

**Águas de reúso para irrigação de pomar de lima ácida ‘Tahiti’  
(*Citrus latifolia* Tanaka)**

**Water reuse for irrigation orchard of lime ‘Tahiti’  
(*Citrus latifolia* Tanaka)**

DOI: 10.34188/bjaerv3n3-041

Recebimento dos originais: 20/05/2020

Aceitação para publicação: 20/06/2020

**Julio Cesar da Silva Monteiro de Barros**

Doutor em Fitotecnia pela Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz/Universidade de São Paulo – ESALQ/USP

Instituição: Empresa de Pesquisa Agropecuária do Estado do Rio de Janeiro –

PESAGRO-RIO/Centro Estadual de Pesquisa em Desenvolvimento Rural Sustentável

Endereço: Estrada Aderson Ferreira Filho. s/nº - Bairro Nova Cidade – CEP 27949-100 – Macaé, RJ

E-mail: juliomonteirodebarros@gmail.com

**Luiz de Moraes Rêgo Filho**

Doutor em Produção Vegetal pela Universidade Estadual do Norte Fluminense/Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias – CCTA

Instituição: Empresa de Pesquisa Agropecuária do Estado do Rio de Janeiro –

PESAGRO-RIO/Centro Estadual de Pesquisa em Desenvolvimento Rural Sustentável

Endereço: Estrada Aderson Ferreira Filho. s/nº - Bairro Nova Cidade – CEP 27949-100 – Macaé, RJ

E-mail: luizderego@gmail.com

**Regina Célia Alves Celestino**

Mestre em Ciências pela Universidade Federal do Rio de Janeiro UFRJ

Instituição: Empresa de Pesquisa Agropecuária do Estado do Rio de Janeiro –

PESAGRO-RIO/Centro Estadual de Pesquisa em Desenvolvimento Rural Sustentável

Endereço: Estrada Aderson Ferreira Filho. s/nº - Bairro Nova Cidade – CEP 27949-100 – Macaé, RJ

E-mail: reginacelestino1@hotmail.com

**Liliane Lusten Prohmann**

Pós-graduada em Marketing para Gestão de Negócios pela IBMEC-RJ

Instituição: Action Tratamento de Resíduos Ltda.

Endereço: “Sítio Recanto Feliz II”–Núcleo Colonial de Papucaia, s/n, Lote 35, Gleba Ribeira, Cachoeiras de Macacu, RJ

E-mail: liliane@actionshop.com.br

**RESUMO**

A água é um recurso cada vez mais escasso, seja pelo crescimento populacional, com aumento da demanda, seja pela redução da oferta, especialmente pela poluição dos mananciais ou pela crise hídrica que vem sendo observada em diversas regiões. No contexto da escassez associada aos problemas de qualidade, surge, como alternativa potencial de sustentabilidade, a reutilização da água para vários usos, inclusive para irrigação. São vários os benefícios agregados na prática de reúso na

irrigação, incluindo a recarga do lençol freático e a fertirrigação de diversas culturas, respeitando os limites sanitários e ambientais de aplicação para garantia do nível de qualidade. O presente trabalho teve por objetivo avaliar os efeitos da irrigação com efluente de esgoto tratado nos parâmetros químicos do solo, teores nutricionais do tecido foliar, na qualidade, na quantidade e nos teores de metais pesados nas folhas e nos frutos de lima ácida 'Tahiti'. A manutenção do pomar foi realizada com utilização de produtos alternativos, tais como biofertilizantes de urina de vaca e a área assim cultivada foi utilizada como unidade básica de observação e poderá proporcionar a transferência da tecnologia aos produtores rurais inseridos na cadeia produtiva da fruticultura irrigada da região das Baixadas Litorâneas do Estado do Rio de Janeiro. Com os resultados obtidos, espera-se incentivar a conscientização de preservação ambiental e difundir o uso de técnicas visando à conservação e ao equilíbrio sustentável do meio ambiente.

**Palavras-chave:** Limão Tahiti, irrigação de pomar, águas de reúso, qualidade de fruto, nutrição de plantas, contaminação bacteriológica.

#### **ABSTRACT**

Water is a feature increasingly scarce, whether by population growth, with increased demand, whether by the reduction of supply, especially by pollution of springs or by the crisis water that has been observed in various regions. In the context of scarcity associated with the quality problems, arises as an alternative potential sustainability, reuse of water for various uses, including for irrigation. There are many benefits aggregates in practice reuse in irrigation, including recharge the water table and fertigation various cultures, respecting the limits health and environmental application to guarantee the level of quality. The aim of the presente work was to evaluate the effects of treated sewage irrigation on soil chemical parameters, leaf tissue nutritional content, quality, quantity and heavy metal contents in 'Tahiti' lime leaves and fruits. Maintaining the orchard will be held with use of alternative products, such as biofertilizers and cow urine and the area so cultivated was used as basic unit of observation and can provide transfer of technology to farmers insert into the production chain of irrigated fruticulture in region of Baixadas Litorâneas of Rio de Janeiro State. With the results, it is expected to encourage awareness of environmental conservation and spread the use of techniques order to conservation and sustainable balance of the environment.

**Keywords:** Lemon Tahiti, orchard irrigation, reuse waters, fruit quality, plant nutrition, contamination bacteriological.

## **1 INTRODUÇÃO**

### **Águas de reúso**

A escassez dos recursos hídricos, seja por problemas climáticos, seja pelo crescente consumo de água ou pela crescente deterioração de sua qualidade, tem-se tornado cada dia mais agravante, tanto na quantidade quanto na qualidade do recurso água em todo o mundo. Em contrapartida, os efluentes domésticos e agroindustriais apresentam aumento crescente e, dessa forma, podem ser vistos como uma alternativa de uso potencial na agricultura (ROCHA et al., 2010).

