
		N	P	K	Ca	Mg
Bloco	4	12,422 ^{ns}	0,054 ^{ns}	14,152 ^{ns}	1,650 ^{ns}	0,24 ^{ns}
Água	2	7,551 ^{ns}	0,502**	21,853 ^{ns}	3,979 ^{ns}	1,212*
Lâmina	4	7,344 ^{ns}	0,066**	8,795 ^{ns}	0,709 ^{ns}	0,20 ^{ns}
Água x lâmina	8	13,818 ^{ns}	0,426 ^{ns}	5,404 ^{ns}	0,685 ^{ns}	0,038 ^{ns}
Resíduo	54	6,460	0,086	15,550	1,596	0,182
C. V. (%)		9,829	25,377	21,872	17,493	0,280

*, **: significativo ao nível de 5% e 1% de probabilidade, respectivamente.

n.s.: não-significativo ao nível de 5% de probabilidade.

APÊNDICE 3- Resumo da análise de variância e quadrado médio, referente à análise foliar, após o término do experimento.

Fator de variação	G. L.	Quadrado médio			
		Fe	Zn	Cu	Mn
Bloco	4	6788,399 ^{ns}	26,893 ^{ns}	0,651 ^{ns}	81167,940 ^{ns}
Água	2	44984,140**	38,865 ^{ns}	46,462**	1508,946 ^{ns}
Lâmina	4	11167,780 ^{ns}	66,766 ^{ns}	7,991**	56912,160 ^{ns}
Água x lâmina	8	14104,940**	16,506 ^{ns}	2,358 ^{ns}	38194,060 ^{ns}
Resíduo	54	4575,196	16,360	1,305	42026,110
C. V. (%)		40,258	26,066	40,682	36,512

*, **: significativo ao nível de 5% e 1% de probabilidade, respectivamente.

n.s.: não-significativo ao nível de 5% de probabilidade.

APÊNDICE 4- Resumo da análise de variância e quadrado médio, referente à área foliar, após o término do experimento.

Fator de variação	G. L.	Quadrado médio
		Área foliar
Bloco	4	160563,2
Água	2	421401,8
Lâmina	4	5099565,0
Água x lâmina	8	31895,18
Resíduo	54	44598,78
C. V. (%)	15.886	

*, **: significativo ao nível de 5% e 1% de probabilidade, respectivamente.

n.s.: não-significativo ao nível de 5% de probabilidade.

APÊNDICE 5- Resumo da análise de variância e quadrado médio, referente à análise do solo, após o término do experimento.

Fator de variação	G. L.	Quadrado médio				
		pH	Acidez	M.O.	Na	N-total
Bloco	4	0,008 ^{ns}	32,086 ^{ns}	6,031 ^{ns}	0,127 ^{ns}	0,0005 ^{ns}
Água	2	0,024 ^{ns}	67,720 ^{ns}	4,353 ^{ns}	96,885 ^{**}	0,0017 ^{ns}
Lâmina	4	0,247 ^{**}	25,186 ^{ns}	10,555 ^{ns}	1,949 ^{**}	0,0064 ^{ns}
Água x lâmina	8	0,105 ^{ns}	29,486 ^{ns}	3,078 ^{ns}	1,280 ^{ns}	0,0004 ^{ns}
Resíduo	56	0,007	42,158	3,152	0,175	0,0003
C. V. (%)		1,787	8,973	42,970	13,220	12,7850

*, **: significativo ao nível de 5% e 1% de probabilidade, respectivamente.

n.s.: não-significativo ao nível de 5% de probabilidade.

APÊNDICE 6- Resumo da análise de variância e quadrado médio, referente à análise do solo, após o término do experimento.

Fator de variação	G. L.	Quadrado médio				
		P	K	Ca	Mg	Al
Bloco	4	2,499 ^{ns}	4,802 ^{ns}	1,395 ^{ns}	3,008 ^{ns}	0,266 [*]
Água	2	2,606 ^{ns}	8,840 ^{ns}	131,582 ^{**}	5,572 ^{ns}	0,260 ^{ns}
Lâmina	4	2,651 ^{ns}	114,245 ^{**}	1,633 ^{ns}	9,016 ^{ns}	0,162 ^{ns}
Água x lâmina	8	1,714 ^{ns}	6,576 ^{ns}	1,524 ^{ns}	11,153 ^{ns}	0,121 ^{ns}
Resíduo	56	1,731	13,853	1,378	6,749	0,075
C. V. (%)		13,650	18,664	8,743	19,828	18,643

*, **: significativo ao nível de 5% e 1% de probabilidade, respectivamente.

n.s.: não-significativo ao nível de 5% de probabilidade.