



UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

**APLICAÇÃO DE EFLUENTES DE ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO
DOMÉSTICO NA IRRIGAÇÃO DE PLANTAS ORNAMENTAIS**

LOUSANE LORDÉLO CERQUEIRA

CRUZ DAS ALMAS – BAHIA
JUNHO – 2006

APLICAÇÃO DE EFLUENTES DE ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO DOMÉSTICO NA IRRIGAÇÃO DE PLANTAS ORNAMENTAIS

LOUSANE LORDÊLO CERQUEIRA

Engenheiro Agrônomo
Escola de Agronomia da Universidade Federal, 1979

Dissertação submetida à Câmara de Ensino de
Pós-Graduação e Pesquisa da Universidade
Federal da Bahia como requisito parcial para
obtenção do Grau de Mestre em Ciências Agrárias,
Área de Concentração: Ciência do solo

Orientador: Prof. Francisco de Souza Fadigas

UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA
MESTRADO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CRUZ DAS ALMAS – BAHIA – 2006

FICHA CATALOGRÁFICA

C416 Cerqueira, Lousane Lordêlo

Aplicação de efluente de estação de tratamento de esgoto doméstico na irrigação de plantas ornamentais/ Lousane Lordêlo Cerqueira.- Cruz das Almas, Ba, 2006.

65f. : il., tab., graf

Orientador: Francisco de Souza Fadigas.
Dissertação (Mestrado) - Centro de Ciências Agrárias e Ambientais. Universidade Federal da Bahia, 2006.

1. Água – reuso. 2. Água residuária 3. Solo – salinidade. 4. Esgoto estação de tratamento. 5. Plantas ornamentais – irrigação. I. Universidade Federal da Bahia, Centro de Ciências Agrárias e Ambientais. II Título.

CDD 20.ed. 631.42

COMISSÃO EXAMINADORA

Prof. Dr. Francisco de Souza Fadigas
Escola de Agronomia - UFBA
(Orientador)

Prof. Dr. Francisco Adriano Pereira
Escola de Agronomia - UFBA

Dr. Thomas Vincent Gloaguen
Escola de Agronomia - UFBA

Dissertação homologada pelo Colegiado de Curso de Mestrado em Ciências
Agrárias em

Conferindo o Grau de Mestre em Ciências Agrárias em

Ao meu esposo Valtercio e aos meus filhos Valtercio Filho, Terciane, Milena e Thiago, pelo apoio, carinho, paciência e incentivo.

DEDICO

Aos meus pais e sogro, Ananias e Vitorina, Manoel, aos meus irmãos Leusane, Leusilene, Leusimeire, Lielza, Grimaldo e Josimar.

OFEREÇO

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por me conceder o recomeço e a Nossa senhora por suas intercessões.

Aos professores e amigos Fátima, Joelito, José Fernandes, Washington Duete, Jorge Antonio, Anacleto, Clovis e Francisco Adriano por informações preciosas e esclarecimentos fundamentais.

Ao professor João Albany por sua preciosa colaboração nos trabalhos de estatística.

Ao professor Fadigas pela orientação e ensinamentos.

Aos amigos Thomas e Roberta, pela paciência e ensinamentos transmitidos.

À aluna da graduação Ana Claudia, pela dedicação, boa vontade e colaboração em campo e laboratório.

À professora Maria José Lordêlo pelas dicas de redação.

À bibliotecária Isaelce, pelas revisões bibliográficas e elaboração da ficha catalográfica.

Ao laboratorista Ailton e a aluna de graduação Elaine, pela ajuda nas análises.

À Ruth Exalta, pelo apoio irrestrito durante o projeto.

Aos colegas de jornada, Eduardo, Alexandre, Marly, Rossana, Tatyane, Dijaneide, Carla e Rosane, pela amizade, incentivo e companheirismo.

A Fundação CRE e ao SRH pelo apoio financeiro.

SUMÁRIO

	Página
RESUMO	
ABSTRACT	
INTRODUÇÃO.....	01
Capítulo 1	
DESENVOLVIMENTO DE <i>Heliconia psittacorum</i> E <i>Gladiolus hortulanus</i> IRRIGADOS COM EFLUENTE DE ESGOTO DOMÉSTICO.....	14
.	
Capítulo 2	
ASPECTOS DA QUÍMICA DE UM CAMBISSOLO IRRIGADO COM EFLUENTE DE ESGOTO DOMÉSTICO E CULTIVADO COM PLANTAS ORNAMENTAIS.....	39
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	62

APLICAÇÃO DE EFLUENTES DE ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO DOMÉSTICO NA IRRIGAÇÃO DE PLANTAS ORNAMENTAIS

Autora: Lousane Lordêlo Cerqueira

Orientador: Francisco de Souza Fadigas

RESUMO: A deterioração dos recursos hídricos pelo elevado uso, sem os devidos cuidados, limita a disponibilidade deste precioso recurso e gera situações de escassez em muitas regiões e países. Essa insuficiência promove a necessidade indispensável da utilização de águas de baixa qualidade, através do tratamento dos efluentes de esgotos domésticos, transformando-os em água para fins agrícolas. Desta forma, este trabalho teve como objetivo avaliar os efeitos da irrigação com efluente de tratamento de esgoto com wetland em duas espécies de plantas ornamentais *Heliconia psittacorum* (L.) cv. *Golden torch* and *Gladiolus hortulanus* (Bailey), e nos atributos físicos e químicos do solo e na química das plantas, quando utilizado efluente de esgoto doméstico na irrigação. Para a execução deste projeto foi instalado um experimento piloto, na comunidade de Mapele, localizado no município de Simões Filho – BA. O delineamento experimental foi em Blocos casualizados com parcelas subdivididas. As plantas foram irrigadas por gotejamento em superfície, com os tratamentos: T1 - efluente de uma estação de tratamento de esgoto (ETE) com desinfecção (adição de 5 mg L⁻¹ de cloro); T2 - efluente sem desinfecção e T3 - água de riacho. Foram avaliados comprimento das hastes e o número de botões florais (helicônia e gladiolo), e altura das plantas, número de perfilhos, diâmetro médio da touceira e teor de nutrientes das folhas (helicônia), assim como os aspectos químicos (fertilidade, salinidade) e físicos (densidade, porosidade) do solo, em três profundidades (0,0-0,1 m; 0,1-0,2 m; 0,2-0,3 m), aos 180 dias após o início da irrigação, sendo que houve uma segunda avaliação da salinidade aos 360 dias. Não foram encontradas diferenças significativas entre os tipos de água utilizados nas variáveis estudadas, exceto uma leve salinização do solo apesar da elevada precipitação.

Palavras-chave: reúso; água residuária; escassez água, salinidade do solo.

DISPOSAL OF TREATED SEWAGE EFFLUENT FOR THE IRRIGATION OF ORNAMENTAL PLANTS

Author: Lousane Lordêlo Cerqueira

Adviser: DSc. Francisco de Souza Fadigas

ABSTRACT: The degradation of water resources caused by its intensive use is limiting the water availability and creates a scarcity situation in several regions and countries. The higher water demand made the utilization of low quality water necessary, such as effluents resultant from the domestic sewage treatment which has the potential to be used for agricultural purpose. This study evaluated the use of wetland treated sewage effluent on the growth of two ornamentals plant species *Heliconia psittacorum* (L.) cv. *Golden torch* and *Gladiolus hortulanus* (Bailey), and on selected physical and chemical properties of a cambissol. The study was set up, located in Mapele community, Simoes Filhos (BA, Brazil). The treatments were arranged in a split-plotted randomized block design. The plants were irrigated with T1- wetland effluent with disinfection (addition of 5 mg L⁻¹ of chlorine); T2 – wetland effluent without disinfection and T3 – river water, using a drip irrigation system. After 180 days of irrigation, stem length and number of floral bottoms were evaluated for *Gladiolus* and *Heliconia*, and height, floral bottom, number of sprout and base diameter for *Heliconia*. The soil chemical (fertility and salinity) and physical (density, porosity) properties were evaluated at three depths (0,0 – 0,1 m; 0,1 – 0,2 m; 0,2 – 0,3 m). Salinity was also determined after 360 days of irrigation. No significant differences were observed among the three treatments along the monitored period, except a light soil salinization despite high rain amounts.

Key words: water reuse; residual water; water scarcity and soil salinity

INTRODUÇÃO

O aumento constante da população mundial resultou numa demanda crescente por alimento e água. A deterioração dos recursos hídricos pelo uso intenso, sem os devidos cuidados, põe em risco a disponibilidade deste precioso recurso e gera situações de escassez em muitas regiões e países. Segundo Bernardi (2003), pesquisas feitas pelo International Water Management Institute (IWMI), sobre a demanda de água no mundo, apontam que até o ano 2025, o crescimento populacional e a elevação da renda *per capita* provocarão o aumento do uso de água e consumo doméstico em 71% .

Segundo Maia Neto (1997), 97 % da água existente no planeta são águas salgadas, 2,07 % são águas doces em geleiras e calotas polares (água em estado sólido) e apenas 0,63 % restam de água doce, os quais por questões de inviabilidade técnica, econômica e financeira e de sustentabilidade ambiental, não são totalmente aproveitados. Além disso, uso intenso e sem os devidos cuidados, ocasiona problemas de escassez, principalmente em regiões áridas e semi-áridas em muitos países.

De acordo com Paz et al (2000), a maior parte dos países está ciente dos seus problemas de disponibilidade e uso dos recursos naturais. Porém, existem muitas limitações para o uso de tecnologias em larga escala para que eles possam solucionar ou evitar problemas e para instituir programas de preservação desses recursos.

Atualmente no nosso planeta, em cerca de 26 países, a seca já é crônica, a exemplo do Kuwait, Israel, Jordânia, Arábia Saudita, Egito, Líbia, Iraque, Bélgica, Argélia, Cabo Verde, Etiópia, Iraque, Hungria, México, Estados Unidos, França, Espanha e outros, (PAZ et al., 2000; CAMARGO, 2004).

No Brasil, o semi-árido ocupa área de aproximadamente 900 mil km², correspondendo a cerca de 60% da região nordeste (ALBINATI et al., 2005). Seus recursos hídricos são superficiais, escassos e mal distribuídos, o que,

acompanhado da irregularidade das precipitações e do uso indiscriminado dos mananciais, tem provocado períodos cruciais de seca para a população nordestina e ainda contribui de forma intensa para a degradação da qualidade da água, ampliando os problemas ambientais da região (MAGALHÃES, 2002).

No Brasil, a poluição dos mananciais é outro fator que vem afetando sensivelmente a disponibilidade da água. A falta de tradição e o desconhecimento do uso de efluentes na agricultura vêm propiciando o seu lançamento em águas superficiais, gerando sérios impactos ambientais. O excesso de nitrogênio, fósforo, matéria orgânica e sais, provenientes dos esgotos, favorecem a proliferação de algas, resultando na eutrofização das águas (PESCOD, 1992; AL SALEM, 1996).

A necessidade de encontrar o equilíbrio entre a demanda e a disponibilidade de água, impõe a necessidade de estudos mais detalhados por parte das Instituições de gestão de recursos hídricos, na busca de soluções complementares, que venham minimizar as pressões existentes sobre os mananciais (RODRIGUES, 2005).

Segundo Costa & Barros Junior (2005), por volta de 1960, vários países começaram a investir em diversas formas de reaproveitamento das águas, em atividades menos exigentes em qualidade. No Brasil, a reutilização de água ainda é pouco difundida entre a população, mas vem crescendo o interesse por parte de pesquisadores e já estão em andamento Projetos-Piloto, no Nordeste brasileiro e em algumas indústrias paulistas, com a finalidade de usar as águas residuárias na indústria e agricultura. A exemplo do Projeto: "CIRRA - Centro Internacional de Referência em Reúso de Água - Promoção, Institucionalização e Regulamentação da Prática de REÚSO no Brasil"; Projeto: "Tratamento e desinfecção de esgoto visando reúso na agricultura, na indústria ou para armazenamento em barragens", da Universidade Federal da Paraíba Campina Grande – PB; Projeto: "Reutilização de Águas Servidas em Edifício Residencial" da Universidade Federal do Rio Grande do Norte; Projeto Regional - Sistemas Integrados de Tratamento e Usos de Águas Residuárias na América Latina: realidade e potencial , dentre outros.

Para Hespanhol (2003a), é fundamental desenvolver-se, em todos os setores da sociedade, uma política cultural e de preservação de água. Assim, a utilização de efluentes originados de esgotos, principalmente os domésticos, além das águas das chuvas, as salobras e as de drenagem agrícola darão suporte ao

reúso consciente e planejado de águas de baixa qualidade, disponibilizando a melhor para setores mais exigentes.

No contexto atual, a preocupação com a saúde pública e meio ambiente requer que a disposição de efluentes de esgoto, em solos, seja executada com maior critério. Os efluentes domésticos, brutos ou tratados vêm sendo extensivamente estudados e aplicados em todo o mundo. A técnica, denominada “reúso de águas”, é comum em regiões onde há escassez de recursos hídricos e demandas crescentes para o desenvolvimento urbano, agrícola ou industrial, surgindo como alternativa viável para aumentar a disponibilidade hídrica, sendo largamente utilizado em países localizados nas regiões áridas e semi-áridas (PAGANINI, 2003).

A reutilização de águas residuais pode ocorrer de forma direta ou indireta, ligadas a ações planejadas ou não (COSTA & BARROS JÚNIOR, 2005). Assim temos:

- **reúso indireto não planejado da água:** a água proveniente das atividades humanas é disposta no meio ambiente e novamente utilizada a jusante, de forma diluída, de maneira não intencional e não controlada. No decorrer do percurso até ser captada para o novo usuário, poderá sofrer ações de diluição e depuração através do ciclo hidrológico;
- **reúso indireto planejado da água:** os efluentes tratados são lançados nos cursos de águas superficiais ou subterrâneas, obedecendo a um planejamento e utilizados a jusante, de forma controlada, para atendimento de algum tipo de consumo. Nesta forma de reúso admite-se existir algum controle sobre as eventuais novas descargas que acontecem ao longo do trajeto, não alterando os requisitos de qualidade de reúso objetivado;
- **reúso direto planejado da água:** é aquele que em que os efluentes tratados, são levados diretamente a zona de aplicação do reúso, geralmente indústria e irrigação, não sendo descartado no meio ambiente.

Segundo Hespanhol (2003a), as possibilidades e formas potenciais de reúso estão sujeitas, a uma série de peculiaridades tais como: deliberação política, disponibilidade técnica e fatores locais, econômicos, sociais e culturais.

Os esgotos tratados, segundo Hespanhol (1999), podem ser utilizados, tanto em áreas rurais como em áreas urbanas tais como:

- **uso agrícola:** na irrigação de culturas diversas, de acordo com critérios de qualidade da água e restrições, em função do tipo de cultura vegetal, irrigação superficial de pomares e vinhas; irrigação de pastos, forragens, fibras e grãos; dessedentação de animais.
- **uso urbano:** irrigação de parques e jardins públicos, centros esportivos, campos de futebol, quadras de golfe, jardins de escolas e universidades; controle de poeira em movimentos de terra; descarga sanitária em banheiros públicos, etc.
- **uso industrial:** em torres de resfriamento como água de "make-up"; caldeiras, construção civil, incluindo preparação e cura de concreto, e para compactação do solo; lavagens de pisos e alguns tipos de peças, principalmente na indústria mecânica, lavagem e tingimento de tecidos na indústria têxtil.
- **recarga de aquíferos:** Aquíferos subterrâneos são realimentados por meio de campos de recarga ou diretamente, através de irrigação ou precipitações o que, eventualmente, pode decorrer em poluição de suas águas. Ao se recarregar aquíferos objetiva-se proporcionar tratamento adicional de efluentes, aumentar a disponibilidade de água em aquíferos potáveis ou não potáveis, proporcionar reservatórios de água para uso futuro, prevenir subsidência do solo ou prevenir a intrusão de cunha salina, em aquíferos costeiros.

Reúso de água na agricultura

A agricultura irrigada é uma atividade altamente rentável e que além de contribuir com o aumento da produção, favorece a estabilidade de preço (BERNARDI, 2003). Todavia, o uso da irrigação enfrenta como dificuldade a indisponibilidade de grandes volumes d'água necessários para a demanda. Aliado a isso, 98% da água que é retirada do solo pela planta é liberada para a atmosfera (TELLES, 2003), especialmente no nordeste brasileiro, onde ocorre alto índice de evapotranspiração (ATAYDE JUNIOR et al., 2000).

O maior uso que se faz da água no mundo é na agricultura. A irrigação retira aproximadamente 69% do volume da água de boa qualidade consumida no planeta pelo homem. As demandas em muitas regiões são superiores as quantidades existentes (TELLES, 2003). No Brasil, a água utilizada na irrigação, chega a 70% do consumo consumptivo total, tendendo chegar à 80% por volta de 2010 (HESPANHOL, 2003a). No uso consumptivo, a água utilizada não retorna para a fonte procedente já que é evapotranspirada pelas culturas (TELLES,

2003). Certamente, estes valores percentuais podem variar dependendo da disponibilidade da água, do grau de desenvolvimento da região e até mesmo de aspectos culturais.

A utilização de águas residuárias na irrigação tem como principal vantagem a recuperação de um recurso da maior importância na agricultura, a água. Assim, destinar os esgotos tratados para irrigação é a melhor forma de potencializar o reúso, pois, podem ser utilizados no meio urbano (irrigação de parques, jardins e outras áreas verdes) ou no meio rural onde as atividades agrícolas e pecuárias exigem grandes quantidades de água para irrigar culturas e pastagens.

Segundo Hespanhol (2003b), sem o desenvolvimento de novas fontes de suprimento de água e a gestão adequada dos recursos hídricos convencionais, a produção de alimentos não poderá ser mantida. Esta apreciação fundamenta-se no fato de que o aumento da produção agrícola, por meio da ampliação de áreas cultivadas está comprometido, isto porque, as terras agricultáveis do Planeta estão chegando rapidamente a seus limites de expansão.

Essa insuficiência promove a discussão sobre a necessidade indispensável da utilização de águas de baixa qualidade, através do tratamento dos efluentes de esgotos domésticos, destinando-os para fins agrícolas, que em muitos casos se satisfaz com água de padrões baixos de qualidade, podendo ser usada para a irrigação (KÖNIG et al., 1997; TELLES, 2003).

Diversos países, a exemplo de Israel, Austrália, Chile e outros já utilizam efluentes na agricultura e possuem um programa governamental de gestão técnica e de recursos hídricos (PESCOD, 1992; BERNARDI, 2003). No Brasil, apesar de a técnica ter-se expandido nos últimos anos, ainda não contamos com uma regulamentação específica (HESPANHOL, 2003a).