De maneira geral, o reúso da água pode ocorrer de forma direta ou indireta, por meio de ações planejadas ou não (HESPANHOL, 2003; MANCUSO & SANTOS, 2003). O reúso também pode ser classificado em duas grandes categorias: potável (direto e indireto) e não potável.

- Reúso potável: quando o esgoto recuperado por meio de tratamento avançado é diretamente reutilizado no sistema de água potável.
- Reúso potável indireto: caso em que o esgoto, após o tratamento, é disposto na coleção de águas superficiais ou subterrâneas para diluição, purificação natural e subsequente captação, tratamento e finalmente utilizado como água potável.
- Reúso não potável para fins agrícolas: quando se faz uso desta modalidade de reúso, geralmente a água é usada como subproduto para recarga do lençol subterrâneo. Todavia, o objetivo precípua desta prática é a irrigação de plantas alimentícias, tais como árvores frutíferas e cereais e plantas não alimentícias, tais como pastagens e forrageiras, além de ser aplicável para dessedentação de animais.

Considerando que já existe atividade de reúso de água com fins agrícolas em certas regiões do Brasil, a qual é exercida de maneira informal, sem maiores cuidados com o meio ambiente e a saúde pública, concluem Rocha et al., 2010, torna-se necessário institucionalizar, regulamentar e promover o setor através da criação de estruturas de gestão, definição de legislação, disseminação de informação e desenvolvimento de tecnologias compatíveis com as condições técnicas, culturais, socioeconômicas e edafoclimáticas.

Além disso, os critérios para reúso devem considerar não somente aqueles relacionados com a proteção à saúde, mas devem considerar a modalidade de reúso, tais como impactos no solo (salinidade e sodicidade), danos ao sistema de aplicação (entupimento do sistema de irrigação) e toxicidade às plantas e peixes.

Neste sentido, o Ministério da Integração Nacional (MI), a Agência Nacional de Águas (ANA) e o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) aliados às instituições de ensino e pesquisa, estão promovendo discussões e pesquisas em todo o Brasil visando à proposição de políticas e normativas específicas para o reúso de água na agricultura. Também deve haver incentivo normativo e fiscal para a prática do reúso, haja vista que no Brasil a escassez de água ainda não é tão severa quanto em Israel. Dessa forma, as leis brasileiras devem ser mais restritivas para o consumo de água de boa qualidade e mais atrativa ao uso das águas residuárias. Enfim, considerando que o Brasil ainda está iniciando a prática do reúso de águas, deve-se focar sua aplicação em culturas agrícolas menos restritivas como o algodão, mamona, girassol, flores e culturas arbóreas (ROCHA et al., 2010).

O reúso da água é hoje um fator importante para a gestão dos recursos hídricos. O poder depurador do solo é muito maior que o poder depurador das águas, pois o solo funciona como filtro, além de promover a decomposição da matéria orgânica ainda presente em efluentes tratados. Para a agricultura, o reúso de efluentes fornece, além de água, alguns nutrientes de plantas. Entretanto, o uso

de resíduos em solos deve ser constantemente monitorado, para que não haja contaminação do sistema solo-água-plantas.

A presença de metais pesados oriundos de esgoto industrial descartado junto a esgotos domésticos pode ocasionar a contaminação do solo, dos produtos agrícolas e de águas subsuperficiais. De modo geral, os teores totais de metais pesados em efluentes podem ser considerados baixos. No entanto, sucessivas aplicações, associadas à incorporação de matéria orgânica de rápida degradação e muito pouco estabilizada, podem ocasionar seu acúmulo no solo. Mudanças das condições físico-químicas do solo podem ocasionar a liberação desses metais para a solução do solo, disponibilizando-os à absorção pelas plantas e/ou para percolação no solo (Bertoncini&Mattiazzo, 1999). A absorção de metais pesados pelas plantas pode reduzir a produtividade agrícola. No organismo humano, são acumulativos e podem ocasionar doenças.

Outro fator preocupante do reúso agrícola seria o excesso de sais e de sódio em efluentes sanitários e outros tipos de efluentes. O excesso de sais pode ocasionar a salinidade do solo e a deficiência hídrica das plantas, isto é, mesmo havendo água disponível no solo, as plantas não conseguem absorvê-la. O excesso de sódio em efluentes sanitários e agroindustriais pode ocasionar dispersão das argilas, dificuldade de infiltração de água e formação de camadas de impedimento no perfil do solo.

Os patógenos humanos, como, por exemplo, ovos de helmintos, cistos de protozoários e vírus presentes em efluentes sanitários, podem contaminar a cultura, os trabalhadores rurais e o lençol freático. Esgoto doméstico bruto contém mais de 3,0 milhões de coliformes termotolerantes em 100 mililitros, microrganismos esses considerados indicadores de contaminação fecal. Os microrganismos patogênicos podem sobreviver no solo por períodos de dias, meses e até anos, pois possuem em seu ciclo de vida formas de resistência que os protegem dos efeitos adversos do ambiente. A maioria deles permanece na superfície dos solos, mas há indícios de que os vírus percolam e atingem as águas subterrâneas, explicando os casos de hepatite em pessoas que consomem água de poço na zona rural. Assim, o tratamento e a desinfecção de efluentes sanitários são de extrema importância para o sucesso do reúso agrícola.

Entre todos estes fatores, sem dúvida, a lixiviação de nitrato, é fator de maior preocupação quando se considera o uso de efluentes em solos sob condições tropicais, onde a mineralização de sua carga orgânica é rápida. O nitrogênio presente em efluentes encontra-se preferencialmente na forma de N-orgânico e N-amoniaco. Em solos cultiváveis, é rapidamente transformado a nitrato, podendo atingir a água subterrânea.