Além das vantagens já mencionadas, os constituintes das águas residuárias são, em sua maioria, produtos que podem aumentar a fertilidade dos solos. Azevedo & Oliveira (2005), ressaltam a importância da utilização de efluente de esgoto para o fornecimento de nutrientes e aumento de produtividade. Ao aplicarem efluente de esgoto residencial por gotejamento, em cultura de pepino (*Cucumis sativus* L.), obtiveram um aumento de 40,7 % na produção. Papadopolous & Stylinou citado por Cararo (2004), concluíram que o uso de água residuária, proporcionou alto rendimento e boa qualidade em sementes de

girassol, além de ter diminuído as quantidades de fertilizantes a base de nitrogênio e fósforo.

Os efluentes que ocasionam impactos negativos, se lançados em cursos d'água, quando utilizados na agricultura, servem como fonte de água e nutrientes (FONSECA, 2005), além da adição de matéria orgânica, importante para o sistema solo-planta (STEVENSON, 1994). Considerando-se os elementos essenciais requeridos pelas plantas e a fertilidade do solo, o reúso de água poderá, dentro de certos limites, completar a adubação das culturas, através dos materiais dissolvidos nos efluentes (PESCOD, 1992), permitindo a reciclagem dos nutrientes presentes no esgoto e conseqüentemente reduzindo os custos com fertilizantes (AYERS & WESTCOT, 1999; ATAYDE JUNIOR et al., 2000).

Os nutrientes contidos em efluentes de esgotos domésticos, têm valor potencial para as produções agrícolas (TELLES, 2003). Os de maior interesse são o fósforo, nitrogênio, potássio, zinco, boro e enxofre cujos teores são suficientes para atender uma boa parte das necessidades das plantas na maioria das vezes, contudo, ressalta-se que os teores de P, em geral, não atendem às necessidades das plantas, motivando assim, uma adubação suplementar (BLUM, 2003). Dentre todos os nutrientes acima o mais freqüente e benéfico nesse tipo de água é o nitrogênio, entretanto, em teores excessivos, apesar de proporcionar maior velocidade de crescimento para as plantas, pode provocar um exagerado desenvolvimento vegetativo da planta ou ainda prejudicar a qualidade da produção (TELLES, 2003; BLUM, 2003).

Ao ser lançado no solo, o esgoto bruto ou tratado sofre autodepuração através de processos físicos, químicos e biológicos, reduzindo, assim, sua carga poluidora (PAGANINI, 2003). Esses processos devem ser caracterizados por meio de estudos técnico-sanitários, de modo que possam facilitar o monitoramento das modificações que ocorrem no solo, na água de irrigação e na cultura irrigada (ARAÚJO et al., 1999).

Segundo Brega Filho & Mancuso (2002), a utilização de água originária de reuso para irrigação de plantas, deve ser observada com maior critério em relação ao tipo de cultivo a que será destinada. As plantas comestíveis (nas formas cruas e cozidas) necessitam de um nível maior de qualidade, do que as não comestíveis (silvicultura, pastagens, fibras e sementes).

Assim, para garantir bons padrões de qualidade físico-químico e sanitário na água reusada na irrigação, os principais constituintes que devem ser avaliados, são: os sais presentes na água e no solo, que reduzem a disponibilidade da água para a planta; as altas concentrações de sódio ou baixa de cálcio, que fazem diminuir a velocidade de infiltração da água; a toxicidade de íons específicos (sódio, cloreto e boro) e o excesso de nutrientes, além de organismos patogênicos (AYERS e WESTCOT, 1999; SOUSA et al., 2000).

A disposição de efluentes sobre o solo (cultivado ou não) pode apresentar vantagens como o favorecimento da degradação (ou transformação) de numerosos compostos perigosos ao meio; a reutilização de grande quantidade de água na agricultura, preservando a demanda das águas de boa qualidade para o consumo humano ou industrial; a retenção e imobilização de íons metálicos por fenômenos de adsorção por argilas, óxidos e oxihidróxidos (ALLOWAY & AYRES, 1997).

Por outro lado, a aplicação de efluentes pode apresentar diversos efeitos negativos. Quando esse material contiver quantidades apreciáveis de sais, o acúmulo destes na zona radicular poderá comprometer o desenvolvimento das plantas devido ao aumento do potencial osmótico.

A salinidade é geralmente caracterizada através da condutividade elétrica (CE), pois o aumento dos sais na água favorece a condutância da mesma. É dependente das concentrações iônicas, da temperatura e indica a quantidade de sais existentes na água, desta forma, representa uma medida indireta da concentração de poluentes.

Quando o solo está mais seco, proporciona o aumento do potencial mátrico, o que interfere no valor do potencial total da água no solo (equação 1). Por outro lado, o aumento da umidade no solo provoca o decréscimo do potencial mátrico e conseqüentemente eleva o potencial osmótico (equação 1). De acordo Ferreira et al (2005), um componente osmótico baixo, mesmo ocorrendo um elevado valor do componente matricial, sugere que a concentração total de sais na solução do solo está alta e fazendo com que, as plantas despendam grande quantidade de energia para absorver a água nesse solo. Isso demonstra a importância da determinação da salinidade em solo irrigado.

$$\Phi_t = \Phi_g + \Phi_m + \Phi_o \quad (1)$$

Onde:

Φ_t = potencial total da água no solo ; Φ_g = potencial gravitacional; Φ_m = potencial mátrico; Φ_o = potencial osmótico.

O maior efeito do efluente nas propriedades físicas e hidráulicas do solo está relacionado à sua sodicidade, que pode causar a diminuição da infiltração de água no solo, a drenagem e a aeração do meio poroso não saturado, como consequência da dilatação, enfraquecimento e quebra das ligações entre as partículas de argila, especialmente as expansivas (FETTER, 1993; McBRIDE, 1994).

O uso de efluente de Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) na irrigação, caracteriza-se por ser uma prática que atende a algumas questões essenciais, tais como: ameniza o despejo dos esgotos nos cursos d'água e, conseqüentemente, a eutrofização dos mesmos (AL SALEM, 1996; CARARO, 2004), como também promove o alívio da demanda de água doce para fins agrícola e a nutrição sustentável das plantas e, assim, vem sendo apontado como uma alternativa para atenuar o problema da escassez hídrica no semi-árido (SOUSA & LEITE, 2003; FONSECA, 2005).

A água para reúso na irrigação deve apresentar bons padrões de qualidade físico-químicos e sanitários. Assim, alguns constituintes como os sais presentes na água e no solo, as concentrações de sódio, de cálcio, a toxicidade de íons específicos (sódio, cloreto e boro) e a quantidade de nutrientes, além de organismos patogênicos devem ser avaliados (SOUSA et al., 2000).

A exploração planejada do reúso no Brasil dará oportunidade a pequenos e médios agricultores de desfrutar de uma água não convencional, suprimindo a escassez de mananciais para irrigação. Para que o reúso planejado tenha sucesso, é conveniente que os sistemas de tratamento de esgoto sejam adequados a realidade brasileira a fim de que possam produzir efluente de boa qualidade sanitária e baixo custo (KÖNIG et al., 1997).

Nos dias atuais, o cultivo irrigado de flores e plantas ornamentais vem crescendo principalmente pelo retorno rápido dos investimentos aplicados. No Brasil, essa atividade econômica vem se intensificando ao longo dos anos sinalizando lugar de destaque no agronegócio. Dentre as inúmeras espécies

cultivadas, destacamos as helicônias e os gladiolos, duas espécies que vem se destacando na preferência do consumidor de flores no mercado brasileiro. Além disso, o fato de não serem culturas comestíveis, permitem uma melhor tolerância da parte do público em relação à qualidade dos produtos.

A helicônia (*Helicônia sp.*) é uma planta herbácea de origem tropical, com rizomas subterrâneos que são utilizados para propagação vegetativa, no qual se desenvolvem os pseudocaulos e as gemas florais. Produz inflorescências terminais, envolvidas por brácteas de cor intensa e exuberante (CORREA, 1984; GONDIN, 2004). O florescimento ocorre o ano todo, usualmente no primeiro ano após o plantio, sendo comercializada como flor de corte. O híbrido *Golden Torch* (*H. psittacorum* x *H. spathocircinata*), cresce cerca de 0,75 a 2,7m, podendo ser cultivado em sol pleno ou até 40% de sombreamento (CASTRO, 1995). Por ser exigente em água, a irrigação em regiões onde ocorrem déficit evapotranspirativo, deve ser duas a três vezes por semana, principalmente após a emissão das folhas (ALVES & SIMÕES, 2003; CASTRO, 1995; GONDIN, 2004). Segundo Lamas (2003), os nutrientes mais exigidos por essa cultura, são, nitrogênio, potássio, fósforo, magnésio, ferro e manganês.

O gladiolo, mais conhecido como Palma de Santa Rita, tem grande importância econômica na horticultura ornamental, sendo o terceiro produto em volume de vendas dentre as flores cultivadas no Brasil. É uma planta herbácea, bulbosa, folhas alongadas e lanceoladas, com nervuras paralelinérvias (PAIVA, 2003). O caule é modificado na forma de corno (bulbo sólido), onde forma as raízes. A floração ocorre entre 65 e 120 dias, as flores são bissexuadas, dispostas em inflorescências tipo espiga, podendo ocorrer em número de 12 a 20 (INFOAGRO, 2006). Necessita ser irrigado com frequência, visto que, a deficiência de água prejudica o desenvolvimento vegetativo e o florescimento (BARBOSA & LOPES, 1994).

A demanda por tecnologia, o crescimento e expansão da floricultura, não foram suficientes para gerar informações específicas que possam subsidiar o manejo de irrigação de flores (GONDIN et al., 2004).

Realizamos o presente trabalho, com o objetivo de avaliar os efeitos do reúso de água, no solo e na irrigação em duas espécies de plantas ornamentais, quando se utiliza efluente de esgoto doméstico.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AL SALEM, S.A. Environmental considerations for wastewater reuse in agriculture. **Water Science Technology**, Londres, v. 33, n. 10-11, p. 345-353, 1996.

ALBINATI, R. C. B. ; ALBINATI, A. C. L. ; MEDEIROS, Y. D. Utilização de águas desprezadas para a produção de alimentos no Semi-árido. In: SIMPOSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 15., 2003, Curitiba, PR. **Anais ...** 2003. Curitiba: ABRH, 2003. p. 1–17.

ALLOWAY, B. J.; AYRES, D.C. **Chemical principles of environmental pollution**. 2 ed. London: Chapman & Hall.1997. 395p.

ALVES, R.M. de O.; SIMÕES, C. Cultivo de helicônias na Bahia. **Bahia Agrícola**, Salvador, v.5, n.3, p. 9 – 11, jul. 2003.

AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. **A qualidade da água na agricultura**. Trad. GHEYI, H. R. MEDEIROS, J. F. de. DAMASCENO, F. A. V. Campina Grande: UFPB,1999. 218 p.

ARAÚJO, A. L. de et al. Reúso indireto de esgotos na irrigação de colunas experimentais de solo cultivadas com alface (*lactuca sativa, l.*). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 20., 1999, Rio de Janeiro. **Anais ...** Rio de Janeiro: ABES, 1999. p.

ATHAYDE JÚNIOR, G.B. ;et al. Estudo de espécies de fósforo e nitrogênio em lagoas de estabilização. In: CONGRESSO INTERAMERICANO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 27. , 2000, Porto Alegre. **Anais ...** Porto Alegre: ABES, 2000. Disponível em: <www.cepis.ops-oms.org>. Acesso em: 10 dez. 2005.

AZEVEDO, L. P. de ; OLIVEIRA, E. L. de. Efeitos da aplicação de efluente de tratamento de esgoto na fertilidade do solo e produtividade de pepino sob irrigação subsuperficial. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.25, n.1, p.253-263, jan./abr. 2005.

BARBOSA, J.G.; LOPES, L. C. **O cultivo do gladiolo**. Viçosa: Imprensa Universitária, 1994. 13p.

BERNARDI, C. C. **Reúso de água para irrigação**. 2003. 52 f. Monografia (Especialização *Lato sensu*, modalidade MBA) - UnB, Brasília, 2003.

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

CAMARGO, R. A possível futura escassez de água doce que existe na Terra, é principal preocupação das autoridades. **Revista Sinergia**, São Paulo, v.1.5, n. 2, jul./dez. 2004. Disponível em: <www.cefetsp.br/sinergia>. Acesso em 22 abr. 2006.

CARARO, D. C. Manejo de irrigação por gotejamento para aplicação de água residuária visando a minimização do entupimento de emissores. 2004. 130f. Tese (Doutorado em Agronomia) – ESALQ/ USP, Piracicaba, 2004.

CORRÊA, P.M. Dicionário das plantas úteis e exóticas do Brasil. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal, 1984. v.1.

CASTRO, C.E.F. **Helicônia para exportação**: aspectos técnicos da produção. Brasília: EMBRAPA- SPI, 1995. 44p. (Série publicações técnicas – FRUPEX, 16).

COSTA, D. M. A. da; BARROS JÚNIOR, A. C. de. Avaliação da necessidade do reúso de águas residuais. **Holos**, Natal, ano 21, p. 81-101, set. 2005.

FETTER, C. W. **Contaminant hydrogeology**. New York: Macmillian Publish Company. 1993. 458 p.

FONSECA, A. F, da. **Variabilidade agrônômico-ambiental da disposição de efluente de esgoto tratado em um sistema solo-pastagem**. 2005. 174f. Tese (Doutorado em Agronomia) - ESALQ/USP, Piracicaba, 2005.

GONDIN et al. **Manejo da irrigação na produção da helicônia (H. bihai)**. Fortaleza: Embrapa, 2004. 5p. (Circular técnica, 19).

HESPANHOL, I. Água e saneamento básico. In: REBOUÇAS, A. da C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J. G. **Águas doces do Brasil**: capital ecológico, uso e conservação. São Paulo: Escritura, 1999. p. .

_____. Potencial de reuso de água no Brasil: agricultura, indústria, municípios, recarga de aquíferos. **Bahia Análise & Dados**, Salvador, v. 13, n. especial, p. 411-437, 2003b

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

INFOAGRO. **El cultivo del gladiolo**. Disponível em <www.infoagro.com> Acesso em; 18 fev. 2006.

KÖNIG, A. et al. Uso de esgoto tratado como fonte de água não convencional para irrigação de forrageiras. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL. 19., 1997, Foz do Iguaçu. **Anais**: Foz do Iguaçu: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 1997. p. 2072 - 2081.

LAMAS, A. da M. Floricultura tropical: avanços tecnológicos. In: SEMANA INTERNACIONAL DA FRUTICULTURA, FLORICULTURA E AGROINDÚSTRIA, 10, 2003. Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: Instituto Frutal, 2003. 1 CD-Room.

MAGALHÃES, N. F. et al. A. Principais impactos nas margens do Baixo Rio Bodocongó - PB, decorrentes da irrigação com águas poluídas com esgoto. **Rev. bras. Eng.agríc. ambient.**, Campina Grande, v. 6, n.1, p. , jan./abr. 2002.

MAIA NETO, R.F. Água para o desenvolvimento sustentável. **A Água em Revista**, Belo Horizonte, n.9, p.21-32, 1997.

McBRIDE, M.B. **Environmental chemistry in soils**. Oxford: Oxford University Press, 1994. 416p.

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

PAIVA, P. D. de O. **Floricultura 1: cultivo do gladiolo (Palma-de-Santa-Rita)**. Lavras: UFLA, 2003. 18 p.

PAZ, V. da S.; TEODORO, R. E. F.; MENDONÇA, F. C. Recursos hídricos: agricultura irrigada e meio ambiente. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 4, n. 3, p 465-473, 2000. (Comunicado técnico).

PESCOD, M. D. **Wastewater treatment and use in agriculture**. Rome: FAO, 1992. 125p (FAO, Irrigation and Drainage Paper, 47).

RODRIGUES, R. dos S. **As dimensões legais e institucionais do reúso de água no Brasil**: proposta de regulamentação do reúso no Brasil. 2005. 177 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia hidráulica e sanitária) - EP – USP, São Paulo, 2005.

SOUSA, J.T. de et al. Reúso de efluente de esgotos sanitários na cultura do arroz. In: SIMPÓSIO LUSO-BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 2000, Porto Seguro, Ba, 2000. **Anais...** Rio de Janeiro: ABES, 2000. p.1058-1063.

SOUSA, J. T. de; LEITE, V.D. **Tratamento e utilização de esgotos domésticos na agricultura**. Campina Grande: EDUEP, 2003. 135p.

STEVENSON, J.F. **Humus chemistry genesis**: composition, reactions. 2. ed. New York : John Wiley & Sons, 1994. 496p.

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.

CAPÍTULO 1

DESENVOLVIMENTO DE *Heliconia psittacorum* E *Gladiolus hortulanus* IRRIGADOS COM EFLUENTE DE ESGOTO DOMÉSTICO¹

¹ Artigo ajustado e submetido ao Comitê Editorial do periódico científico : Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental

DESENVOLVIMENTO DE *Heliconia psittacorum* E *Gladiolus hortulanus* IRRIGADOS COM EFLUENTE DE ESGOTO DOMÉSTICO

Autora: Lousane Lordêlo Cerqueira

Orientador: Francisco de Souza Fadigas

RESUMO: Os efluentes originados de esgotos domésticos vêm se mostrando como fonte alternativa para uso menos restritivos como a agricultura. Neste contexto, este trabalho teve como objetivo avaliar o impacto do uso de efluente de esgoto doméstico no desenvolvimento de *Heliconia psittacorum* (L.) cv. *Golden torch* e *Gladiolus hortulanus* (Bailey), bem como, o efeito nos atributos físicos e químicos de um Cambissolo. O ensaio foi instalado na comunidade de Mapele, Simões Filho (BA), em novembro de 2004, utilizando um delineamento experimental de blocos casualizados, em parcelas subdivididas. As espécies ornamentais foram irrigadas por gotejamento com efluente (sem e com desinfecção com cloro) de uma estação de tratamento de esgoto (ETE) composta de (DAFA e wetland) e com água de riacho (testemunha). Foram avaliados comprimento das hastes e o número de botões florais (helicônia e gladiolo), e altura das plantas, número de perfilhos, diâmetro médio da touceira e teor de nutrientes das folhas (somente helicônia). Dentre as características do solo que afetam o desenvolvimento das plantas, foram avaliadas a porosidade e a salinidade do solo (por meio da condutividade elétrica - CE), em três profundidades (0,0 – 0,1 m; 0,1 – 0,2 m; 0,2 – 0,3 m). Não se observou diferenças significativas no desenvolvimento das plantas. A micro e macroporosidade, a CE e sodicidade do solo, também não apresentaram diferenças entre os três tratamentos depois de 180 dias de irrigação. No entanto, aos 360 dias a área irrigada com efluente apresentou um início de salinização do solo, o que significa possibilidade de alterações dos parâmetros avaliados a médio e longo prazo.

Palavras-chave: Reúso de água; salinidade do solo; porosidade do solo; plantas ornamentais.

***Heliconia psittacorum* and *Gladiolus hortulanus* DEVELOPMENT ON A SOIL IRRIGATED WITH DOMESTIC SEWER EFFLUENT**

Author: Lousane Lordêlo Cerqueira

Adviser: DSc. Francisco de Souza Fadigas

ABSTRACT: Domestic sewage effluents are an increasingly alternative resource for less limitative uses such as agriculture. This study evaluated the impact of the use of domestic sewage effluents on the growth of two ornamentals plant species *Heliconia psittacorum* cv. . *Golden torch* and *Gladiolus hortulanus*, and on some soil physical and chemical properties of a cambissol. The study was set up at Mapele community, Simoes Filhos (BA, Brazil), on November 2004. The treatments were established in randomized block design in a split-plot scheme. The plants were irrigated by drip irrigation with treated wetland effluent (with or without disinfection with chlorine) and with river water (control plot). The stem length and the number of floral bottoms were evaluated in *Heliconia* and *Gladiolus* and height, number of seedlings, mean bush diameter and leaves nutrient content were evaluated in *Heliconia*. Among the soil properties that affect the plant growth, soil porosity, salinity (electric conductivity EC) and sodicity were evaluated at the depths of 0.0-0.10, 0.10-0.20 and 0.2-0.30 m. The use of residual water did not affect the plant growth nor soil porosity (macroporosity and microporosity). The EC and sodicity of the three treatments also were similar, after 180 days of irrigation. However, the EC of the soil cultivated with *Heliconia* tended to enhance the soil salinization. In other words, the application of the treatments for medium or long term may alter some important soil attributes.

Key words: water re-use; soil salinity; soil porosity; ornamental plants.

INTRODUÇÃO

Atualmente, em virtude da pressão demográfica e econômica da sociedade moderna, a oferta de recursos hídricos tem diminuído em quantidade e qualidade (TRENTIN, 2005). Diante deste panorama, Folegatti et al. (2005) salienta a necessidade de buscar uma forma de se utilizar esse recurso natural com maior racionalidade, por meio de técnicas que promovam um aproveitamento mais eficiente da água em diversas atividades humanas.

Para König et al.(1997) e Telles (2003), as águas de qualidade inferior, tais como os efluentes originados de esgotos, particularmente os domésticos, devem, sempre que possível, ser consideradas como fontes alternativas para usos menos restritivos, como a agricultura, onde água de padrões baixos de qualidade, podem ser usada para a irrigação. Nesse sentido, Hespanhol (2003), chama a atenção para a necessidade do uso de tecnologias apropriadas, na eficiência do uso e no controle da demanda dessas fontes, como estratégia básica para a solução do problema da falta universal de água. Assim, uma nova tática de consumo está se desenvolvendo em todo o mundo visando conservar a sua disponibilidade e qualidade: “o reúso de água”.

Nos dias de hoje, aproximadamente 500.000 hectares de terras agrícolas, em cerca de 15 países, estão sendo irrigadas com águas residuárias. Entre estes, Israel detêm um dos mais ambiciosos programas de reutilização de águas, sendo que 70% das águas residuárias do país são reutilizadas para a irrigação de 19.000 hectares (FOLEGATTI et al., 2005). O reúso planejado de águas residuárias domésticas na agricultura vem sendo apontado como uma medida para atenuar o problema da escassez hídrica no semi-árido (SOUSA et al., 2003).

O reúso de água é uma alternativa que vem se mostrando viável e vários são os benefícios provenientes de sua aplicação agricultura. Entre as vantagens do reúso, podemos mencionar: a possibilidade de substituição parcial de fertilizantes químicos, com a diminuição do impacto ambiental, em função da redução da contaminação dos cursos d'água; as plantas podem ser beneficiadas não somente pela água, mas também, dentro de certos limites, pelos materiais dissolvidos nos efluentes (como matéria orgânica, nitrogênio, fósforo, potássio e micronutrientes); além da economia da quantidade de água, direcionada em

grandes volumes para a irrigação, que representa a maior demanda de água nas regiões secas (PESCOD, 1992; BERNARDI, 2003).

Quando disposto no solo, o esgoto bruto ou tratado sofre autodepuração através de processos físicos, químicos e biológicos, que reduzem sua carga poluidora (PAGANINI, 2003). Por outro lado, a aplicação de efluentes no solo pode apresentar diversos efeitos negativos. Na ausência de lixiviação e na presença de evapotranspiração excessiva, a irrigação com efluente promova o acúmulo de sais na zona radicular (BERNSTEIN, 1974; MELO et al., 2001), o que pode comprometer o desenvolvimento das plantas. Essa situação se agrava à medida que o solo seca, pois as plantas passam a sofrer, tanto pelo estresse matricial quanto pelo estresse osmótico, o que conseqüentemente aumenta com a presença de sais, restringindo a absorção de água (FETTER, 1993; RHOADES et al., 2000; MELO et al., 2001; GLOAGUEN, 2005). Além disso, o efluente possui geralmente altos valores de Razão de Adsorção de Sódio (RAS), elevando a Percentagem de Sódio Trocável (PST) dos solos irrigados (Gloaguen, 2005), o que pode provocar redução da condutividade hidráulica e drenagem (SUMNER, 1993; FETTER, 1993; McBRIDE, 1994).

Azevedo & Oliveira (2005), ressaltam a importância da utilização de efluente de esgoto para o fornecimento de nutrientes e aumento de produtividade. Ao aplicarem efluente de esgoto residencial por gotejamento, em cultura de pepino (*Cucumis sativus* L.), obtiveram um aumento de 40,7 % na produção. Papadopolous & Stylinou apud Cararo (2004), concluíram que o uso de água residuária, proporcionou alto rendimento e boa qualidade em sementes de girassol, além de ter diminuído as quantidades de fertilizantes a base de nitrogênio e fósforo.

A helicônia é uma planta tropical herbácea que produz inflorescências terminais com 4 a 8 flores. O híbrido Golden Torch, cresce cerca de 0,75 a 2,7 m, podendo ser cultivado a sol pleno. Por ser exigente em água, a irrigação em regiões onde ocorrem deficit evapotranspirativo, deve ser duas a três vezes por semana, principalmente após a emissão das folhas (CASTRO, 1995; ALVES & SIMÕES, 2003; GONDIN et al., 2004). Segundo Lamas (2003), os nutrientes mais exigidos por essa cultura, são: nitrogênio, potássio, fósforo, magnésio, ferro e manganês.

O gladiolo é uma planta herbácea, bulbosa, que possui folhas alongadas e lanceoladas, com paralelinérveas (PAIVA, 2003). Sua floração ocorre entre 65 e 120 dias após o plantio, podendo ocorrer entre 12 a 20 flores por inflorescência (INFOAGRO, 2006).

Este trabalho tem por objetivo avaliar o impacto da utilização de efluente de esgoto doméstico em alguns componentes de produção de duas plantas ornamentais, *Heliconia psittacorum* (L) cv. *Golden torch* e *Gladiolus hortulanus*, (Bailey) bem como avaliar a salinidade, sodicidade e porosidade do solo, suscetíveis de influenciar no desenvolvimento das culturas.

MATERIAL E MÉTODOS

A parte experimental do trabalho foi instalada no final de novembro de 2004, no município de Simões Filho (BA), localizado a uma altitude média de 50 m, a 12° 47' de Latitude Sul e 38° 23' de Longitude Oeste, distanciando-se 22 Km da capital do Estado. Apresenta clima úmido (B1rA') na classificação de Thornthwaite, com temperaturas médias anuais de 24,7°C, pluviosidade média anual entre 1600 e 2000 mm (Figura 1), sendo que as maiores concentrações pluviométricas ocorrem entre os meses de abril e junho. A área experimental encontrava-se situada próxima ao condomínio residencial Crescer, construído na comunidade de Mapele, no Centro Industrial de Aratu (CIA Sul). O solo foi classificado como Cambissolo Háplico T_B Distrófico típico.

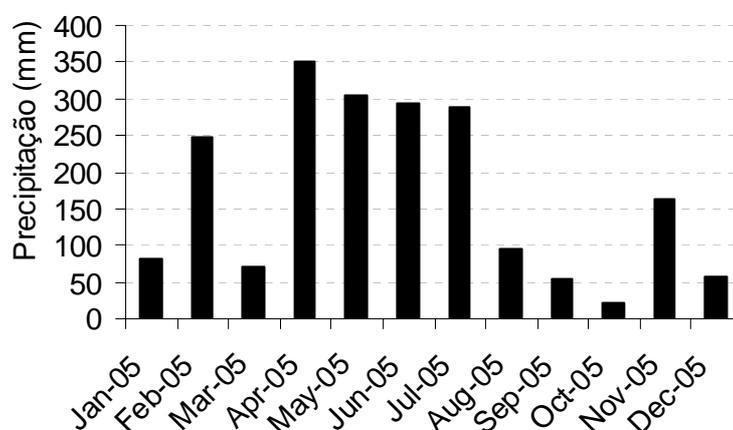


Figura 1 – Precipitação na região de Simões Filhos no ano 2005.

O delineamento experimental foi em blocos casualizados com parcelas subdivididas. As espécies ornamentais utilizadas foram o híbrido *Heliconia psittacorum* (L). cv. *Golden torch* e *Gladiolus hortulanus* (Bailey), dispostas em parcelas de 5 m x 15 m (75 m²). O espaçamento foi de 1m entre fileiras por 1m entre plantas, para as helicônias, e 1m por 0,25m para os gladiólos, utilizando-se cinco linhas por parcela, onde as três centrais representaram a parcela útil. As plantas foram irrigadas por gotejamento em superfície três vezes por semana com uma lâmina diária de 2,07 mm nas linhas de plantio e o sistema de irrigação distribuído em faixas, de acordo com o tipo de água utilizado. Os tratamentos aplicados nas parcelas foram: T1 - efluente da wetland com desinfecção (adição de 5 mg L⁻¹ de cloro); T2 - efluente da wetland sem desinfecção e T3 - água de riacho. O efluente é produzido por uma Estação de Tratamento de Esgoto (ETE), que recebe e trata o esgoto gerado no condomínio Crescer, que possui cerca de 50 casas ligadas à estação. A ETE é composta por um tratamento primário constituído por uma grade que retém os materiais grosseiros e um desarenador-equalizador onde ocorre a precipitação das partículas sólidas. Em seguida, passa por um Digestor Anaeróbico de Fluxo Ascendente (DAFA) onde bactérias anaeróbicas promovem o processamento da matéria orgânica. O tratamento do esgoto é completado por um wetland (alagados construídos e cheios de brita), onde plantas ajudam na filtragem dos sólidos em suspensão. O efluente deste sistema de tratamento foi depositado em tanques e posteriormente bombeado até as parcelas a serem irrigadas.

O preparo do solo foi realizado com grade aradora, numa profundidade de 0,20 m. Em seguida, efetuou-se a distribuição do calcário (2900 Kg ha⁻¹ de calcário com PRNT 80%) e mais uma gradagem para incorporação do corretivo. A área experimental recebeu uma adubação de composto orgânico (a base de esterco de matadouro, cama de poedeira, bagaço de cana e farinha de rocha-MB₄), aplicado nas covas de plantio, sendo em 1L por cova para helicônias e ½ L por cova para gladiólos.

Para fins de caracterização da área experimental, foram retiradas amostras indeformadas de solo, com coletor Uhland (Bravifer), em duas profundidades, 0,0 - 0,1 e 0,1 - 0,2 m, para determinar a porosidade pelo método da mesa de tensão segundo (EMBRAPA, 1997). Com trado holandês coletaram-se amostras deformadas de solo, em três profundidades (P1) 0 - 0,1 m; (P2) 0,1 - 0,2 m e (P3)

0,2 - 0,3 m, para a determinação da granulometria e condutividade elétrica do extrato de saturação (CEes) do solo, pelos métodos da pipeta e extrato de saturação solo, respectivamente, segundo EMBRAPA (1997). As análises foram realizadas no Laboratório de Física do Solo da Escola de Agronomia UFBA. A textura foi determinada em triângulo de classificação textural, segundo LEMOS & SANTOS (1996). Na Tabela 1, são apresentados resultados das análises granulométricas, de porosidade e a classificação da textura.

Tabela 1. Características físicas e físico-químicas do solo na área experimental.

Profundidade	Areia	Silte	Argila	Classe textural	Porosidade			CE
					Total	Macro	Micro	
--- m ---	----- g Kg ⁻¹ -----				----- m ³ m ³ -----			dS m ⁻¹
0,1	85,7	440,5	472,5	Argila-siltosa	41,51	4,84	36,67	0,342
0,2	80,5	411,7	506,2	Argila-siltosa	43,22	3,03	40,19	0,299
0,3	73,7	360,0	565,2	Argilosa	-	-	-	0,239

A caracterização química da área experimental (Tabela 2) foi determinada com amostras de solo de 0,0 a 0,2 m, que foram analisadas pelo Laboratório de Solos da Empresa Baiana de Desenvolvimento Agrícola (EBDA).

Tabela 2. Características químicas do solo na área experimental.

pH	C	MO	P	K	Ca	Mg	Al	Na	H + Al	S	CTC	V
H ₂ O	- g/Kg -		mg.dm ⁻³	----- cmol _c .dm ⁻³ -----								%
5,2	5,25	9,05	<1	0,09	1,31	1,94	1,19	0,06	3,84	3,40	7,24	46,96

As análises para caracterização da água do riacho e efluente da ETE utilizados na irrigação do experimento, foram realizadas no Laboratório Físico Químico de Esgoto da EMBASA. As amostras foram coletadas no mês de agosto de 2004, em quatro pontos: esgoto bruto, DAFA, wetland e água do riacho. Os resultados das análises do efluente de ETE e da água do riacho encontram-se no Tabela 3.

Diante dos valores encontrados o efluente foi classificado como C₃S₁ no diagrama para classificação da água, segundo o "U. S. Salinity Laboratory Staff" (SALASSIER, 1995). De acordo o autor, esta água é altamente salina, não pode ser usada em solos com baixa drenagem, mas não possui restrição em termo de sodicidade. Na classificação de Ayers e Westcot (1999), frequentemente

empregada para uso de água na irrigação, esse efluente foi classificado como moderadamente salino e possui uma ligeira restrição relativa à sodicidade e infiltração do solo.

Tabela 3. Características da água e efluente utilizados na irrigação da área experimental.

Determinações	Unidades	Efluente			Água
		Esg. Bruto	DAFA ⁶	Wetland	Riacho
pH		6,53	6,96	7,58	6,69
Condutividade elétrica	dS m ⁻¹	- ⁵	-	1,2	0,26
N (amônia) – NH ₃ (N)	mg L ⁻¹	113	-	44	0,70
Fósforo total (P)	mg L ⁻¹	13,7	9,05	7,6	0,08
Boro (B)	mg L ⁻¹	-	-	0,2	0,1
Sódio (Na)	mg L ⁻¹	-	-	119	-
Cálcio (Ca)	mg L ⁻¹	-	-	36,9	46,3
Dureza (CaCO ₃)	mg L ⁻¹	-	-	184	1,64.10 ²
Magnésio (Mg)	mg L ⁻¹	-	-	22,2	11,8
RAS ¹	mmol ^{1/2} .L ^{-1/2}			3,82	-
DBO ₅ ²	mg L ⁻¹	1,16.10 ³	200	-	-
DQO ³	mg L ⁻¹	3,07.10 ³	368	41,0	19,9
OD ⁴	mg L ⁻¹	-	-	-	< 0,1
Sólid. Sedimentáveis	mg L ⁻¹	25	0,2	<0,1	< 0,1
Sólidos Suspensos	mg L ⁻¹	1,79.10 ³	139	4,9	2,5.10 ¹
Sólidos totais	mg L ⁻¹	2,16.10 ³	764	670	4,79.10 ³
Coliformes totais	UFC/100ml	5,9.10 ⁷	6,0.10 ⁶	2,5.10 ⁵	9.10 ³
Colif. termotolerantes	UFC/100ml	6,0.10 ⁶	4,1.10 ⁶	1,9.10 ⁴	1.10 ²
<i>Enterococcus</i>	UFC/100ml	3,9.10 ⁵	4,0.10 ³	-	-

¹ Razão de Adsorção de Sódio

² Demanda Bioquímica de Oxigênio

³ Demanda Química de Oxigênio

⁴ Oxigênio Dissolvido

⁵ Valor não determinado

⁶ DAFA = Digestor Anaeróbico de Fluxo Ascendente

Entre março e abril de 2005, foram feitas colheitas e avaliados o comprimento das hastes e o número de botões florais das plantas de gladiolo. O mesmo procedimento foi realizado nas plantas de helicônias, entre abril e junho, sendo que também foram avaliados, a altura das plantas, o número de perfilhos e o diâmetro médio das touceiras. As avaliações foram feitas em 30 plantas por sub-parcela, 90 por tratamento, totalizando 270 plantas para cada espécie. Após o término do ciclo (120 dias) o gladiolo foi substituído por plantas floríferas

herbáceas e a área continuou sendo irrigada normalmente, com o efluente com e sem desinfecção e a água do riacho.

Para análise de nutrientes na planta, aos 180 dias após o plantio das helicônias, coletou-se 3 folhas por planta em 15 plantas, totalizando 45 por parcela. Foram coletadas as folhas intermediárias da touceira, livres de ataque de insetos e danos mecânicos. Descartou-se os pecíolos e retirou-se o terço intermediário das folhas, que foram colocados em sacos de papel perfurados, e levados a secar em estufa com circulação forçada de ar à 65°C, durante 72 horas (MALAVOLTA et al., 1997). As amostras secas foram trituradas em moinho tipo Wiley, e encaminhados ao Laboratório de Fertilidade do Solo e Nutrição Vegetal do Centro de Análises Agrícolas (CAMPO – MG), para determinação dos teores de N, P, K, Ca, Mg, S, B, Zn, Fe, Mn e Cu.

No mesmo período, foram retiradas amostras indeformadas de solo da área irrigada na linha de plantio, em três profundidades 0 - 0,1 m; 0,1 - 0,2 m e 0,2 - 0,3 m para determinação da porosidade. Também foram coletadas amostras deformadas nas mesmas profundidades para determinação da condutividade elétrica do extrato de saturação (CEes) do solo, sódio trocável e percentual de sódio trocável (PST) do solo.