Assim, o uso de resíduos provenientes de esgotos sanitários em solos agrícolas deve ser visto com cautela. O reúso deve ser priorizado na irrigação de plantas cujas partes comestíveis não apresentem contato direto com o solo, como a cana-de-açúcar e o eucalipto, que são cultivadas em grandes extensões de terra, que possam ser mecanizadas.

A CETESB – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo lançou a Instrução Técnica N° 31 (CETESB, 2006), que define procedimentos internos e critérios mínimos para disciplinar o reúso de água proveniente de Estação de Tratamento de Esgoto Sanitário. São vários os parâmetros estipulados para caracterização do esgoto doméstico tratado. Efluentes que apresentam condutividade elétrica entre 0,75 e 2,9 dS/cm somente podem ser utilizados para aplicação em solos bem drenados e para o cultivo de espécies tolerantes à salinidade. Essa Instrução estabelece concentrações máximas permitidas para várias substâncias, dentre elas, boro, cloreto e sódio (0,5; 106,5 e 69 miligramas por litro de efluente, respectivamente), que são tóxicas a plantas sensíveis, como as frutíferas. Quanto aos parâmetros microbiológicos, os valores permitidos de coliformes fecais e ovos de helmintos foram compilados da OMS (2006), que recomenda densidades de 103 a 106 de *Escherichia coli* em 100 mililitros de efluente, e iguais ou inferiores a 1,0 (um) ovo de helminto por litro de efluente, dependendo do tipo de cultura a ser irrigada.

Em suas considerações finais, Bertoncini (2008), enfatiza que:

- As atividades agrícolas demandam grandes volumes de água e geram grandes quantidades de resíduos.
- Em um cenário de escassez e cobrança do uso da água, tornam-se urgentes medidas de tratamento da água, esgotos, dejetos animais e efluentes agroindustriais e seu reúso nas atividades agrícolas.
- Há técnicas alternativas, práticas, econômicas e viáveis de tratamento de água de abastecimento e de tratamento de esgotos e dejetos, condizentes com o meio rural.
- Os produtos gerados nos tratamentos de águas e resíduos devem ser amostrados e analisados periodicamente. Os resultados das análises devem ser confrontados com a legislação vigente, para definição do seu destino: descarte em mananciais, irrigação agrícola, criação de peixes, lavagem de baias.
- O reúso de efluente sanitário proporciona suprimento de água para as plantas e ao mesmo tempo o solo funciona como um sistema de pós-tratamento do resíduo, depurando a carga orgânica.
- Há riscos de sodicidade do solo e de contaminação da água subterrânea com nitrato e patógenos no reúso agrícola de efluente sanitário.
- O uso sustentável de efluentes e outros resíduos orgânicos em solos devem ser incentivados, desde que haja monitoramento constante das áreas tratadas.

Com o incentivo governamental no tratamento dos efluentes domésticos, várias estações estão sendo instaladas no país e além da retirada do material sólido (lodo de esgoto) são devolvidos aos cursos d'água a água tratada, que em função de suas características são interessantes do ponto de vista de irrigação. São vários os benefícios da água de reúso provenientes de tratamento de esgotos na agricultura, podendo-se mencionar a possibilidade de substituição parcial de fertilizantes químicos, com diminuição do impacto ambiental, em função da redução da contaminação de curso d'água; aumento na produção; economia da quantidade de água direcionada para a irrigação, que pode ser utilizada para o abastecimento público (Bernardi, 2003). Segundo Brega Filho & Mancuso (2002), a prática de reúso de água na agricultura, além de garantir a recarga do lençol freático, serve para irrigação de diversas culturas.

A utilização de água proveniente de reúso deve ser direcionada para a irrigação de plantas não comestíveis (silvicultura, pastagens, fibras e sementes), porém para plantas comestíveis essas águas necessitam de um nível maior de qualidade, principalmente em relação às questões sanitárias. Nesse sentido, o sistema de irrigação por gotejamento, minimiza o problema em relação à aspersão (VILLAS BOAS & SOUZA, 2008).

No que se refere aos patógenos vetores de doenças ao ser humano, é preciso destacar que o solo atua como redutor do período de sobrevivência dos mesmos (Bernardi, 2003).

Em uma revisão sobre o assunto, Bastos, (1999) cita várias experiências do reúso controlado, muitas vezes como parte de planos e programas governamentais como Israel, onde os esgotos sanitários tratados respondem por quase 30% de toda a água disponibilizada para a agricultura. O mesmo autor cita que os esgotos sanitários apresentam teores de macro e micronutrientes para o atendimento da demanda da maioria das culturas, no entanto, por apresentar sais dissolvidos devem-se tomar os devidos cuidados com salinização e excesso de sódio e cloretos. Em se tratando de esgoto doméstico, a água de reúso não deve apresentar problemas com metais pesados, diferente do que ocorre com esgoto industrial.

### **Uso de águas residuárias na agricultura**

No Brasil, a aplicação da água de reúso de esgoto na agricultura é ainda incipiente, porém com tendência de aumento, principalmente à medida que se considerar a cobrança da água e a quantidade de nutrientes.

Apesar de não existir no Brasil uma legislação que trata especificamente do tema reúso da água na agricultura, a própria Legislação da Política Nacional de Recursos Hídricos cria condições

jurídicas e econômicas para a alternativa do reúso de água de forma racional e de prevenção do meio ambiente.

Em função da escassez de água que atinge várias regiões do mundo juntamente com problemas de qualidade da água, a utilização de águas residuárias na agricultura torna-se uma alternativa viável, visto que a irrigação agrícola representa aproximadamente 70% do consumo hídrico no mundo (HESPANHOL, 2002).

São vários os benefícios proporcionados pela utilização de águas residuárias proveniente do tratamento de esgotos na agricultura, podendo-se mencionar a economia da quantidade de água potável utilizada para irrigação e pela possibilidade do aproveitamento de nutrientes contidos nestes efluentes que são essenciais para o desenvolvimento das plantas, como N, P, Zn, B e S (BLUM, 2003).

Além da quantidade, a qualidade da água é de extrema importância para a irrigação. Quanto ao aspecto de qualidade da água, este é definido em função dos critérios de salinidade, sodicidade, toxidez, concentração de íons e aspectos sanitários de acordo com Araújo (1999).

AYERS & WESTCOT (1991) classificaram as águas para irrigação em três grupos: sem restrição ao uso, com restrição leve a moderada e com restrição severa. Dentre os parâmetros utilizados nesta classificação, destacam-se a salinidade, a sodicidade, a toxidez, efeitos diversos e o pH. O risco de salinidade é uma preocupação específica do reúso da água na irrigação, pois a água residuária pode apresentar em sua composição um elevado teor de sais. Se quantidades excessivas de sais solúveis forem acumuladas na zona das raízes, a pressão osmótica do solo em solução torna-se excessivamente alta e a água torna-se menos disponível para as plantas (CROOK, 1993).

É importante ainda que seja realizado o monitoramento dos teores de sódio no solo, uma vez que, grandes proporções de sódio nos sítios de troca reduzem a atração eletrostática entre as partículas, ocasionando expansão e dispersão das argilas, levando à desagregação das partículas, destruindo assim, a estrutura do solo. Essas partículas dispersas podem mover-se ao longo do perfil do solo, ocupando os espaços porosos e comprometendo a infiltração de água e aeração do solo (RAIJ, 1991; RENGASAMY & OLSSON, 1991).

FUENTES et al. (2002) observaram, em solos irrigados com águas residuárias oriundas de sistemas de drenagem agrícola, durante um período de cinco anos, um aumento na concentração de sódio em relação ao cálcio e magnésio. Os autores concluíram que, a aplicação de tais águas residuárias, sem um tratamento prévio, poderá ocasionar a sodificação do solo.

Outros autores têm observado também a elevação nos teores de sódio trocável em solos irrigados com efluentes tratados (AL-NAKSHABANDI et al., 1997; DUARTE, 2006; LEAL et al.,

2009). Águas residuárias contendo elevadas concentrações de metais pesados acarretam sérios problemas de contaminação do solo, quando estas são utilizadas na fertirrigação de culturas.

AL-NAKSHABANDI et al. (1997) observaram aumento na concentração de metais pesados, tais como, zinco, chumbo, cobre e cádmio, no solo que recebeu aplicação de esgoto sanitário tratado.

OLIVEIRA & MATTIAZZO (2001) estudaram a movimentação de cádmio, cromo, cobre, níquel, chumbo e zinco num solo argiloso tratado com aplicações sucessivas de efluente de lodo de esgoto, por um período de dois anos. Os resultados para cádmio, níquel e chumbo não foram conclusivos, uma vez que seus teores no solo e na solução do solo estiveram abaixo da sensibilidade do método analítico utilizado.

Outros estudos demonstraram que, as concentrações de metais pesados disponíveis no solo não têm sido alteradas, mediante a aplicação de esgoto sanitário tratado. SMITH et al. (1996) verificaram que em solos florestais irrigados com água residuária por mais de quatro anos, as concentrações de cromo, níquel, chumbo e zinco permaneceram constantes. Com relação ao pH, FALKINER & SMITH (1997) observaram aumento no valor de pH de solos fertirrigados com água residuária e diminuição do teor de alumínio trocável, devido ao aumento dos cátions trocáveis no solo (cálcio, magnésio, potássio e sódio) adicionados pelo esgoto sanitário tratado.

### **Águas de reúso para irrigação de fruteiras**

Uma alternativa promissora para uso racional do solo e da água é a fruticultura irrigada, devido sua importância como geradora de renda familiar e a potencialidade em incrementar o emprego da mão de obra rural.

Por outro lado, o cultivo de fruteiras de forma racional e integrada, contribui para o equilíbrio alimentar da população, através da oferta de alimentos de elevado valor nutricional o que complementa o aspecto da segurança alimentar, com a sua diversidade e disponibilidade. A diversificação das frutas proporciona o atendimento mais eficiente das demandas do mercado com relação ao volume de produção, a constância da oferta e sua qualidade, evitando, também, os problemas de comercialização que são derivados da sazonalidade da produção.

A contribuição que a fruticultura oferece no sentido de preservação do meio ambiente estende-se à característica de ampliação da biodiversidade, visto a utilização de diferentes espécies frutícolas e sua interação com a flora e fauna já existentes, desde que sejam observados os cuidados fundamentais na aplicação da tecnologia recomendada. Observa-se que a sociedade vem exercendo grande pressão quanto à preservação do meio ambiente, buscando qualidade de vida e alimentação



mais saudável, com tendência do consumidor em pagar preços melhores por produtos advindos de uma agricultura fundamentada em princípios ecológicos.

A fruticultura classifica-se como uma das opções de interesse no setor primário e, hoje, está sendo intensificada na Região das Baixadas Litorâneas do Estado do Rio de Janeiro, com destaque para a citricultura que possui características ideais para sua implantação e cultivo na Região.

Alguns trabalhos demonstram os benefícios relacionados à irrigação com águas residuárias no cultivo de citros (REBOLL et al., 2000; PARSONS et al., 2001; MORGAN et al., 2008).