Numa segunda etapa, aos 360 dias, amostras deformadas de solo foram retiradas, para uma nova avaliação da condutividade elétrica. A extração das pastas de saturação do solo foi procedida conforme (EMBRAPA, 1997) e a CEes determinada por leitura direta com condutivímetro Tecnal, modelo 4 MP.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e teste F ao nível de 5% de significância e as médias comparadas pelo teste de Tukey, utilizando-se o Programa estatístico SAEG.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Qualidade das plantas

Na Tabela 4, encontram-se os resultados das análises referentes a produção de Helicônias. Através do estudo de médias verifica-se que, para número de botões florais, comprimento da haste, altura de planta, diâmetro da touceira e número de perfilhos, não houve significância estatística pelo teste F a 5% de probabilidade, para os tipos de água utilizados. Esse resultado, não se

assemelha ao de Azevedo & Oliveira (2005) que obtiveram um aumento na produção de pepino da ordem de 40,7 % utilizando efluente de esgoto. Assim como, trabalhos realizados por Mota (1997), mostraram que as culturas de sorgo, de algodão e forrageiras irrigadas com esgoto tratado tiveram um desempenho superior, em relação às culturas que receberam água.

Embora as variáveis, altura de planta, diâmetro da touceira e número de perfilhos, não tenha apresentado diferenças estatísticas das demais, seus valores numéricos foram superiores quando utilizado o efluente sem desinfecção. É provável que isso se deva, ao fato da água do riacho possuir baixíssimas concentrações de nutrientes (Tabela 3), especialmente de fósforo, que acelera a formação de raízes e do nitrogênio, que tem como funções estimular a formação e o desenvolvimento de gemas floríferas, além de proporcionar maior vegetação e perfilhamento nas plantas (MALAVOLTA et al., 1997). Já os teores de matéria orgânica, importante para o sistema solo-planta (STEVENSON, 1994), e de nutrientes (FONSECA, 2003) contidos em efluentes de esgotos domésticos, apresentam valor potencial para as produções agrícolas (TELLES, 2003). Por outro lado o pouco tempo de irrigação pode ter contribuído para a não significância dos tratamentos, visto que, as helicônias têm ciclo longo e as avaliações foram feitas entre o quinto e o sexto mês após o plantio, quando as plantas estavam ainda em desenvolvimento, emitindo suas primeiras inflorescências.

Tabela 4. Efeito dos tipos de água na produção de flores, comprimento da haste floral, perfilhos, altura e diâmetro médio das plantas de helicônia var. Golden Torch.

Tratamentos	Nº de botões	Comprimento de haste	Altura de planta	Diâmetro da touceira	Nº de perfilhos
Efluentes com desinfecção	3,97 a	94,91 a	94,44 a	114,52 a	8,71 a
Efluentes sem desinfecção	3,90 a	88,59 a	97,13 a	117,43 a	11,21a
Água de riacho	3,84 a	86,26 a	88,26 a	107,46 a	8,51 a
CV (%)	9,37	6,18	4,37	5,18	19,65

Médias seguidas da mesma letra não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey a (5 %).

Conforme os dados apresentados na Tabela 5, o número de botões florais e os valores referentes ao comprimento da haste floral, relativos a produção de

gladiolo, não apresentaram significância estatística para os tipos de água utilizados. Quando comparadas pelo teste de Tukey, as médias não diferiram significativamente entre si. Papadopolous & Stylinou, citado por Cararo (2004), encontraram resultados diferentes quando irrigaram com água residuária plantas de girassol, o que proporcionou alto rendimento e boa qualidade em sementes.

Essa semelhança entre as médias do número de botões e comprimento da haste do gladiolo, mesmo diante da diferença de teores de nutrientes (Tabela 3) dos tratamentos, pode ter sido em decorrência do pouco tempo de utilização da irrigação, que foi insuficiente para promover mudanças químicas apreciáveis no solo. Além disso, como a área recebeu calcário, antes do plantio, nutrientes como Ca e Mg possivelmente já existiam no solo em quantidades maiores do que as acrescentadas com a irrigação. Assim, é provável que a adubação orgânica tenha sido a única fonte de nutriente utilizada pelo gladiolo.

Tabela 5. Efeito dos tipos de água na produção de flores de Gladiolos.

Tratamentos	Número de botões	Comprimento da haste
	cm	
Efluentes com desinfecção	11,65 a	107,47 a
Efluentes sem desinfecção	12,53 a	103,35 a
Água de riacho	11,87 a	109,82 a
C.V. (%)	8,44	5,74

Médias seguidas da mesma letra não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey a (5 %).

3.2 Análise de nutrientes das folhas de *Helicônia*

Na Tabela 6, encontram-se os resultados dos valores médios dos macronutrientes N, P, K, Ca, Mg e S, encontrados nas folhas da *Helicônia*. Observou-se que, apenas o N, Mg e S, estão dentro da faixa dos níveis de nutrientes definidos para *Heliconia spp*, segundo Atehortua citado por Lamas (2003), que são: N (31,0 – 38,0 g Kg⁻¹); Mg e S (2,5 – 8,0 g Kg⁻¹). Verificou-se ainda que o Ca e o K estão abaixo do nível de suficiência exigido pela planta, estabelecido pelo mesmo autor, que é de 12,6 - 17,5 g Kg⁻¹ para Ca e 35,0 – 45,0 g Kg⁻¹ para K. Numa situação mais crítica, se encontra o P, que apresentou apenas 9,5% do mínimo (20 g Kg⁻¹) requerido pela cultura, determinando assim, um déficit acentuado. Porém, Blum (2003), ressalta que, os teores de P em

águas recuperadas de esgoto, em geral não atendem às necessidades das plantas, motivando assim, uma adubação suplementar.

Ao analisarmos a Tabela 3 onde se encontram os resultados das características químicas da água do riacho e efluente da ETE utilizados na irrigação da helicônia. Observa-se que os níveis de nitrogênio, fósforo total e magnésio são bastante inferiores na água do riacho. Apenas o nível de cálcio ($46,3 \text{ mg L}^{-1}$) foi superior ao do wetland ($36,9 \text{ mg L}^{-1}$). Contudo, os resultados apresentados na Tabela 6, demonstram que, não houve diferença significativa com relação aos teores desses elementos, e também do K, quando se compara os tratamentos, em que foram utilizados os efluentes com e sem desinfecção e a água do riacho.

Tabela 6. Teores dos macronutrientes encontrados nas folhas de helicônia.

Tratamentos	N	P	K	Ca	Mg	S
	g Kg ⁻¹					
Efluentes com desinfecção	32,4 a	1,90 a	14,43 a	4,17 a	2,83 a	3,93 a
Efluentes sem desinfecção	32,2 a	1,93 a	13,97 a	4,07 a	2,87 a	3,93 a
Água de riacho	30,6 a	1,87 a	16,53 a	4,40 a	2,77 a	3,87 a
C.V. (%)	6,32	2,14	20,65	3,16	1,86	5,08

Médias seguidas da mesma letra não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey (5 %).

Na Tabela 7, estão apresentados os teores médios dos micronutrientes B, Zn, Fe, Mn e Cu, encontrados nas folhas de helicônia. Embora os níveis de Fe sejam numericamente superiores nas plantas irrigadas com água do riacho, os tratamentos não apresentaram diferença significativa entre si, em relação aos microelementos analisados. Ao analisarmos os teores dos micronutrientes encontrados em folhas de helicônias, definidos por Atehortua citado por Lamas (2003), constatamos que os valores de B, Fe, Mn e Cu estão dentro do limite de exigência. Entretanto, a quantidade do Zn, não foi suficiente para atender, segundo o mesmo autor, ao limite mínimo de 26 mg Kg^{-1} exigido pela planta. A carência de zinco acarreta na diminuição de tamanho das folhas novas, além do estreitamento e alongamento das mesmas (MALAVOLTA, 1997), sintomas que não foram observados nas plantas analisadas.

Tabela 7. Teores dos Microelementos encontrados nas folhas de helicônia.

Tratamentos	B	Zn	Fe	Mn	Cu
	mg Kg ⁻¹				
Efluentes com desinfecção	13,67 a	18,00 a	219,33 a	685,33 a	19,00 a
Efluentes sem desinfecção	13,67 a	19,67 a	202,00 a	636,33 a	19,33 a
Água de riacho	12,67 a	18,67 a	230,00 a	549,67 a	20,67 a
C.V. (%)	6,84	9,64	13,48	21,03	11,74

Médias seguidas da mesma letra não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey (5 %).

3.3. Salinidade do solo

O desenvolvimento das plantas é diretamente afetado pela salinidade do solo (Ayers e Westcot, 1999), devido ao potencial osmótico gerado pela presença de sais. Desta maneira o rendimento as culturas decresce proporcionalmente ao aumento da concentração de sais do solo. A salinidade foi avaliada por meio da condutividade elétrica do extrato de saturação do solo.

Os valores médios das análises da CEes do solo da área experimental, após 180 dias de irrigação encontram-se na Tabela 8 e 9, respectivamente, referentes as áreas plantadas com helicônia e com gladiolo.

A comparação das médias apresentadas nas Tabelas 8 e 9, demonstra que não houve diferença estatística entre os tratamentos (letras maiúsculas), água do riacho, efluente com e sem desinfecção. Possivelmente, o tempo de irrigação foi insuficiente para promover uma diferença entre os tratamentos. Todavia, a condutividade elétrica do solo, encontrada na área onde foi cultivado o gladiolo foi ligeiramente superior em valores numéricos a da área cultivada com a helicônia. Provavelmente, isso se deva ao fato de que nessa área, o solo ficou mais descoberto, portanto, mais exposto ao processo de evaporação, em razão da morfologia da planta do gladiolo proporcionar uma área de cobertura foliar menor que a da helicônia.

Tabela 8. Médias da condutividade elétrica do solo em três profundidades em função do tipo de água aplicado, 180 dias após o início de irrigação, das parcelas cultivadas com helicônia.

Profundidade	Efluente c/ desinfecção	Efluente s/ desinfecção	Água do riacho	média
	CEes			
— m —	dS m ⁻¹			
0,0 - 0,1	0,375 Aa	0,390 Aa	0,416 Aa	0,394 a
0,1 – 0,2	0,348 Aab	0,382 Aa	0,331 Ab	0,353 ab
0,2 - 0,3	0,289 Ab	0,340 Aa	0,319 Ab	0,316 b
média	0,337 A	0,370 A	0,355 A	

Médias seguidas de letras iguais (maiúsculas na linha e minúsculas na coluna) não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey (5 %).

Tabela 9. Médias da condutividade elétrica do solo, em três profundidades, em função do tipo de água aplicado, 180 dias após o início de irrigação, nas parcelas cultivadas com gladiolo.

Profundidade	Efluente c/ desinfecção	Efluente s/ desinfecção	Água do riacho	média
	CEes			
— m —	dS m ⁻¹			
0,0 - 0,1	0,446 Aa	0,438 Aa	0,456 Aa	0,447 a
0,1 – 0,2	0,436 Aa	0,413 Aa	0,368 Ab	0,406 a
0,2 - 0,3	0,308 Ab	0,365 Aa	0,356 Ab	0,343 b
média	0,397 A	0,406 A	0,394 A	

Médias seguidas de letras iguais (maiúsculas na linha e minúsculas na coluna) não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey (5 %).

Embora não haja diferença estatística para os valores da CEes entre os tratamentos testados, verifica-se que o mesmo não ocorreu entre as profundidades (letras minúsculas). Observa-se que a irrigação das plantas de helicônia (Tabela 8) com o efluente desinfectado, apresentou diferença estatística entre as profundidades 0,0 - 0,1 m e 0,2 - 0,3 m, o mesmo acontecendo na área das plantas de gladiolo (Tabela 9), sendo que a profundidade 0,2 – 0,3 m apresentou um valor inferior e diferiu estatisticamente das demais. A utilização do efluente sem desinfecção não apresentou diferença significativa em nenhuma das profundidades analisadas, nas áreas cultivadas com as diferentes espécies. No entanto, a água do riacho proporcionou a diferença estatística da profundidade

0,0 - 0,1 m sobre as 0,1 – 0,2 m e 0,2 – 0,3 m, as quais não se diferenciaram nas áreas plantadas com as duas espécies (Tabelas 8 e 9). É provável, que essa diferença se deva ao fato da água de riacho conter quantidades mínimas de sais, assim devido ao processo evapotranspirativo (BERNSTEIN, 1974; MELO et al., 2001), esses tendem ascender se concentrando apenas na camada superficial (0,0 – 0,1 m).

Ao se comparar os valores encontrados na caracterização da área experimental, apresentados na Tabela 1, observa-se que a condutividade elétrica do solo, das profundidades 0,0 - 0,1 m ($0,342 \text{ dS m}^{-1}$), 0,1 – 0,2 m ($0,299 \text{ dS m}^{-1}$) e 0,2 -0,3 m ($0,239 \text{ dS m}^{-1}$), sofreu um leve aumento em relação aos 180 dias após o início da irrigação (Tabelas 8 e 9), provavelmente, devido a presença de sais na água (SOUSA et al., 2000).

Segundo Lima (1997), as plantas absorvem água do solo, juntamente com os sais, e a depender da concentração destes e da sensibilidade da planta pode ocorrer uma toxidez. Tal excesso promove desbalanços no citoplasma, fazendo com que os danos surjam principalmente nas bordas e nos ápices das folhas, regiões onde ocorre o acúmulo dos sais absorvidos. Contudo, o aumento da salinidade do solo nas parcelas analisadas, aparentemente não afetou as plantas de helicônia e gladiolos, pois as mesmas não apresentaram nenhum sintoma característico de deficiência hídrica associado ao decréscimo do potencial osmótico no solo.

Os resultados referentes à determinação da CEes do solo, após 360 dias de irrigação das parcelas, utilizando-se a água do riacho e o efluente com e sem desinfecção, encontram-se nas Tabelas 10 e 11. Fica evidenciado o aumento dos teores de sais no solo irrigado com efluente da ETE, quando comparados aos valores obtidos depois de 180 dias de irrigação.

Tabela 10. Médias da condutividade elétrica do solo em três profundidades, em função do tipo de água aplicada 360 dias após o início da irrigação, das parcelas cultivadas com helicônia.

Profundidade	Efluente c/ desinfecção	Efluente s/ desinfecção	Água do riacho	média
	CEes			
— m —	dS m ⁻¹			
0,0 - 0,1	0,680 Aa	0,602 Aa	0,377 Ba	0,553 a
0,1 - 0,2	0,550 Aab	0,522 Aa	0,373 Ba	0,481 ab
0,2 - 0,3	0,489 Ab	0,470 Aa	0,254 Ba	0,404 b
média	0,573 A	0,531 A	0,335 B	

Médias seguidas de letras iguais (maiúsculas na linha e minúsculas na coluna) não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey (5 %).

Tabela 11. Médias da condutividade elétrica do solo em três profundidades, em função do tipo de água aplicada, 360 dias após o início da irrigação, das parcelas que foram cultivadas com gladiolo.

Profundidade	Efluente c/ desinfecção	Efluente s/ desinfecção	Água do riacho	média
	CEes			
— m —	dS m ⁻¹			
0,0 - 0,1	0,843 Aa	0,602 Ba	0,437 Ca	0,627 a
0,1 - 0,2	0,674 Ab	0,661 Aa	0,369 Ba	0,568 a
0,2 - 0,3	0,668 Ab	0,694 Aa	0,347 Ba	0,569 a
média	0,728 A	0,653 A	0,384 A	

Médias seguidas de letras iguais (maiúsculas na linha e minúsculas na coluna) não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey (5 %).

Na parcela plantada com helicônia, o aumento foi de 70,0 e 43,4% (média das três profundidades), respectivamente para as parcelas irrigadas com efluente desinfetado e com efluente não desinfetado, enquanto na parcela onde o gladiolo foi cultivado, os aumentos foram de 83,6 e 60,8%. Supõe-se que a diferença de valor de CEes entre os dois tratamentos é devido ao hipoclorito de cálcio (HTH) adicionado no efluente desinfetado. O solo irrigado com água de riacho apresentou um leve decréscimo de CEes (-5,8%) em relação ao valor depois de 180 dias de irrigação, o que foi atribuído à calagem e adubação orgânica no início do experimento seguido de uma leve lixiviação destes sais ao longo do ano.

Em relação às profundidades, independente do tratamento, e do período de irrigação, observa-se que a CEEs é mais alta na superfície do solo (0,0 – 0,1 m). Isso é esperado em solo irrigado, devido ao fenômeno de evapotranspiração (BERNSTEIN, 1974).

Mesmo havendo um aumento da concentração da salinidade, após 360 dias de irrigação, as plantas de helicônia não apresentaram sintomas nas bordas e nos ápices das folhas, regiões onde ocorre o acúmulo dos sais absorvidos (LIMA, 1997).

3.4. Sodicidade e estrutura do solo

Embora a salinidade seja o maior fator limitante ao desenvolvimento e rendimento das culturas, essas também podem ser afetadas diretamente e indiretamente pela sodicidade. Diretamente, quando o sódio em alta concentração na água de irrigação se torna um elemento tóxico para a planta. Ayers e Westcot (1999) propuseram um valor de 0,25 a 0,50% de sódio no tecido das folhas (com base no peso seco), como valor crítico de toxidez, apesar deste variar muito em função do tipo de planta (valor proposta para árvores). Assim, culturas como algodão, alfafa, cevada, beterraba são tolerantes à sodicidade, enquanto, feijão, milho, ervilha, amendoim, lentilha são sensíveis, (rendimento afetado com Percentual de Sódio Trocável no solo – PST < 15%). O grau de restrição em termo de toxidez pelo Na^+ pode ser avaliado na água de irrigação (AYERS e WESTCOT, 1999). Neste trabalho, o conteúdo de sódio no efluente tem um valor aproximado de 119 mg L^{-1} , ou seja, $5,2 \text{ mmol.L}^{-1}$ (Tabela 3), o que classifica o efluente como moderadamente tóxico. No entanto, este valor é variável em função da espécie. Como não foram observados sinais típicos de toxidez por sódio, tais como, queimadura ou necrose ao longo das bordas, pode se concluir sobre a relativa tolerância destas plantas à toxidez pelo sódio.

O conteúdo de sódio no solo também pode afetar indiretamente o desenvolvimento das plantas, através do efeito do sódio nas argilas, conseqüente alteração da estrutura do solo. Nesse estudo, o efluente apresentou um grau de restrição ligeira a moderada ($\text{RAS} = 3,83 \text{ mmol}^{1/2}.\text{L}^{-1/2}$; $\text{CE} = 1,2 \text{ dS.m}^{-1}$) o que justifica o estudo da sodicidade do solo e do efeito na estrutura do solo.