O maior número de trabalhos publicados sobre a utilização de águas residuárias em citros provêm do projeto “WaterConserv II”, conduzido pela Universidade da Flórida, EUA. De acordo com Parsons et al. (2001), este é o maior projeto do mundo de irrigação com águas residuárias em citros, possuindo aproximadamente 1.900 hectares. Nas condições estudadas por estes autores, o uso da água residuária foi capaz de suprir totalmente a necessidade de Ca, P e B exigidos pela cultura.

De acordo com Meli et al. (2002) o fornecimento de águas residuárias para a irrigação de laranjeiras aumenta a quantidade de nutrientes disponíveis no solo, uma vez que a utilização desta água melhora a eficiência metabólica da microflora do solo associada com a maior atividade de enzimas hidrolases e fosfatases.

O avanço da irrigação na citricultura brasileira ocorreu a partir da década de 70, com o sistema de irrigação pelo carretel enrolador e na década de 90 com a irrigação localizada, principalmente o sistema de gotejamento (PIRES et al., 2005). O uso da irrigação em pomares de citros proporciona inúmeros benefícios. De acordo com Pires et al. (2005) a irrigação possibilita o aumento de produtividade pelo adequado fornecimento de água, proporciona melhor desenvolvimento das plantas, maior pegamento de flores e frutos, redução da queda de “chumbinhos”, melhor qualidade dos frutos e maior quantidade de óleo na casca.

As plantas cítricas apresentam pouca resistência ao período prolongado de seca devido seu sistema radicular que, apesar de atingir profundidades acima de 1m, é frequentemente mais superficial, concentrando-se efetivamente entre 50 e 60 cm de profundidade (VIEIRA e GOMES, 1999). Diante disso, a irrigação torna-se fundamental, especialmente entre o florescimento e a queda fisiológica, quando a necessidade hídrica é máxima, podendo atingir uma transpiração de mais de 150 litros/planta/dia (MARIN, 2000).

Alves Júnior et al. (2004) observaram diferença estatística significativa na produção de frutos em pomar irrigado por gotejamento de lima ácida ‘Tahiti’ enxertado em citrumelo Swingle, aos 31 meses após o plantio, comparando tratamento irrigado com a reposição do consumo de água pela

cultura medido em lisímetro com o não irrigado. Para as condições em que o experimento foi desenvolvido, a produção do tratamento não irrigado correspondeu apenas a 34% do irrigado.

### **Águas de reúso para irrigação de lima ácida ‘Tahiti’**

A lima ácida ‘Tahiti’, (*Citrus latifolia* Tanaka), conhecida entre os consumidores brasileiros como limão ‘Tahiti’, é uma espécie americana de citros, pois sua origem é a Califórnia, Estados Unidos, onde surgiram a partir de sementes de limão introduzidas do ‘Tahiti’, por volta de 1870. Sua cultura se difundiu pelos países das três Américas, único continente onde o ‘Tahiti’ é produzido comercialmente (FIGUEIREDO, 2000).

Segundo o autor, o ‘Tahiti’ é apreciado pelos produtores por formar plantas vigorosas, com copa arredondada e em especial pela ausência de espinhos. O consumidor, por sua vez, tem no ‘Tahiti’ uma fruta rica em acidez, perfumada, de casca fina e sem sementes. A exploração comercial da lima ácida ‘Tahiti’, segundo se tem notícias, iniciou-se no Estado de São Paulo a partir de 1940. A expansão das plantações se viabilizou com o trabalho de melhoramento que resultou na seleção de um clone nucelar vigoroso, produtivo e sadio, denominado ‘Tahiti’ IAC-5 ou Peruano.

Ainda de acordo com Figueiredo (2000), as estatísticas disponíveis indicam a existência de 5 a 6 milhões de árvores de ‘Tahiti’ no Brasil, 80% das quais em São Paulo, sendo a maioria (4 a 5 milhões) de clones IAC-5. Uma característica importante das plantas de ‘Tahiti’ é o seu florescimento quase continuado, o que permite a colheita praticamente o ano todo. Em especial, com o emprego do estresse hídrico é possível obter um volume grande de safra (até 50%) nos meses de julho a novembro, período de preços elevados.

O presente trabalho teve como objetivo desenvolver pesquisa com citricultura estudando a irrigação de pomar de lima ácida ‘Tahiti’ (*Citrus latifolia* Tanaka) com utilização de águas de reúso provenientes de tratamento de esgotos e aplicação de práticas alternativas com base na agricultura ecológica, visando a validar a substituição de insumos químicos, com diminuição do impacto ambiental, buscando alcançar um significativo aumento na produção, tanto qualitativo quanto quantitativo, além da economia da quantidade de água direcionada para a irrigação, que pode ser utilizada para fins mais nobres, como o abastecimento público.

A pesquisa deverá contribuir de maneira efetiva para o desenvolvimento socioeconômico e ambiental, proporcionando melhores condições ao cultivo de citros, inovando na diversificação agrícola, criando novos empregos, aumentando a renda dos produtores e contribuindo para a preservação ambiental.

Dessa forma, os resultados obtidos no presente trabalho poderão contribuir de maneira efetiva para o desenvolvimento socioeconômico e ambiental, difundindo alternativas agroecológicas e de menor custo, disponibilizando condições de maior sustentabilidade aos citricultores para obtenção de retorno econômico, possibilitando a produção mais saudável e equilibrada ambientalmente.

## 2 METODOLOGIA

Foi instalada uma Unidade de Observação utilizando irrigação com águas de reúso provenientes de tratamento de esgoto em pomar de lima ácida 'Tahiti', em propriedade particular "Sítio Recanto Feliz II", pertencente à Empresa ACTIONSHOP Serviços Ambientais, localizada em Papucaia, Município de Cachoeiras de Macacu, Região das Baixadas Litorâneas do Estado do Rio de Janeiro, com altitude de 19 metros e coordenadas -22.608503, -42.769487.

Papucaia possui clima tropical, com inverno seco, classificado como Aw de acordo com Köppen (1948). Apresenta estação chuvosa no verão, de novembro a abril, e nítida estação seca no inverno, de maio a outubro (julho é o mês mais seco). A temperatura média é de 23,2°C e a pluviosidade média anual é de 1.274mm. O solo, classificado como eossolo flúvico, apresenta textura média areno-argilosa e, anteriormente à instalação do pomar, em 02/07/2015, foram coletadas amostras na profundidade de 0-20cm de toda a área para a realização de análises.

Dois meses antes do plantio, foi realizada correção do solo com aplicação e incorporação de duas toneladas de calcário dolomítico por hectare. As análises de solo foram repetidas em novembro de 2017 e em fevereiro de 2019 visando ao acompanhamento de possíveis alterações dos parâmetros químicos.

O plantio foi realizado em outubro de 2015 e foram utilizadas 270 mudas de lima ácida 'Tahiti', enxertadas em Citrumelo 'Swingle' (*Citrus paradisi* X *Poncirus trifoliata*), tendo em vista sua resistência à gomose (*Phytophthora* spp) e ao nematóide dos citros (*Tylenchulus semipenetrans*). O espaçamento indicado para plantio foi de 6m entre linhas e 5m entre plantas. Para condução do pomar, a área recebeu manutenção com os tratos culturais indicados para a cultura, de acordo com Barros et al. (1991) e Graça et al. (1997).

A água utilizada para irrigação foi água de reúso proveniente de tratamento de esgoto por metodologia empregada pela empresa ACTIONSHOP, sendo sua qualidade monitorada continuamente por laboratório especializado, em função dos critérios de salinidade, sodicidade, toxidez, concentração de íons e aspectos sanitários. Foi elaborado o planejamento para o manejo técnico da irrigação por gotejamento, tendo sido feitos levantamentos específicos de vazão e sendo

consideradas as características do solo, a necessidade de água pelas plantas e as condições climáticas prevalentes.

Foram procedidas análises foliares das plantas em avaliação, em datas de novembro de 2017 e fevereiro de 2019, a fim de monitorar os teores de macro e micronutrientes do tecido foliar – N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn e Zn, conforme indicado por Fernandes et al.(2008).

Foram computados os dados de produção mês a mês durante o primeiro ano de produção do pomar, tendo sido realizadas análises microbiológicas e de qualidade em amostras de frutos.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Durante o primeiro ano de produção comercial do pomar, foram produzidos 1.553kg de frutos, com produção distribuída mês a mês conforme pode ser observado na tabela 1, a seguir.

TABELA 1 – Produção de frutos de lima ácida ‘Tahiti’ (kg). Papucaia, 2018.

JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	TOTAL
20	110	321	123	37	109	22	46	48	105	278	334	1.553

As análises microbiológicas para Coliformes totais, Coliformes fecais, *Salmonellasp*, *Staphylococcuscoagulase* positivo e não coagulase, realizadas em janeiro de 2018 e Mesófilos, realizada em fevereiro de 2019, apresentaram resultados negativos para todos os microrganismos.

As análises qualitativas de frutos apresentaram os seguintes resultados (tabela 2).

TABELA 2 – Resultados médios de análises físico-químicas de frutos. Macaé, 2019.

DIÂMETRO LONGITUDINAL (DL) mm	DIÂMETRO TRANSVERSAL (DT) cm	DL/DT	PESO DE FRUTO (g)	SÓLIDOS SOLÚVEIS TOTAIS °Brix	ACIDEZ TOTAL TITULÁVEL (ATT) %	SST/ATT
59,0	57,0	1,03	105,0	7,0	5,34	1,31

Os resultados observados para os parâmetros qualitativos dos frutos aproximam-se dos encontrados por Goeset al. (2012), diferindo apenas na razão DL/DT, tendo-se verificado que os frutos produzidos são arredondados, sendo que, segundo os autores, as indústrias têm preferência por frutos arredondados por facilitarem as operações de processamento.

Quanto ao peso médio de frutos e aos outros parâmetros químicos (SST, ATT e ratio SST/ATT), os valores se equiparam aos encontrados por Goeset al. (2012) e Martins et al. (2018), sendo que esses resultados se encontram dentro dos padrões para o mercado de frutos *in natura*.

As análises de solo mostraram algumas alterações nos resultados, considerando os mesmos antes da implantação do pomar, quando não havia sido feito nenhum tratamento, e os obtidos após o terceiro ano de trabalho. Os resultados de análises de solo podem ser verificados na tabela 3.

TABELA 3 – Resultados de análises de solo. Papucaia, 2015/19.

DATA	pH	S-SO <sup>4</sup> mg/dm <sup>3</sup>	P mg/dm <sup>3</sup>	K mmolc/dm <sup>3</sup>	Ca	Mg	Al	H+AlNa		
03/07/2015	4,9	5,0	47	5,20	15,10	8,80	5,30	54,10	1,80	
08/11/2017	5,0	9,3	66	3,30	20,40	14,80	5,20	49,10	1,20	
21/02/2019	5,4	1,0	67	6,10	28,60	9,80	3,50	55,50	1,90	

TABELA 3 (continuação) – Resultados de análises de solo. Papucaia, 2015/19.