Os resultados da sodicidade do solo são apresentados nas tabelas 12 e 13, expressos em termos de conteúdo de sódio (mmol de Na⁺ trocável por dm³ de solo) e *PST* (percentual de Na⁺ trocável no solo). Apesar de um aporte de Na⁺ 8,3 mmol dm⁻² (concentração x lâmina total) pelo efluente, os valores de Na⁺ trocável no solo e conseqüentemente de *PST* foram baixos (valores sempre inferiores ou iguais a 0,1 mmol dm⁻³ e 1,2%, respectivamente) e muito menor do que os observados em outros experimentos de irrigação com efluente em Latossolos brasileiros (FONSECA, 2005; GLOAGUEN, 2006). Nos estudos mencionados, o conteúdo de Na⁺ sempre foi superior a 1,8 mmol dm⁻³ (no mínimo 18 vezes maiores do que no presente trabalho). Além disso, os experimentos de Fonseca (2005) e Gloaguen (2006) foram conduzidos em Latossolo com cerca de 72% de areia e 13% de argila, enquanto o solo aqui estudado apresentou textura argilo-siltosa (Tabela 1) com 8,0% de areia e 51,5% de argila no perfil de 0,0 – 0,3 m. Assim, valores altos de Na⁺ trocável eram esperados neste solo argiloso que possui maior capacidade de troca catiônica do que um solo arenoso.

Tabela 12. Sodicidade do solo expressa pelo teor de sódio (Na trocável) e percentual de sódio trocável (*PST*) no solo cultivado com helicônia.

Profundidade	Efluente c/ desinfecção	Efluente s/ desinfecção	Água do riacho
— m —	Na ⁺ trocável (mmol.dm ⁻³)		
0,0 – 0,1	0,10 Aa	0,10 Aa	0,10 Aa
0,1 – 0,2	0,03 Aa	0,10 Aa	0,07 Aa
0,2 – 0,3	0,07 Aa	0,10 Aa	0,03 Aa
	PST (%)		
0,0 – 0,1	0,97	0,96	0,92
0,1 – 0,2	0,39	1,05	0,65
0,2 – 0,3	0,78	1,18	0,38

Médias seguidas de letras iguais (maiúsculas na linha e minúsculas na coluna) não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey (5 %).

Tabela 13. Sodicidade do solo expressa pelo teor de sódio (Na) e do percentual de sódio trocável (PST) no solo cultivado com gladiolo.

Profundidade	Efluente c/ desinfecção	Efluente s/ desinfecção	Água do riacho
— m —	Na ⁺ trocável (mmol.dm ⁻³)		
0,0 – 0,1	0,10 Aa	0,10 Aa	0,10 Aa
0,1 – 0,2	0,10 Aa	0,10 Aa	0,10 Aa
0,2 – 0,3	0,07 Aa	0,07 Aa	0,07 Aa
	PST (%)		
0,0 – 0,1	0,97	0,89	0,94
0,1 – 0,2	1,06	0,96	1,00
0,2 – 0,3	0,82	0,76	0,73

Médias seguidas de letras iguais (maiúsculas na linha e minúsculas na coluna) não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey (5 %).

Este conteúdo baixo de Na⁺, provavelmente, foi devido ao curto intervalo de tempo da irrigação (180 dias), combinado com elevadas precipitações pluviométricas (1236 mm, Figura 1) que ocorreram na região, entre os meses de abril e julho, as quais corresponderam à 61% das precipitações de janeiro a dezembro de 2005 (2027 mm), segundo (INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA, 2006). Assim, se um acúmulo de Na⁺ tivesse ocorrido no início do cultivo, por conta da irrigação, os eventos chuvosos de maio, junho e julho puderam lixiviar o Na⁺ ainda não equilibrado na CTC (equilíbrio mais lento na microporosidade preponderante – tabela 1). A ocorrência da lixiviação que não permitiu acúmulo de sais na superfície do solo (0,0 – 0,3 m) demonstra que a irrigação não afetou, a curto prazo, as propriedades hídricas do solo. Isso levou aos valores de sodicidade do solo similares aos obtidos quando o solo foi irrigado com efluente ou água do riacho.

Os dados da porosidade do solo estão apresentados nas Tabelas 14 e 15, pois a porosidade total e mais especificamente a distribuição da porosidade regem o comportamento da hidráulica do solo.

Nenhuma diferença significativa da microporosidade, macroporosidade e volume de sólidos foi observada entre os tratamentos utilizados na irrigação e as profundidades da área cultivada com as duas espécies estudadas. Esse resultado

foi mantido, quando a comparação foi praticada com as médias entre as profundidades.

Tabela 14. Proporção entre microporosidade, macroporosidade e volume de sólidos no solo cultivado com helicônia.

Profundidade	Efluente c/ desinfecção	Efluente s/ desinfecção	Água do riacho
— m —	Macroporosidade (% do volume total)		
0,0 – 0,1	2,2 Aa	2,4 Aa	3,0 Aa
0,1 – 0,2	2,8 Aa	2,1 Aa	3,8 Aa
0,2 – 0,3	4,2 Aa	2,0 Aa	2,3 Aa
	Microporosidade (% do volume total)		
0,0 – 0,1	41,0 Aa	41,9 Aa	41,6 Aa
0,1 – 0,2	38,7 Aab	39,3 Aa	37,8 Aab
0,2 – 0,3	36,3 Bb	39,9 Aa	38,7 ABb
	Sólidos (% do volume total)		
0,0 – 0,1	56,8 Aa	55,7 Aa	55,4 Aa
0,1 – 0,2	58,5 Aa	58,6 Aa	58,4 Aa
0,2 – 0,3	59,6 Aa	58,1 Aa	59,0 Aa

Médias seguidas de letras iguais (maiúsculas na linha e minúsculas na coluna) não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey (5 %).

Tabela 15. Proporção entre microporosidade, macroporosidade e volume de sólidos no solo cultivado com gladiolo.

Profundidade	Efluente c/ desinfecção	Efluente s/ desinfecção	Água do riacho
— m —	Macroporosidade (% do volume total)		
0,0 – 0,1	2,4 Ab	0,9 Aa	1,3 Aa
0,1 – 0,2	5,2 Aa	1,4 Ba	1,1 Ba
0,2 – 0,3	0,9 Ab	1,2 Aa	0,9 Aa
	Microporosidade (% do volume total)		
0,0 – 0,1	39,8 Aa	42,3 Aa	40,4 Aa
0,1 – 0,2	36,8 Aa	39,1 Aab	38,0 Aa
0,2 – 0,3	39,3 Aa	38,3 Ab	38,2 Aa
	Sólidos (% do volume total)		
0,0 – 0,1	57,8 Aa	56,8 Aa	58,3 Aa
0,1 – 0,2	58,0 Aa	59,5 Aa	60,9 Aa
0,2 – 0,3	59,8 Aa	60,5 Aa	61,0 Aa

Médias seguidas de letras iguais (maiúsculas na linha e minúsculas na coluna) não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey (5 %).

Segundo Gloaguen (2005) os efluentes de esgotos, notadamente os domésticos, têm ação modificadora no meio poroso, especialmente em solos tropicais, devido à presença de altas concentrações de Na^+ . A dispersão e expansão das argilas, que são fenômenos frequentemente observados em solos sódicos ou irrigados com águas sódicas, ocorre a partir de um valor crítico de PST. O valor crítico para ocorrer expansão é de 15% (Sumner, 1993), o que não foi observado no período analisado (Tabela 12 e 13), e provavelmente não foi atingido ao longo do experimento, pois o tempo de equilíbrio entre o Na^+ na fase líquida e sólida é geralmente longo. Desta forma é provável que os resultados deste trabalho, não tenham apresentado diferenças, em razão da baixa sodicidade no solo, aliado ao tempo insuficiente de irrigação, o que não permitiu que mudanças evidentes tivessem ocorrido na porosidade.

4. Conclusões

1 - A irrigação com efluente não influenciou os parâmetros de produção do gladiolo e da helicônia.

2 - A aplicação do efluente com e sem desinfecção não exerceu nenhuma diferença nos teores de macro e micronutrientes absorvidos pelas plantas de helicônia, porém apresentou deficiências de P, K e Ca, evidenciando a necessidade de uma adubação mineral suplementar.

3 - O uso de efluente na irrigação elevou os teores de sais, na camada superficial do solo após um ano de experimento.

4 - O fator tempo é determinante na mudança das propriedades, o que sugere cuidados quando se usa efluente com um período maior a 6 meses.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, R.M. de O.; SIMÕES, C. Cultivo de helicônias na Bahia. **Bahia Agrícola**, Salvador, v.5, n.3, p. 9 – 11, jul. 2003.

AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. **A qualidade da água na agricultura**. Trad. GHEYI, H. R. MEDEIROS, J. F. de. DAMASCENO, F. A. V. Campina Grande: UFPB, 1999. 218 p.

AZEVEDO, L. P. de ; OLIVEIRA, E. L. de. Efeitos da aplicação de efluente de tratamento de esgoto na fertilidade do solo e produtividade de pepino sob irrigação subsuperficial. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.25, n.1, p.253-263, jan./abr. 2005.

BERNARDI, C. C. **Reúso de água para irrigação**. 2003. 52f. Monografia (Especialização *Lato sensu*, modalidade MBA) - UnB, Brasília, 2003.

BERNSTEIN, I. Crops growth and salinity. In: SCHHILFGARDE, I. v am (Ed.). **Drenage for agriculture**. Madison: American Society of Agronomy. 1974. p.39-99. (Agronomy, 17).

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

CARARO, D. C. **Manejo de irrigação por gotejamento para aplicação de água residuária visando a minimização do entupimento de emissores**. 2004. 130f. Tese (Doutorado em Agronomia) – ESALQ/ USP, Piracicaba, 2004.

CASTRO, C.E.F. **Helicônia para exportação**: aspectos técnicos da produção. Brasília: EMBRAPA- SPI, 1995. 44p. (Série publicações técnicas – FRUPEX, 16).

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. 2.ed. Rio de Janeiro, 1997. 212p.

FETTER, C.W. **Contaminant hydrogeology**. New York: Macmillian Publish Company. 1993. 458 p.

FOLEGATTI; M. V.; DUARTE; A. S.; GONÇALVES; R. A. B. Uso de águas residuárias na agricultura: In: USO E REÚSO DE ÁGUAS DE QUALIDADE INFERIOR: REALIDADES E PERSPECTIVAS, WHORKSHOP, 2005. Campina Grande – PB. Nov. 2005. **CD-ROM**.

FONSECA, A. F, da. **Variabilidade agrônômico-ambiental da disposição de efluente de esgoto tratado em um sistema solo-pastagem**. 2005. 174f. Tese (Doutorado em Agronomia) - ESALQ/USP, Piracicaba, 2005.

GLOAGUEN, R. A. B. G. **Efeito da irrigação com efluente de esgoto tratado nas propriedades físico-hídricas de um Latossolo.** 2005. 119 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – ESALQ/USP. Piracicaba, 2005.

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.

GONDIN et al. **Manejo da irrigação na produção da helicônia (H. bihai).** Fortaleza: Embrapa, 2004. 5p. (Circular técnica, 19).

_____. Potencial de reúso de água no Brasil: agricultura, indústria, municípios, recarga de aquíferos. **Bahia Análise & Dados**, Salvador, v. 13, n. especial, p. 411-437, 2003b

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

INFOAGRO. **El cultivo del gladiolo.** Disponível em <www.infoagro.com> Acesso em 18 fev. 2006.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. **Precipitação pluviométrica total mensal:** período 01/01/2005 a 31/12/2005. Camaçari, Ba, 2006.

KÖNIG, A. et al. Uso de esgoto tratado como fonte de água não convencional para irrigação de forrageiras. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL. 19., 1997, Foz do Iguaçu. **Anais...** Foz do Iguaçu: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 1997. p. 2072- 2081.

LAMAS, A. da M. Floricultura tropical: avanços tecnológicos. In: SEMANA INTERNACIONAL DA FRUTICULTURA, FLORICULTURA E AGROINDÚSTRIA, 10, 2003. Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: Instituto Frutal, 2003. 1 CD-Room.

LEMOS; R. C. de; SANTOS, R. D. dos. **Manual de descrição e coleta de solo no campo.** 3. ed. Campinas: Sociedade Brasileira de Solo, 1996. 86p.

LIMA, L.A. Efeitos de sais no solo e na planta. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 26. 1997, Campina Grande. **Manejo e controle da salinidade na agricultura irrigada.** Campina Grande: UFPB/SBEA, 1997. Cap.4, p.113-136.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C. ; OLIVEIRA, S. A. de. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2 ed. Piracicaba: POTAFOS, 1997. 319p.

McBRIDE, M.B. **Environmental chemistry in soils**. Oxford: Oxford University Press, 1994. 416p.

MELO, H. N. de S. et. al. Salinização no pós-tratamento de esgotos por disposição controlada no solo. In: PROSAB/FINEP. **Coletânea de trabalhos técnicos**, Natal, 2001. v. 2. p. 39 – 48.

MOTA, S.; BEZERRA, F. C.; TOMÉ, L. M. CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL. 19., 1997, Foz do Iguaçu. **Anais**: Foz do Iguaçu: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 1997. p. 20 - 26.

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

PAIVA, P. D. de O. **Floricultura 1: cultivo do gladiolo (Palma-de-Santa-Rita)**. Lavras: UFLA, 2003. 18 p.

PESCOD, M. D. **Wastewater treatment and use in agriculture**. Rome: FAO, 1992. 125 p (FAO, Irrigation and drainage paper, 47).

RHOADES, J.D.; KANDIAH, A.; MASHALI, A.M. **Uso de águas salinas para produção agrícola**. Trad. de GUEYI, H.R.; SOUSA, J.R.; QUEIROZ, J.E. Campina Grande: UFPB, 2000. 117 p. SALASSIER, B. **Manual de irrigação**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1995. 657p.

SOUSA, J.T. de et al. Reúso de efluente de esgotos sanitários na cultura do arroz. In: SIMPÓSIO LUSO-BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 2000, Porto Seguro, Ba, 2000. **Anais...** Rio de Janeiro: ABES, 2000. p.1058-1063.

SOUSA, J. T. de; LEITE, V.D. **Tratamento e utilização de esgotos domésticos na agricultura**. Campina Grande: EDUEP, 2003. 135p.

STEVENSON, J.F. **Humus chemistry genesis: composition, reactions**. 2. ed. New York : John Wiley & Sons, 1994. 496p.

SUMNER, M. E.; Sodic soils: new perspectives. **Australian Journal of Soil Research**, v. 31, 1993, p. 683-750.

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

TRENTIN, C. V. **Diagnóstico voltado ao planejamento do uso de águas residuárias para irrigação nos cinturões verdes da região metropolitana de Curitiba – PR**. 2005. 129 f. Dissertação (Mestrado em) - UFP, Curitiba. 2005.

CAPÍTULO 2

ASPECTOS DA QUÍMICA DE UM CAMBISSOLO IRRIGADO COM EFLUENTE DE ESGOTO DOMÉSTICO E CULTIVADO COM PLANTAS ORNAMENTAIS

¹Artigo a ser ajustado para submissão ao Comitê Editorial do periódico científico:

ASPECTOS DA QUÍMICA DE UM CAMBISSOLO IRRIGADO COM EFLUENTES DE ESGOTO DOMÉSTICO E CULTIVADO COM PLANTAS ORNAMENTAIS

Autora: Lousane Lordêlo Cerqueira

Orientador: Francisco de Souza Fadigas

RESUMO: Este trabalho teve como objetivo avaliar o impacto do uso de efluente de esgoto doméstico no desenvolvimento de *Heliconia psittacorum* (L.) cv. *Golden torch* e *Gladiolus hortulanus*, (Baile)y, bem como, o efeito nos atributos químico de um cambissolo. O ensaio foi instalado no município de Simões Filho (BA), localizado a 12° 47' de latitude Sul e 38° 23' de Longitude Oeste, em novembro de 2004, em delineamento experimental de blocos casualizados, com parcelas subdivididas. As espécies ornamentais foram dispostas em fileiras espaçadas de 1m, em parcelas de 5 m x 15 m (75 m²) e irrigadas por gotejamento em superfície, com efluente da wetland (ETE) sem e com desinfecção (5 mg L⁻¹ de cloro) e ainda, água de riacho (testemunha). Amostras de solo foram coletadas 180 dias após o início da irrigação para avaliação de pH, acidez, matéria orgânica (M.O.), enxofre, fósforo e cátions trocáveis. O estudo demonstrou que a aplicação de efluente com ou sem desinfecção não influenciou significativamente nos atributos químicos mencionados. No entanto, algumas tendências, tais como decréscimo da M.O. e P e aumento da acidez, podem ser um sinal de um efeito maior a longo prazo. Contudo, o efeito da planta foi preponderante nas mudanças dos atributos químicos avaliados.

Palavras-chave: reuso de efluente, química do solo

CHEMICAL ASPECTS OF A CAMBISSOLO IRRIGATED WITH SEWAGE EFFLUENT AND CULTIVATED WITH ORNAMENTAL PLANTS

Autora: Lousane Lordêlo Cerqueira

Orientador: Francisco de Souza Fadigas

ABSTRACT: This study aimed to evaluate the impact of the use of wetland treated sewage effluent on the growth of two ornamental plant species *Heliconia psittacorum* cv. *Golden torch* and *Gladiolus hortulanus* (Bailey), and on selected chemical properties of a cambissol. The study was set up in Simoes Filhos (BA-Brazil), located at 12° 47' S and 38°23' W, on November 2004. The treatments were disposed in a split-plotted randomized block design. The plants were arranged in 1 m-spaced rows, within 15X15 m plots, and drip irrigated with effluent with and without disinfection (addition of 5 mg L⁻¹ of chlorine), and with river water (control plot). Soil samples were collected 180 days after starting of the irrigation to evaluation of pH, soil acidity, soil organic matter (SOM), sulphur, phosphorus and exchangeable cations. The study demonstrated that the effluent irrigation with or without disinfection did not influence the soil chemical attributes. However, some tendencies such as reduction in SOM and P and increase in soil acidity with soil depth indicated a long-term possible effect. Nevertheless, the plant effect played a greater role on the alteration of the evaluated soil attributes.

Key words: water reuse; soil chemistry

INTRODUÇÃO

Com o crescimento demográfico a manutenção da taxa de crescimento na produção agrícola mundial é algo imprescindível para manter toda a população da Terra. Em muitas regiões, a precipitação pluviométrica e a disponibilidade de água de boa qualidade não são suficientes para suprir as necessidades produtivas. As regiões mais comuns com essas características são as áridas e semi-áridas do planeta.

Pesquisas realizadas pela Organização Meteorológica Mundial (OMM) das Nações Unidas indicam que um terço da população mundial vive em regiões de moderado a alto stress hídrico, ou seja, com um nível de demanda superior a 20% da sua disponibilidade d'água (BERNARDI, 2003).

A necessidade de encontrar um equilíbrio entre a demanda e a disponibilidade de água impõe um estudo mais detalhado por parte das Instituições de gestão de recursos hídricos, na busca de soluções complementares, que venham minimizar as pressões existentes sobre os mananciais (RODRIGUES, 2005).

Os efluentes domésticos, brutos ou tratados vêm sendo extensivamente estudados e aplicados em todo o mundo, em regiões onde há escassez de recursos hídricos e demandas crescentes para o desenvolvimento urbano, agrícola ou industrial, surgindo como alternativa viável para aumentar a disponibilidade hídrica (PAGANINI, 2003). Essa prática, denominada "reúso de água", quando aplicada no meio agrícola, além de garantir a recarga do lençol freático, serve para fertirrigação de diversas culturas, bem como para fins de dessedentação de animais (BREGA FILHO & MANCUSO, 2003).

O maior uso que se faz da água no mundo é na agricultura. As demandas em muitas regiões são superiores as quantidades existentes (TELLES, 2003). A irrigação retira aproximadamente 69% da água de boa qualidade do planeta. No Brasil, a água utilizada na irrigação, chega a 70% do consumo consumptivo total, tendendo chegar à 80% por volta de 2010 (HESPANHOL, 2003).

Os recursos hídricos no Nordeste brasileiro são superficiais, escassos e mal distribuídos, o que, acompanhado da irregularidade das precipitações e do uso indiscriminado dos mananciais, tem provocado períodos cruciais de seca para a população nordestina e ainda contribui de forma intensa para a degradação da qualidade da água, ampliando os problemas ambientais da região (MAGALHÃES, 2002). Essa insuficiência promove a discussão sobre a necessidade indispensável da utilização de águas de baixa qualidade, através do tratamento dos efluentes de esgotos domésticos, transformando-os em água para fins agrícolas, que em muitos casos se satisfaz com água de padrões baixos de qualidade, podendo ser usada para a irrigação (KÖNIG et al., 1997; TELLES, 2003).

A disposição de efluentes sobre o solo (cultivado ou não) pode apresentar vantagens como: favorecimento da degradação (ou transformação) de numerosos compostos perigosos ao meio; reutilização de grande quantidade de água na agricultura, preservando a demanda das águas de boa qualidade para o consumo humano ou industrial; retenção e imobilização de íons metálicos por fenômenos de adsorção por argilas, óxidos e oxihidróxidos (ALLOWAY & AYRES, 1997).

O reúso de água oriunda de esgoto, ocasiona alterações físicas (Fetter, 1993; McBride, 1994) e químicas (BOND, 1998). A intensidade dessas alterações depende das condições locais de solo, planta, fonte de água e ambiente (SHAHALAM et al., 1998).

A irrigação de culturas com efluentes de esgoto aumenta os níveis de nutrientes no solo, principalmente o nitrogênio (Papadopoulos & Stylianou, 1988), potássio, cálcio e magnésio (Azevedo & Oliveira, 2005), portanto, deve ser considerada uma alternativa para fontes de água e nutrientes na agricultura.

O objetivo deste trabalho foi avaliar o impacto da utilização do efluente de esgoto doméstico em atributos químicos de um Cambissolo localizado no município de Simões Filho – BA.

MATERIAL E MÉTODO

O experimento foi conduzido na comunidade de Mapele, localizada no município de Simões Filho (BA), numa altitude média de 120 m, situado nas coordenadas a 12° 48' 45" de Latitude Sul e 38° 26' 15" de Longitude Oeste de Greenwich. O tipo climático é úmido (B1rA') segundo a classificação de

Thorntwaite. A pluviosidade média anual varia entre 1600 e 2000 mm, com as maiores concentrações pluviométricas ocorrendo entre os meses de abril e junho e com temperatura média anual de 24,7°C.

O trabalho foi instalado no final de novembro de 2004. Os tratamentos foram dispostos em blocos casualizados, com 3 repetições, compostos com parcelas subdivididas (5 m x 15 m). Foram utilizadas as espécies ornamentais *Gladiolus hortulanus* (Bailey) e o híbrido *Heliconia psittacorum* L. cv. *Golden torch*. O espaçamento para as helicônias foi de 1 m entre fileiras por 1 m entre plantas e os gladiolos, 1 m por 0,25 m, utilizando-se cinco linhas por parcela, das quais as três centrais representaram a parcela útil. O sistema de irrigação foi distribuído em faixas de acordo com o tipo de água utilizado. As plantas foram irrigadas por gotejamento em superfície, 3 vezes por semana, com uma lâmina de irrigação diária de 2,07 mm nas linhas de plantio. Os tratamentos aplicados nas parcelas foram: T1 - efluente da wetland com desinfecção (adição de 5 mg L⁻¹ de cloro); T2 - efluente da wetland sem desinfecção e T3 - água de riacho.

A caracterização química da área experimental (Tabela 2) foi determinada, que foram analisadas pelo Laboratório de Solos da EBDA.

O solo da área experimental foi analisado com amostras de solo de 0,0 a 0,2 m pelo Laboratório de Solos da Empresa Baiana de Desenvolvimento Agrícola (EBDA) e as características químicas estão apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1 . Características químicas do solo na área experimental.

pH	C	MO	P	K	Ca	Mg	Al	Na	H + Al	S	CTC	V
H ₂ O	- g/Kg -		mg.dm ⁻³	_____ cmol _c .dm ⁻³ _____								%
5,2	5,25	9,05	<1	0,09	1,31	1,94	1,19	0,06	3,84	3,40	7,24	46,96

As proporções de areia, silte e argila foram de: 8,6/44,0/47,0 % (argila-siltosa), 8,1/41,2/50,6 % (argila-siltosa), 7,4/36,0/56,5% (argilosa) para as camadas de 0,0 - 0,1 m, 0,1 - 0,2 m e 0,2 - 0,3 m, respectivamente, segundo EMBRAPA (1997).

Antes do cultivo, o solo foi preparado com grade aradora (até 0,2 m) e realizou-se uma calagem, com 2900 Kg ha⁻¹ de calcário com PRNT 80%. O solo também recebeu uma adubação com composto orgânico (a base de esterco de

matadouro, cama de poedeira, bagaço de cana e farinha de rocha-MB₄), aplicando 1 L por cova para helicônia e 0,5 L para o gladiolo.

O efluente utilizado foi produzido por uma Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) composta por uma grade, um desarenador/equalizador, um Digestor Anaeróbico de Fluxo Ascendente (DAFA), uma wetland e uma caixa de passagem. Essa ETE recebe e trata o esgoto gerado por cerca de 50 casas, construídas no condomínio Crescer (Mapele). A caracterização físico-química do efluente está apresentada na Tabela 2. O efluente obtido na saída da wetland foi definido como moderadamente salino e ligeiramente sódico segundo a classificação de Ayers e Westcot (1999).

Tabela 2. Características da água e efluente utilizados na irrigação da área experimental.

Determinações	Unidades	Efluente			Água
		Esg. Bruto	DAFA ⁶	Wetland	Riacho
pH		6,53	6,96	7,58	6,69
Condutividade elétrica	dS m ⁻¹	- ⁵	-	1,2	0,26
N (amônia) – NH ₃ (N)	mg L ⁻¹	113	-	44	0,70
Fósforo total (P)	mg L ⁻¹	13,7	9,05	7,6	0,08
Boro (B)	mg L ⁻¹	-	-	0,2	0,1
Sódio (Na)	mg L ⁻¹	-	-	119	-
Cálcio (Ca)	mg L ⁻¹	-	-	36,9	46,3
Dureza (CaCO ₃)	mg L ⁻¹	-	-	184	164
Magnésio (Mg)	mg L ⁻¹	-	-	22,2	11,8
RAS ¹	mmol ^{1/2} .L ^{-1/2}			3,82	-
DBO ₅ ²	mg L ⁻¹	1,16.10 ³	200	-	-
DQO ³	mg L ⁻¹	3,07.10 ³	368	41,0	19,9
OD ⁴	mg L ⁻¹	-	-	-	< 0,1
Sólid. Sedimentáveis	mg L ⁻¹	25	0,2	<0,1	< 0,1
Sólidos Suspensos	mg L ⁻¹	1,79.10 ³	139	4,9	2,5 .10 ¹
Sólidos totais	mg L ⁻¹	2,16.10 ³	764	670	4,79 .10 ³
Coliformes totais	UFC/100ml	5,9.10 ⁷	6,0 .10 ⁶	2,5. 10 ⁵	9.10 ³
Colif. Termotolerantes	UFC/100ml	6,0.10 ⁶	4,1 .10 ⁶	1,9. 10 ⁴	1.10 ²
<i>Enterococcus</i>	UFC/100ml	3,9.10 ⁵	4,0 .10 ³	-	-

¹ Razão de Adsorção de Sódio

² Demanda Bioquímica de Oxigênio

³ Demanda Química de Oxigênio

⁴ Oxigênio Dissolvido

⁵ Valor não determinado

⁶ DAFA = Digestor Anaeróbico de Fluxo Ascendente

Aos 180 dias após o plantio, foram retiradas amostras deformadas de solo, na linha de plantio, em três profundidades 0,0 - 0,1 m; 0,1 - 0,2 m e 0,2 - 0,3 m para determinação dos atributos químicos do solo. A determinação do pH foi feito em CaCl_2 . Os elementos K, Na e P foram extraídos por Mehlich 1, e Ca e Mg por KCl 1 mol L^{-1} . A determinação destes elementos foi feita através de um ICP-OES. O enxofre foi extraído na forma de S-SO_4 por fosfato monobásico de cálcio. A matéria orgânica (M.O.) foi analisada por digestão via úmida e determinada pelo método calorimétrico (oxidação por dicromato de sódio). A acidez total ($\text{H}^+ + \text{Al}^{3+}$) extraída com acetato de cálcio a 1 N a pH 7, titulado com NaOH a 0,025N e o Al^{3+} trocável foi extraído por solução de KCl 1 N e determinado por ICP; os detalhes dos métodos estão disponíveis em van Raij et al. (2001).

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e teste F ao nível de 5% de significância e as médias comparadas pelo teste de Tukey, utilizando-se o Programa estatístico SAEG.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Efeito do efluente na acidez do solo

Os resultados referentes a pH e acidez potencial ($\text{H}^+ + \text{Al}^{3+}$) estão apresentados nas Tabelas 3 e 4. Verificou-se que não houveram diferenças significativas entre os tipos de água usados na irrigação nas duas culturas estudadas, apesar do teor de carbonatos e do pH do efluente serem superiores ao da água de riacho

O efeito amenizador da acidez do solo ocasionado por efluente de esgoto foi relatado por Quin & Woods (1978) em diferentes situações de clima, solo e cultura. Esse efeito deve-se ao pH elevado, devido a adição de cátions trocáveis e de ânions presentes em efluente o que proporciona um aumento na reserva alcalina, alterando a ciclagem dos nutrientes e ocasionando incremento na redução de NO_3^- produzindo íons OH^- (SHIPPER et al., 1996).

O efeito do aporte de alcalinidade através do efluente pode ter sido mascarado pela calagem que ocorreu na área experimental antes do experimento, o que promoveu uma elevação do pH na camada superficial de toda a área. Assim, os valores da acidez potencial na profundidade 0,0 – 0,1 m foram

significativamente maiores do que a 0,2 – 0,3 m, para os três tratamentos. Isso demonstra o efeito preponderante a curto prazo (180 dias) da calagem sobre a alcalinização geralmente proporcionada pelo efluente.

Não houve diferença significativa entre os efluentes com e sem desinfecção e a água de riacho em relação ao teor de Al^{3+} trocável. O efeito da calagem no teor de Al^{3+} também pode ser observado nesse caso pelas maiores concentrações de Al^{3+} na profundidade 0,2 - 0,3 m.

Tabela 3. Médias de pH, acidez total ($\text{H}^+ + \text{Al}^{3+}$) e alumínio trocável (Al^{3+}) no solo em três profundidades, em função do tipo de água aplicada 180 dias após o início da irrigação, das parcelas cultivadas com helicônia.

Profundidade	Efluente c/ desinfecção	Efluente s/ desinfecção	Água do riacho
— m —	pH		
0,0 – 0,1	4,9 Aa	4,9 Aa	5,0 Aa
0,1 – 0,2	4,6 Aab	4,7 Aab	4,8 Aab
0,2 – 0,3	4,4 Ab	4,4 Ab	4,5 Ab
	$\text{H}^+ + \text{Al}^{3+}$ ($\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$)		
0,0 – 0,1	4,37 Aa	4,23 Aa	4,27 Aa
0,1 – 0,2	4,87 Aab	4,67 Aab	4,60 Aa
0,2 – 0,3	5,00 Ab	4,97 Ab	4,70 Aa
	Al^{3+} ($\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$)		
0,0 – 0,1	0,03 Aa	0,00 Aa	0,03 Aa
0,1 – 0,2	0,23 Aab	0,10 Aab	0,13 Aa
0,2 – 0,3	0,57 Ab	0,40 Ab	0,20 Aa

Médias seguidas de letras iguais (maiúsculas na linha e minúsculas na coluna) não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey (5 %).

Tabela 4. Médias de pH, acidez total ($H^+ + Al^{3+}$) e alumínio trocável (Al^{3+}) no solo em três profundidades, em função do tipo de água aplicada 180 dias após o início da irrigação, das parcelas cultivadas com gladiolo.

Profundidade	Efluente c/ desinfecção	Efluente s/ desinfecção	Água do riacho
— m —	pH		
0,0 – 0,1	5,0 Aa	5,0 Aa	5,1 Aa
0,1 – 0,2	5,0 Aa	5,0 Aa	4,8 Aab
0,2 – 0,3	4,4 Ab	4,6 Aa	4,5 Ab
	$H^+ + Al^{3+}$ (cmol _c dm ⁻³)		
0,0 – 0,1	4,13 Aab	3,97 Ab	4,07 Ab
0,1 – 0,2	3,73 Bb	4,6 Aab	4,97 Aa
0,2 – 0,3	4,6 Aa	4,83 Aa	4,87 Aa
	Al^{3+} (cmol _c dm ⁻³)		
0,0 – 0,1	0,03 Aa	0,03 Aa	0 Aa
0,1 – 0,2	0,10 Aa	0,07 Aa	0,13 Aa
0,2 – 0,3	0,43 Aa	0,3 Aa	0,43 Aa

Médias seguidas de letras iguais (maiúsculas na linha e minúsculas na coluna) não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey (5 %).

Na Figura 1, estão apresentadas as diferenças das variáveis no solo irrigado com o efluente desinfectado e não desinfectado e com água de riacho, expressas em porcentagem (%), para a área cultivada com helicônia (A) e gladiolo (B). Estas variações foram calculadas para observar tendências no comportamento das características químicas estudadas, cada variável, embora elas não sejam significativas para o curto período de tempo em que a área esteve submetida a irrigação com efluente de esgoto.

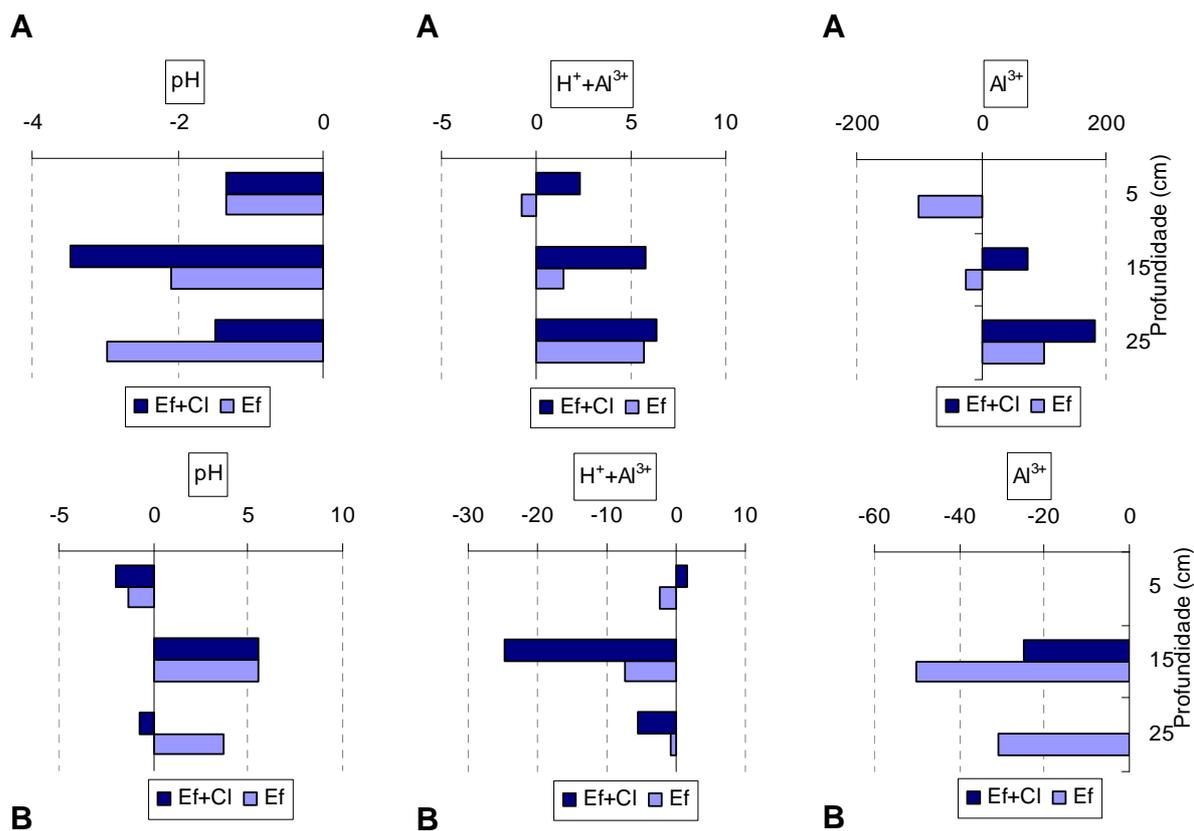


Figura 1 – Variação (em %) entre os valores de pH, acidez total ($H^+ + Al^{3+}$) e alumínio trocável (Al^{3+}) no solo irrigado com efluente desinfetado (Ef+Cl) e não desinfetado (Ef) e os valores no solo irrigado com água de riacho, na parcela cultivada com helicônia (A) e com gladiolo (B).