C g/dm <sup>3</sup>	MO g/dm <sup>3</sup>	CTC mmolc/dm <sup>3</sup>	SB mmolc/dm <sup>3</sup>	V %	m %	ISNa %	Fe	Cu	Zn mg/dm <sup>3</sup>	Mn	B
15,40	26,55	84,20	30,10	36	15	2	77,20	1,80	1,87	8,05	0,29
7,90	13,61	88,80	39,70	45	11	1	126,17	2,78	2,16	12,22	0,23
14,70	25,35	102,10	46,50	45	8	2	157,62	2,59	1,74	24,97	0,14

As análises foliares, por sua vez, também não demonstraram variações consistentes nos teores de nutrientes encontrados, observando-se, todavia, que, dos micronutrientes, apenas o zinco (Zn) apresentou elevação do teor nas folhas. Os resultados de análises foliares podem ser verificados na tabela 4.

TABELA 4 – Resultados de análises foliares. Papucaia, 2017/19.

DATA	N g/kg	S	P	K	Ca	Mg	Fe mg/dm <sup>3</sup>	Cu	Zn	Mn	B
08/11/2017	22,0	1,9	1,8	19,4	25,4	2,5	580	7	18	47	126
21/02/2019	21,8	2,0	2,4	23,6	34,0	2,5	140	6	25	34	85

## 4 CONCLUSÕES

Os resultados obtidos no primeiro ano de produção do pomar permitem concluir que os frutos apresentaram características dentro dos padrões exigidos para o mercado de consumo *in natura*, não tendo sido verificada contaminação por microrganismos patológicos com a utilização de águas de reúso para irrigação por gotejamento.

Quanto aos teores de nutrientes no solo ou em folhas, não se verificaram alterações substanciais, possivelmente devido ao pouco tempo de implantação e manejo da irrigação e tratos culturais em geral. A pesquisa necessita de continuidade, visto que a lima ácida ‘Tahiti’ se trata de cultura perene. A utilização de águas de reúso na irrigação, ao longo do tempo, poderá promover modificações significativas nos teores de nutrientes no solo e nas plantas.

**AGRADECIMENTOS**

Sra. Lilian Santos Carvalho – CEPGM

Dr. Marcos Aronovich – CEPQA

Dra. Eliane Rodrigues – CEPQA

**REFERÊNCIAS**

AL-NAKSHABANDI, G. A.; SAQQAR, M. M.; SHATANAWI, M. R.; FAYYAD, M.; AL-HORANI, H. Some environmental problems associated with the use of treated wastewater for irrigation in Jordan. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v.34, p.81-94, 1997.

ALVES JUNIOR, J. et al. Produção e qualidade de fruto de plantas jovens de Lima ácida “Tahiti” sob diferentes manejos de irrigação. In: CONGRESSO BRASILEIRO ENGENHARIA AGRÍCOLA, 33, 2004. São Pedro. **Anais...** São Pedro: Associação Brasileira de Engenharia Agrícola, 2004. CD-ROM.

ARAÚJO, A. L. Desempenho de colunas experimentais de solo irrigadas com água superficial poluída e cultivadas com alface (*Lactuca sativa*, L.).1999. 130 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Recursos Hídricos e Sanitária)- Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 1999.

AYERS, R.S.; WESTCOT, D.W. A. Qualidade da água na agricultura. Tradução: H. R. Gheyi e J. F. Medeiros. **WaterQuality for Agriculture**. Roma: FAO, 1991, 218 p.

BARROS, J. C. S. M.; GRAÇA, J.; GOES, A. et al. **Recomendações para a cultura de citros. 2. Implantação e manutenção do pomar**. Niterói: PESAGRO-RIO, 1991. 16p. (PESAGRO-RIO. Documentos, 24).

BASTOS, R. K. X. Fertirrigação com água residuárias. **In: FOLEGATTI, M.V.(coord).** Fertirrigação: citrus, flores, hortaliças. Guaíba: **Agropecuária**, 1999. p. 279-291.

BERNARDI, C.C. **Reuso de água para irrigação**. Monografia. ISEA-FGV Ecobusiness School. 2003. 52 p.

BERTONCINI, E. I. Tratamento de efluentes e reuso da água no meio agrícola. **Revista Tecnologia e Inovação Agropecuária**, São Paulo, p. 152-168, jun. 2008.

BERTONCINI, E.I.; MATTIAZZO, M.E. Lixiviação de metais pesados em solos tratados com lodo de esgoto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.23, p.737-744, 1999.

BLUM, J. R. C. Critérios e padrões de qualidade da água. In: MANCUSO, P. C. S & SANTOS, F. S. **Reuso de água**. Barueri: Editora Manole, 2003. p. 125-174.

BREGA FILHO, D. ; MANCUSO, P.C.S. Conceito de reuso de água. In: Mancuso, P.C. S.; Santos, H. F. **Reuso de água**. Universidade de São Paulo – Faculdade de Saúde Pública, Associação de Engenharia Sanitária e Ambiental – ABES, São Paulo, 2002.

CETESB – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. **Instrução Técnica Nº 31: Aplicação de água de reuso proveniente de estação de tratamento de esgoto doméstico na agricultura**. São Paulo, 2006.

CROOK, J. **Critérios de qualidade da água para reuso**. Revista DAE. Departamento de Águas e Esgotos SABESP, São Paulo, v. 53, nº 174, nov. dez. p. 10 a 18. 1993. Disponível em: <[http://revistadae.com.br/artigos/artigo\\_edicao\\_174\\_n\\_14.pdf](http://revistadae.com.br/artigos/artigo_edicao_174_n_14.pdf)> Acesso em: 05 de junho de 2015.

DUARTE, A. S. **Reuso de água residuária tratada na irrigação da cultura do pimentão (Capsicum annuum L.)**. 2006. 187f. Tese de Doutorado (Doutorado em Agronomia - Área de concentração em Irrigação e Drenagem) Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2006.