Os dados evidenciam um decréscimo sistemático do pH no solo irrigado com efluente com e sem desinfecção, cultivado com helicônia, sendo associado ao aumento da acidez total. Vários autores já relataram a diminuição da acidez do solo em solo irrigado com efluente (Mancino & Pepper, 1992; Allhands et al., 1995) esse fenômeno é geralmente atribuído ao processo de nitrificação, isto é, da oxidação do nitrogênio amoniacal (NH_4^+) presente em grande quantidade no efluente (Tabela 2) em nitrato (NO_3^-). Observa-se também na Figura 1, o aumento da acidez total do solo na área (A). O efeito da irrigação com efluente na acidez do solo, na área cultivada com o gladiolo é oposto ao encontrado na área com a helicônia (A). Assim, existe uma participação da planta no comportamento da acidez total. Constatou-se, principalmente na profundidade de 0,1 – 0,2 m, o aumento do pH e o decréscimo de acidez total e do alumínio. O efluente leva ao solo carbonatos, o que ocasiona uma alcalinização e conseqüente perda de alumínio. Estes resultados evidenciam que, mesmo utilizando irrigação com

água moderadamente salina (Condutividade elétrica – CE= 1,2 dS.m⁻¹) e moderadamente sódica (Razão de Adsorção de Sódio – RAS = 3,82 mmol^{1/2} L^{-1/2}), a cobertura vegetal influencia a dinâmica das reações químicas no solo, através do crescimento radicular e dos processos que ocorrem na rizosfera.

3.2. Efeito da irrigação na matéria orgânica, fósforo e enxofre.

Matéria orgânica

Na Tabela 5 estão apresentados os valores referentes ao teor de matéria orgânica do solo (MOS) na área cultivada com a helicônia. Observa-se que o tratamento em que se utilizou o efluente com desinfecção apresentou valor inferior e diferiu significativamente da matéria orgânica do solo irrigado com efluente não desinfetado e água de riacho, na profundidade 0,0 - 0,1 m. Isso indica um efeito prejudicial do cloro na conservação da MO, tanto no efluente como no solo. O cloro, em função do seu poder oxidante pode estar atuando no decréscimo do teor de compostos orgânicos no efluente desinfetado, como também na oxidação da MOS que geralmente se acumula na camada superficial do solo. As demais profundidades não apresentaram diferença significativa, apesar da tendência geral ao decréscimo de matéria orgânica da profundidade 0,0 – 0,1 m para a 0,2 – 0,3 m (Figura 2).

O decréscimo dos teores de matéria orgânica devido à irrigação com efluente de ETE já foi observado em trabalhos realizados por Friedel et al., (2000) e Gloaguen (2006). Experimento conduzido por Fonseca (2005), mostrou um decréscimo também de carbono total (CT) e nitrogênio total (NT) devido ao efeito “priming” (estímulo da atividade microbiana) através do aporte de nutrientes tais como nitrogênio (relação C/N no efluente baixa, 5 vezes menor do que no solo), o que leva a uma aceleração da mineralização da matéria orgânica nativa do solo. No presente estudo, as pequenas amplitudes das variações observadas não permitem conclusões mais aprofundadas, indicando, entretanto possíveis tendências, e mostrando assim, a necessidade de monitorar esse tipo de irrigação por um período mais longo.

Comparando-se as profundidades, verifica-se que a matéria orgânica foi significativamente maior na primeira camada (0,0 – 0,1 m) do que 0,2 – 0,3 m,

para os três tratamentos e as duas culturas (Tabela 5 e 6). Nos tratamentos com efluente com e sem desinfecção, aplicados na irrigação da helicônia, os valores foram significativamente diferentes para as três profundidades. Essa situação é esperada em solos tropicais, que contém matéria orgânica somente na camada superficial do solo. Esse resultado sugere que, o curto período da irrigação com o efluente, não foi suficiente para contribuir com o decréscimo da reserva orgânica do solo.

Fósforo e enxofre

Avaliando-se as Tabelas 5 e 6, verificou-se que não houve diferença significativa para os teores de fósforo quando comparados os tipos de água entre si. Também não foi encontrada diferença entre as profundidades dentro das áreas cultivadas com helicônia e gladiolo, exceto quando utilizado o efluente desinfectado e água de riacho, que apresentaram diferença significativa nas profundidades 0,0 – 0,1 m e 0,2 – 0,3 m, no solo cultivado com helicônias (Tabela 5). Os resultados encontrados para fósforo, já era esperado em função do curto período de uso do efluente na irrigação. Segundo Wang et al. (2003), efeitos expressivos da irrigação com efluente em relação ao aumento do teor de fósforo disponível no solo, são comuns somente após períodos de cinco anos.

Nas simulações apresentadas na Figura 2 observou-se uma tendência para que o conteúdo de fósforo seja mais baixo no solo irrigado com efluente, considerando-se como referência o teor apresentado no tratamento com água de riacho. Este comportamento é muito similar ao do pH, na área cultivada com helicônia, pois a disponibilidade do fósforo depende da sua forma iônica, a qual é determinada pelo pH. Na faixa de pH observada (pH=5), o P se encontra na forma de H_2PO_4^- (Pierzynski et al., 1999), forma menos adsorvida no solo do que PO_4^{3-} (que ocorre em pH mais elevado). No entanto, um pH baixo geralmente favorece a adsorção nos óxidos de ferro e alumínio, através da maior disponibilização de cargas positivas na superfície dos óxidos (BRADY, 1989).

Em relação ao enxofre verificou-se nas Tabelas 5 e 6, que os tratamentos não apresentaram diferenças significativas entre si. Resultado semelhante foi encontrado por Fonseca (2001), quando irrigou pastagem com efluente de esgoto. A tendência esperada para esse elemento, conforme Figura 2, é de ocorrer um

acúmulo no solo, na área plantada com helicônia, com a aplicação de esgoto desinfectado e não desinfectado. Todavia, o comportamento esperado para o S, na área cultivada com gladiolo, foi oposto para os dois tipos de efluente. Nesse caso, a presença do cloro pode estar afetando a taxa de mineralização da MOS, como também o menor aporte de MOS advinda da cobertura com gladiolo pode estar relacionada ao decréscimo na concentração de S no solo, em consequência da mineralização da MOS.

O comportamento do enxofre no solo é semelhante ao do fósforo. Da mesma forma que a disponibilidade do fósforo é associada ao valor do pH, também o é para o enxofre. O pH baixo favorece o aumento das cargas positivas nos óxidos e aumenta a adsorção de SO_4^{2-} . As maiores concentrações de SO_4^{2-} no solo, são encontradas em pH baixo (3,0 - 4,5).

Embora sem diferença significativa, verificou-se nas Tabelas 5 e 6, um aumento expressivo do enxofre, à medida que a profundidade aumenta, na parcela A. Isto ocorreu nos três tratamentos e nas duas espécies cultivadas. Entretanto, ao contrário do esperado, a tendência (Figura 2) do enxofre é inversa à do fósforo, do pH e da matéria orgânica. É possível que os sítios de carga positiva nos óxidos, tenham sido saturados pelo fósforo que é mais fortemente adsorvido que o enxofre, promovendo então a lixiviação do SO_4^{2-} (trazido pelo efluente) até as camadas inferiores menos saturadas pelo fósforo. Entretanto, a mineralização da matéria orgânica pode ter promovido o aumento do teor de enxofre.

Tabela 5. Médias de matéria orgânica (M.O.), fósforo (P) e enxofre (S) no solo em função da profundidade e do tipo de água aplicada 180 dias após o início da irrigação, nas parcelas cultivadas com helicônia.

Profundidade	Efluente c/ desinfecção	Efluente s/ desinfecção	Água do riacho
— m —	Matéria orgânica (g Kg ⁻¹)		
0,0 – 0,1	2,70 Ba	2,93 ABa	3,13 Aa
0,1 – 0,2	2,30 Ab	2,50 Ab	2,60 Ab
0,2 – 0,3	2,00 Ab	2,10 Ac	2,03 Ac
	P (mg dm ⁻³)		
0,0 – 0,1	7,57 Aa	6,47 Aa	7,40 Aa
0,1 – 0,2	3,87 Aab	5,13 Aa	5,93 Aab
0,2 – 0,3	3,07 Ab	3,30 Aa	3,10 Ab
	S (cmol _c dm ⁻³)		
0,0 – 0,1	8,10 Ab	8,20 Ab	7,83 Aa
0,1 – 0,2	15,47 Aab	13,17 Aab	10,93 Aa
0,2 – 0,3	17,77 Aa	20,97 Aa	13,77 Aa

Médias seguidas de letras iguais (maiúsculas na linha e minúsculas na coluna) não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey (5 %).

Tabela 6. Médias da matéria orgânica (M.O.), fósforo (P) e enxofre (S) no solo em função da profundidade e do tipo de água aplicada 180 dias após o início da irrigação, nas parcelas cultivadas com gladiolo.

Profundidade	Efluente c/ desinfecção	Efluente s/ desinfecção	Água do riacho
— m —	Matéria orgânica (g Kg ⁻¹)		
0,0 – 0,1	2,90 Aa	3,20 Aa	3,23 Aa
0,1 – 0,2	2,77 Aa	3,07 Aa	2,50 Ab
0,2 – 0,3	1,97 Ab	2,33 Ab	2,13 Ab
	P (mg dm ⁻³)		
0,0 – 0,1	10,53 Aa	6,9 Aa	12,67 Aa
0,1 – 0,2	13,60 Aa	4,43 Aa	5,40 Aa
0,2 – 0,3	3,13 Aa	3,27 Aa	4,80 Aa
	S (cmol _c dm ⁻³)		
0,0 – 0,1	11,13 Ab	7,43 Ab	8,70 Ab
0,1 – 0,2	14,60 Aab	8,80 Bab	14,03 ABa
0,2 – 0,3	18,07 Aa	13,73 Aa	17,07 Aa

Médias seguidas de letras iguais (maiúsculas na linha e minúsculas na coluna) não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey (5 %).

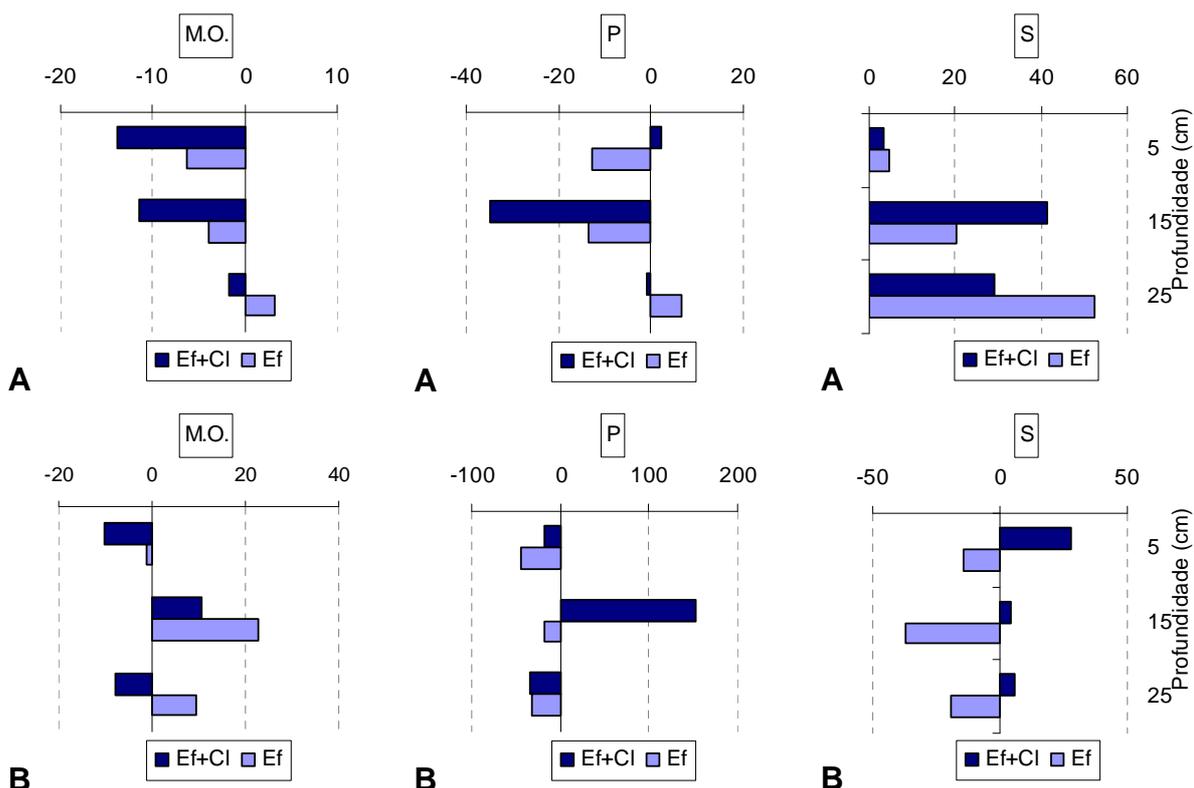


Figura 2 – Variação (em %) entre os valores de matéria orgânica (M.O.), fósforo (P) e enxofre (S) no solo irrigado com efluente desinfetado (Ef+Cl) e não desinfetado (Ef) e os valores no solo irrigado com água de riacho, na parcela cultivada com helicônia (A) e com gladiolo (B).

3.3 Efeito da irrigação nos cátions trocáveis e capacidade de troca catiônica

Os teores de cátions (Ca, Mg, K,) trocáveis (Tabela 7), não apresentaram diferenças significativas quando os tratamentos foram comparados entre si, na área cultivada com helicônia aos 180 dias após o início da irrigação. O tratamento em que foi aplicado o efluente sem desinfecção diferiu significativamente dos demais em relação ao teor de potássio encontrado na área do cultivo de gladiolo (Tabela 8). O conteúdo de sódio sempre foi menor do que $0,1 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$, contribuindo por menos de 1% na saturação do complexo de troca iônico, o que foi atribuído a rápida lixiviação abaixo de 30 cm.

Em relação ao comportamento esperado no solo, notou-se uma tendência ao decréscimo de potássio, cálcio e magnésio (Figura 3) de 24%, 16% e 12% respectivamente, na área com helicônia (A).

Em termos gerais a redução no teor dos cátions trocáveis existentes no solo, parece estar relacionada à extração pela cultura, que possui crescimento vegetativo vigoroso e produz grande quantidade de massa fresca na parte aérea.

Tabela 7. Médias de cálcio (Ca), magnésio (Mg) e potássio (K) trocáveis no solo em função da profundidade e do tipo de água aplicada 180 dias após o início da irrigação, nas parcelas cultivadas com helicônia.

Profundidade	Efluente c/ desinfecção	Efluente s/ desinfecção	Água do riacho
— m —	Ca ²⁺ (cmol _c dm ⁻³)		
0,0 – 0,1	3,57 Aa	3,67 Aa	4,13 Aa
0,1 – 0,2	2,70 Aab	2,87 Aab	3,27 Aab
0,2 – 0,3	2,30 Ab	2,07 Ab	2,47 Ab
	Mg ²⁺ (cmol _c dm ⁻³)		
0,0 – 0,1	2,00 Aa	2,10 Aa	2,07 Aa
0,1 – 0,2	1,50 Ab	1,67 Aa	1,63 Aab
0,2 – 0,3	1,30 Ab	1,17 Ab	1,33 Ab
	K ⁺ (cmol _c dm ⁻³)		
0,0 – 0,1	0,30 Aa	0,29 Aa	0,36 Aa
0,1 – 0,2	0,24 Aab	0,27 Aa	0,31 Aa
0,2 – 0,3	0,18 Ab	0,23 Aa	0,2 Ab

Médias seguidas de letras iguais (maiúsculas na linha e minúsculas na coluna) não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey (5 %).

Tabela 8. Médias de cálcio (Ca), magnésio (Mg) e potássio (K) no solo em função da profundidade e do tipo de água aplicada 180 dias após o início da irrigação, nas parcelas cultivadas com gladiolo.

Profundidade	Efluente c/ desinfecção	Efluente s/ desinfecção	Água do riacho
— m —	Ca ²⁺ (cmol _c dm ⁻³)		
0,0 – 0,1	3,73 Aa	4,47 Aa	4,03 Aa
0,1 – 0,2	3,50 Aa	3,47 Ab	3,03 Ab
0,2 – 0,3	1,97 Ab	2,40 Ac	2,23 Ab
	Mg ²⁺ (cmol _c dm ⁻³)		
0,0 – 0,1	2,07 Aa	2,27 Aa	2,10 Aa
0,1 – 0,2	1,93 Aa	1,87 Ab	1,67 Ab
0,2 – 0,3	1,17 Ab	1,27 Ac	1,23 Ac
	K ⁺ (cmol _c dm ⁻³)		
0,0 – 0,1	0,30 Ba	0,49 Aa	0,29 Ba
0,1 – 0,2	0,26 Ba	0,47 Aa	0,29 Ba
0,2 – 0,3	0,17 Ba	0,40 Aa	0,26 Ba

Médias seguidas de letras iguais (maiúsculas na linha e minúsculas na coluna) não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey (5 %).

As concentrações de cátions trocáveis são sistematicamente mais elevadas na camada superficial do solo (0,0 - 0,1m), onde ocorre maior teor de matéria orgânica (Tabela 5 e 6).

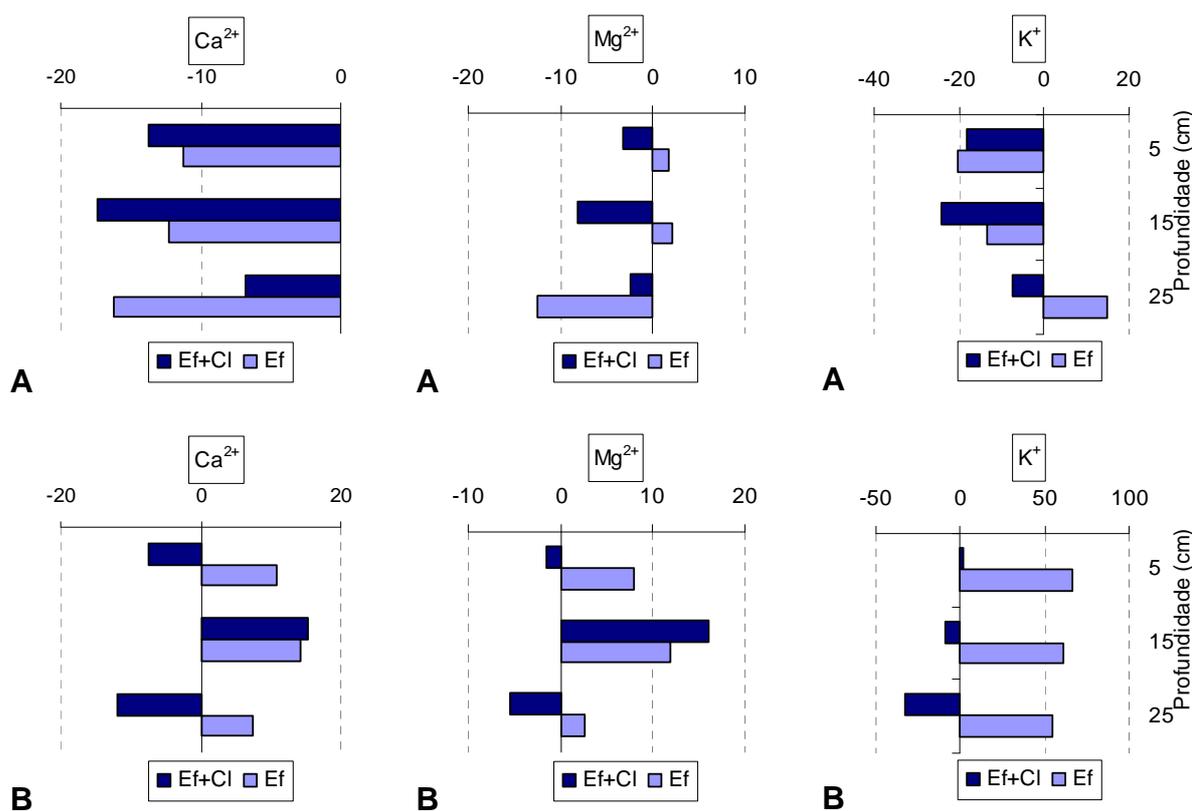


Figura 3 – Variação (%) entre os valores de cálcio (Ca^{2+}), magnésio (Mg^{2+}) e potássio (K^+) trocáveis no solo irrigado com efluente desinfetado (Ef+Cl) e não desinfetado (Ef) e os valores no solo irrigado com água de riacho, na parcela cultivada com helicônia (A) e com gladiolo (B).

Observou-se que não houve diferenças significativas em relação à capacidade de troca catiônica (CTC) e da saturação por bases (V) (Tabela 9). No caso da saturação por base de alumínio (m), foi encontrada diferença estatística apenas na profundidade de 0,2 a 0,3 m, em função do efluente utilizado. No período considerado a adição de MOS e nutrientes não foi suficiente para alterar esses atributos do solo. Todavia, entre as profundidades houve diferenças significativas para os três cátions analisados, o que era esperado, devido estar na camada superficial do solo o maior conteúdo de matéria orgânica o que consequentemente promove uma maior retenção dos cátions e ao fato de ter sido efetuada calagem na camada superficial.

Tabela 9. Capacidade de troca catiônica (CTC), saturação por bases (V) e saturação por alumínio (m) no solo em função da profundidade e do tipo de água aplicada 180 dias após o início da irrigação, nas parcelas cultivadas com helicônia.

Profundidade	Efluente c/ desinfecção	Efluente s/ desinfecção	Água do riacho
— m —	CTCt (cmol _c dm ⁻³)		
0,0 – 0,1	10,3 Aa	10,4 Aa	11,0 Aa
0,1 – 0,2	9,3 Aab	9,6 Aab	9,9 Aab
0,2 – 0,3	8,9 Ab	8,5 Ab	8,8 Ab
	V (%)		
0,0 – 0,1	57,7 Aa	59,0 Aa	61,0 Aa
0,1 – 0,2	47,7 Ab	50,7 Aa	53,0 Aab
0,2 – 0,3	43,0 Ab	41,7 Ab	46,3 Ab
	m (%)		
0,0 – 0,1	0,7 Aa	0,0 Aa	0,7 Aa
0,1 – 0,2	5,3 Ab	2,3 Aab	3,0 Aa
0,2 – 0,3	14,7 Ab	10,0 ABb	4,7 Ba

Médias seguidas de letras iguais (maiúsculas na linha e minúsculas na coluna) não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey (5 %).

Tabela 10. Capacidade de troca catiônica (CTC), saturação por bases (V) e saturação por alumínio (m) no solo em função da profundidade e do tipo de água aplicada 180 dias após o início da irrigação, nas parcelas cultivadas com gladiolo.

Profundidade	Efluente c/ desinfecção	Efluente s/ desinfecção	Água do riacho
— m —	CTCt (cmol _c dm ⁻³)		
0,0 – 0,1	10,4 Aa	11,3 Aa	10,6 Aa
0,1 – 0,2	9,5 Aa	10,5 Aa	10,1 Aa
0,2 – 0,3	8,0 Ab	9,0 Ab	8,7 Ab
	V (%)		
0,0 – 0,1	59,7 Aa	64,7 Aa	62 Aa
0,1 – 0,2	59,7 Aa	55,7 Ab	50 Bb
0,2 – 0,3	41,7 Ab	46 Ac	43 Ac
	m (%)		
0,0 – 0,1	0,7 Ab	0,7 Aa	0,0 Ab
0,1 – 0,2	2,0 Ab	1,3 Aa	3,0 Ab
0,2 – 0,3	13,0 Aa	7,3 Aa	11,7 Aa

Médias seguidas de letras iguais (maiúsculas na linha e minúsculas na coluna) não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey (5 %).

As tendências que se destacam na figura 4, isto é, decréscimo da CTC e de V no solo irrigado com efluente na parcela A é resultado do decréscimo de M.O. (figura 2) e de Ca^{2+} , Mg^{2+} (figura 3).

Em geral não houve efeito do efluente com e sem desinfecção sobre a CTC, valor de V e saturação por alumínio (m), na área plantada por gladiolo (Tabela 10). As únicas diferenças encontradas foram em relação à profundidade e podem ser explicadas pela mesma razão já mencionada anteriormente para a área cultivada com helicônia.

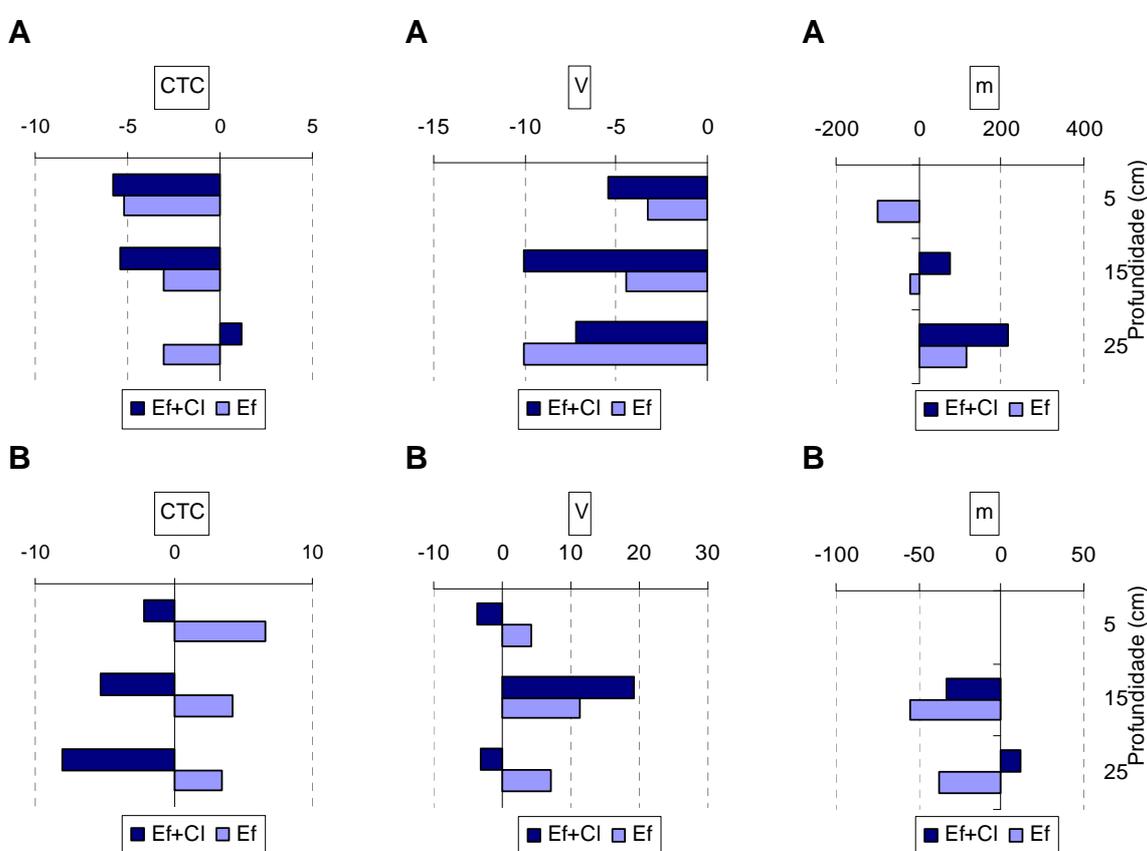


Figura 4 – Variação (em %) entre os valores de capacidade de troca catiônica (CTC), saturação por bases (V) e saturação por alumínio (m) no solo irrigado com efluente desinfetado (Ef+Cl) e não desinfetado (Ef) e os valores no solo irrigado com água de riacho, na parcela cultivada com helicônia (A) e com gladiolo (B).

CONCLUSÕES

1. O uso de irrigação com efluente com e sem desinfecção não alterou os atributos químicos do solo.
2. Houve tendência no solo irrigado com helicônia, de um decréscimo nos teores de MO, P, Ca, Mg e K, bem como aumento da acidez do solo.
3. A absorção de nutrientes, promovida pelas plantas de helicônia, ocasionou algumas alterações nos atributos químicos do solo.
4. São necessários estudos mais prolongados sobre o efeito do uso de efluentes de esgoto doméstico na química do solo.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

ALLHANDS, M. N. et al. W. Municipal water reuse at Tallahassee, Flórida. **Transactions of the American Society of Agricultural Engineers**, St. Joseph, MI, v. 38, p. 411-418,1995.

ALLOWAY, B. J.; AYRES, D.C. **Chemical principles of environmental pollution**. 2. ed. London: Chapman & Hall.1997. 395p.

AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. **A qualidade da água na agricultura**. Trad. GHEYI, H. R. MEDEIROS, J. F. de. DAMASCENO, F. A. V. Campina Grande: UFPB, 1999. 15 p

AZEVEDO, L. P. de ; OLIVEIRA, E. L. de. Efeitos da aplicação de efluente de tratamento de esgoto na fertilidade do solo e produtividade de pepino sob irrigação subsuperficial. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.25, n.1, p.253-263, jan./abr. 2005.

BERNARDI, C. C. **Reúso de água para irrigação**. 2003, 52f. Monografia (Especialização *Lato sensu*, modalidade MBA) - UnB, Brasília, 2003.

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

BRADY, N. C. **Natureza e propriedade dos solos**. Trad. FIGUEIREDO F^o, A. B. N. 7. ed Rio de Janeiro: Freitas Bastos, 1989.

BREGA FILHO, D.; MANCUSO, P. C. S. Conceito de reúso de água. In: MANCUSO, P.C.S.; SANTOS, H.F. (Ed.). **Reúso de água**. São Paulo: Manole, 2003. p. 21-36.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. 2.ed. Rio de Janeiro, 1997. 212p.

FETTER, C.W. **Contaminant hydrogeology**. New York: Macmillan Publish Company. 1993. 458 p.

FONSECA, A. F, da. **Variabilidade agrônômico-ambiental da disposição de efluente de esgoto tratado em um sistema solo-pastagem**. 2005. 174f. Tese (Doutorado em Agronomia) - ESALQ/USP, Piracicaba, 2005.

FONSECA, A. F. **Disponibilidade de nitrogênio, alterações nas características químicas do solo e do milho pela aplicação de efluente de esgoto tratado**. Piracicaba: Potafos, 2001.

FRIEDEL, J. K.; LANGER, T. ; SIEBE, C.; STAHR, K. Effects of long-term wastewater irrigation on soil organic matter, soil microbial biomass and its activities in central México. **Biology and Fertility Soils**, v. 31, p. 414-421, 2000.

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.

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

KÖNIG, A. et al. Uso de esgoto tratado como fonte de água não convencional para irrigação de forrageiras. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL. 19., 1997, Foz do Iguaçu. **Anais...** Foz do Iguaçu: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 1997. p. 2072- 2081.

MCBRIDE, M.B. **Environmental chemistry in soils**. Oxford: Oxford University Press, 1994. 416p.

MANCINO, C. F. ; PEPPER, I. L.; Irrigation of turfgrass with secondary sewage effluent: soil quality. **Agronomy Journal**, v. 84, p. 650-654, 1992.

MAGALHÃES, N. F. et al. A. Principais impactos nas margens do Baixo Rio Bodocongó - PB, decorrentes da irrigação com águas poluídas com esgoto. **Rev. bras. Eng. agríc. ambient.**, Campina Grande, v. 6, n.1, p. 128-135, jan./abr. 2002.

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

PAPADOPOULOS, I.; STYLIANOU, Y. Trickle irrigation of cotton with treated sewage effluent. **Journal of Environmental Quality**, Madison, v.17, n.4, p.574-580, 1988.

PIERZYNSKI, G.M.; SIMS, J.T. ; VANCE, G.F. **Soils and environmental quality**. Florida: CRC Press, 1999, 313 p.

QUIN, B. F.; WOODS, P. H. Surface irrigation OF PASTURE with treated sewage effluent I. Nutrient status of soil and pastures. **New Zealand Journal of Agricultural Research**, v. 21, p. 419-426, 1978.

RODRIGUES, R. dos S. **As dimensões legais e institucionais do reúso de água no Brasil**: proposta de regulamentação do reúso no Brasil. 2005. 177 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia). EP – USP, São Paulo, 2005.

SHAHALAM, A.; ZAHRA, B. M. A.; JARADAT, A. Wastewater irrigation effect on soil, crop and environment; a pilot scale study at Irbid, Jordan. **Water, Air, and Soil Pollution**, v. 106, p.425-445, 1998.

SCHIPPER, L. A.; WILLIAMSON, J. C.; KETTLES, H. A.; SPEIR, T. W. Impact of land-applied tertiary-treated effluent on soil biochemical properties. **Journal of environmental Quality**, v. 25, p. 1073-1077, 1996.

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.

RAIJ, B. van et al. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas: Instituto Agronômico. 2001. 284p.

WANG, Z. et al. Assessing the soil quality of long-term reclaimed wastewater irrigated cropland. **Geoderma**, v. 114, p.261-278, 2003.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com o aumento da população mundial, cresce a demanda por alimento e água. Apesar da abundância, uma vez que constitui 75% do globo terrestre, esta se torna um insumo bastante escasso, quando se trata de água doce e disponível à sociedade, já que 97% do seu manancial no globo terrestre é salgada. A deterioração dos recursos hídricos pelo uso intenso, sem os devidos cuidados, põe em risco a disponibilidade deste recurso e gera situações de escassez em muitas regiões e países.

Neste contexto, observa-se que no Brasil, a poluição dos mananciais é um fator que vem afetando sensivelmente a disponibilidade da água, principalmente pela falta de tradição e o desconhecimento do uso de efluentes na agricultura, o que vêm propiciando o seu lançamento em águas superficiais, gerando necessidade de encontrar um equilíbrio entre a demanda e a disponibilidade de água, o que impõe um estudo mais detalhado por parte das Instituições de gestão de recursos hídricos, na busca de soluções complementares, que venham minimizar as pressões existentes sobre os mananciais (RODRIGUES, 2005).

Vários países começaram a investir em diversas formas de reaproveitamento das águas, em atividades menos exigentes em qualidade, embora no Brasil, esta reutilização seja pouco difundida entre a população. Entretanto, vem crescendo o interesse por parte de pesquisadores e já estão em andamento alguns Projetos-Piloto, inclusive no Nordeste brasileiro e em algumas indústrias paulistas, com a finalidade de usar a águas residuárias na indústria e

na agricultura, sendo fundamental desenvolver-se, em todos os setores da sociedade, uma política cultural e de preservação de água.

Assim, a utilização de efluentes originados de esgotos, principalmente os domésticos, além das águas das chuvas, as salobras e as de drenagem agrícola darão suporte ao reúso consciente e planejado de águas de baixa qualidade, disponibilizando a melhor para setores mais exigentes. A técnica, denominada “reúso de águas”, é comum em regiões onde há escassez de recursos hídricos e demandas crescentes para o desenvolvimento urbano, agrícola ou industrial, surgindo como alternativa viável para aumentar a disponibilidade hídrica, sendo largamente utilizado em países localizados nas regiões áridas e semi-áridas (PAGANINI, 2003).

A exploração planejada do reúso no Brasil e em particular, no Nordeste, dará oportunidade a pequenos e médios agricultores de desfrutar de uma água não convencional, inclusive no cultivo irrigado de flores e plantas ornamentais. No Brasil, a floricultura vem se intensificando como atividade econômica ao longo dos anos, com a utilização de inúmeras espécies cultivadas. Dentre estas destacamos a helicônia, que é uma planta de origem tropical, com florescimento o ano todo e sendo comercializada como flor de corte e o gladiolo, mais conhecido como Palma de Santa Rita, que tem grande importância econômica na horticultura ornamental, sendo o terceiro produto em volume de vendas dentre as flores cultivadas no Brasil.

Nas condições em que os recursos naturais, especialmente os hídricos estão em processo crescente de depreciação, realizamos o presente estudo, com a finalidade de avaliar os efeitos do reúso de (efluente de esgoto doméstico) água, no solo e na irrigação nas duas espécies mencionadas.

Pode-se concluir que as características agrônômicas e os componentes de produção das plantas de helicônia e do gladiolo não foram influenciados de forma significativa pela irrigação com o efluente. Além disso, o uso de irrigação com efluente com e sem desinfecção não alterou os atributos químicos do solo. No entanto, os mesmos levaram ao aumento dos teores de sais, principalmente na camada superficial do solo, após um ano de observação. Desta forma, sugere-se que novos estudos sejam realizados, utilizando-se efluente de esgoto doméstico na irrigação de helicônia e gladiolo por um período superior ao estudado.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

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

RODRIGUES, R. dos S. **As dimensões legais e institucionais do reúso de água no Brasil**: proposta de regulamentação do reúso no Brasil. 2005. 177 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia hidráulica e sanitária) - EP – USP, São Paulo, 2005.