FALKNER, R.A.; SMITH, C.J. Changes in soil chemistry in effluent- irrigated Pinus radiata and Eucalyptus grandis. **Australian Journal of Soil Research**, v. 35, p. 131- 147, 1997.

FERNANDES, M. do C. de A.; LEITE, E.C.D.; MOREIRA, V.E. **Defensivos alternativos**. Niterói: Programa Rio Rural, 2008. (Programa Rio Rural. Manual técnico, 1, 17p.).

FIGUEIREDO, J.O. **Limão: o azedinho que faz bem**. In: Classificação do Limão (Lima Ácida) ‘Tahiti’. São Paulo: Centro de Qualidade em Horticultura – CEAGESP, 2000. 2p. (CEAGESP. Folder).

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

GOES, T. S.; CARMO, J. S.; BRAGA, T. R. et al. Caracterização física e físico-química de frutos do limão ‘Tahiti’ (Citrus latifolia T.) cultivados em Guaraciaba do Norte – CE. **Cultivando o Saber**, Cascavel: v. 5, n. 3, p. 14-21, 2012.

GRAÇA, J.; BARROS, J. C. S. M.; CELESTINO, R. C. A. et al. **A cultura da lima ácida ‘Tahiti’ (limão ‘Tahiti’): perspectivas, tecnologias e viabilidade**. Niterói: PESAGRO-RIO, 1997. 40p. (PESAGRO-RIO. Documentos, 38).

HESPANHOL, I. Potencial de reuso de água no Brasil - Agricultura, Indústria, Municípios, Recarga de aquíferos. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre RS, v. 7, n. 4, p. 75-95, 2002.

HESPANHOL, I. Potencial de reuso de água no Brasil: agricultura, indústria, municípios, recarga de aquíferos. **Revista Bahia Análise e Dados**, Salvador, v. 13, n. ESPECIAL, p. 411-437, 2003.

KÖPPEN, W. **Climatologia**. Buenos Aires: Panamericana, 1948. 478 p.

LEAL, R. M. P. et al. Soil exchangeable cations, sugarcane production and nutrient uptake after wastewater irrigation. **ScientiaAgricola**, v.66, n.2, p. 242-249, 2009.

MANCUSO, P.C.S.; SANTOS, H.F. Reuso de água. In: **Potencial de reuso de água no Brasil: agricultura, indústria, município e recarga de aquíferos**. Barueri: Editora Manole, 2003. 37-97p.

MARIN, F. R. **Evapotranspiração, transpiração, e balanço de energia em pomar de lima ‘Tahiti’**. 2000. 74p. Dissertação (Mestrado em Agronomia, área de concentração em Física do Ambiente Agrícola) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, USP, Piracicaba, 2000.

MELI, S. et al. Influence of irrigation with lagooned urban wastewater on chemical and microbiological soil parameters in a citrus orchard under Mediterranean condition. **The Science of the Total Environment**, v. 285, p.69-77, 2002.

MORGAN, K.T.; WHEATON, T.A.; PARSONS, L.R.; CASTLE, W.S. Effects of reclaimed municipal waste water on horticultural characteristics, fruit quality, and soil and leaf mineral concentration of citrus. **HortScience**, Alexandria. v.43, p. 459-464, 2008.

OLIVEIRA, F. C.; MATTIAZZO, M. E. Mobilidade de metais pesados em um Latossolo Amarelo distrófico tratado com lodo de esgoto e cultivado com cana-de-açúcar. **Scientia Agrícola**. v.58, n.4, 2001, p.807-812.

OMS. Organização Mundial da Saúde. **Guidelines for the safe use of wastewater, excreta and greywater**. vol. 1: Policy and regulatory aspects. 2006. Disponível em: [http://whqlibdoc.who.int/publications/2006/9241546824\\_eng.pdf](http://whqlibdoc.who.int/publications/2006/9241546824_eng.pdf). Acesso em; 05 de junho de 2015.

PARSONS, L.R.; WHEATON, T.A.; CASTLE, W.S. High Application Rates of Reclaimed Water Benefit Citrus Tree Growth and Fruit Production. **HortScience**, Alexandria, v. 36, n. 7, p. 1273-1277, 2001.

PIRES, R. C. M. et al. Irrigação. In: MATTOS JÚNIOR, D. et al. **Citros**. Campinas: Instituto Agrônomo/Fundag, 2005. p. 370-408.

RAIJ, B. van. **Fertilidade do solo e adubação**. Piracicaba: Ceres; Potafos, 1991. 343p.

REBOLL, V. et al. Influence of wastewater vs groundwater on young citrus trees. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, Chichester, v. 80, p. 1441–1446, 2000.

RENGASAMY, P.; OLSSON, K.A. Sodicity and soil structure. **Australian Journal of Agricultural Research**, v.29, p.935-952, 1991.

ROCHA, F. A.; SILVA, J. O.; BARROS, F. M. **Reuso de águas residuárias na agricultura: a experiência israelense e brasileira** Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.6, n.11; p.1, 2010.

SMITH, C.J.; HOPMANS, P.; COOK, F.J. Accumulation of Cr, Pb, Cu, Ni, Zn and Cd in soil following irrigation with treated urban effluent in Australia. **Environmental Pollution**. v.94, p.317-323, 1996.

VIEIRA, D. B., GOMES, E. M. Determinação da profundidade efetiva do sistema radicular do limão 'Cravo' com copa de lima ácida 'Tahiti'. **Laranja**, v.20, p.419-431, 1999.

VILLAS BOAS, R. L.; SOUZA, T. R. Fertirrigação: uso e manejo. In: I Simpósio em Sistemas Agrosilvipastoris no Semi-árido – I SIMPAS. 2008. Campo Grande, 2008. **Anais...** Campo Grande, MS. PPGZ/CSTR/UFCG, 2008.