

# INCREMENTO DE PRODUTIVIDADE AGRÍCOLA DA CULTURA DE EUCALIPTO IRRIGADO COM EFLUENTE SANITÁRIO PROVENIENTE DE LAGOA FACULTATIVA

## **Alex Henrique Veronez** <sup>(1)</sup>

Engenheiro Civil formado pela Universidade de Franca no ano 2000. Gerente SABESP do Setor de Distribuição e Coleta do Departamento Distrital de Franca. Mestre em engenharia civil na área de saneamento e ambiente pela Universidade Estadual de Campinas – Ano de 2009. Doutor em engenharia civil na área de saneamento e ambiente pela Universidade Estadual de Campinas – Ano de 2009.

## **Bruno Coraucci Filho** <sup>(2)</sup>

Engenheiro Civil formado. Professor e Doutor da Universidade Estadual de Campinas.

**Endereço** <sup>(1)</sup>: Rua Major Duarte, 218 – apto. 72, Cidade Nova – Franca/SP, CEP: 14401-259 – Brasil. Fone: (16) 3712-2086 – FAX: (16) 3712-2062 – e-mail: [averonez@sabesp.com.br](mailto:averonez@sabesp.com.br)

## **RESUMO**

Grande parte da água consumida no planeta é consumida pela irrigação de culturas agrícolas. Diante da escassez hídrica e dos diversos conflitos existentes pelo uso da água, a utilização de efluentes sanitários na irrigação de culturas agrícolas tornou-se uma alternativa a ser analisada, pois por meio desse processo, pode-se liberar as águas de cursos naturais para fins mais nobres, além de permitir o aproveitamento dos nutrientes presentes no esgoto no desenvolvimento da planta. O trabalho experimental foi desenvolvido na UGRHI 08 (Unidade Hidrográfica de Gerenciamento de Recursos Hídricos Sapucaí/Grande), no município de Franca-SP, e teve a finalidade de avaliar o aumento de produtividade agrícola da cultura de eucalipto, espécie *urograndis*, ao receber irrigação com efluente sanitário proveniente de lagoa facultativa. Foram instaladas parcelas, constituindo 8 tratamentos, com 4 repetições cada. Dos 8 tratamentos, 2 foram irrigados com água, 5 com efluente e 1 não recebeu nenhum tipo de irrigação artificial. Quanto à adubação, 5 tratamentos receberam NPK, B e Zn; sendo 4 deles irrigados com água residuária e 1 com água natural. Os tratamentos irrigados com efluente apresentaram produtividade superior aos demais, chegando a ser até 48% maior que a de sequeiro.

**PALAVRAS CHAVE:** Culturas Agrícolas, Eucalipto, Irrigação, Efluente Sanitário, Lagoa Facultativa, Produtividade.

## INTRODUÇÃO

A agricultura demanda cerca de 70% de toda água consumida no planeta, sendo a irrigação responsável pela maior parcela desse valor. Com o crescimento populacional e a redução crescente de áreas cultiváveis, faz-se necessário desenvolver tecnologias no intuito de aperfeiçoar o processo produtivo, ou seja, produzir mais em menos área. Nesse sentido a irrigação tem um papel fundamental, pois proporciona um aumento considerável na produtividade da cultura. Diante desse panorama a utilização de efluentes sanitários na irrigação de culturas agrícolas tornou-se uma alternativa a ser analisada, pois por meio desse processo, pode se liberar as águas de cursos naturais para fins mais nobres, além de permitir o aproveitamento dos nutrientes presentes no esgoto no desenvolvimento da planta.

É necessário, porém, escolher plantas adequadas para a irrigação com efluente, assim como dimensionar o projeto de irrigação, de modo a manter condições sanitárias suficientes para reduzir o risco de contaminação do ambiente. A cultura de eucalipto apresenta boas condições para irrigação com esgotos sanitários, pois a produtividade do eucalipto aumenta em locais com maiores índices pluviométricos e menores déficits hídricos. Ela está em expansão no Brasil, principalmente na região Sudeste e tem como vantagem a utilização de pouca mão-de-obra, aspecto importante tanto para a diminuição dos riscos à saúde do trabalhador, quanto econômico. A madeira de eucalipto presta-se, por exemplo, para: lenha, carvão vegetal, celulose e papel, fabricação de casas, móveis e estruturas.

Desde quando começou a ser plantado intensivamente, discute-se o impacto do eucalipto sobre as reservas hídricas do solo. Devido ao seu crescimento vertiginoso, o consumo de água da planta é acentuado, porém várias pesquisas comprovam que a demanda hídrica do eucalipto é menor que outras espécies vegetais, inclusive as matas nativas (CALDER et al., 1992).

O eucalipto utiliza a água de forma mais eficiente que outras culturas, produzindo mais biomassa por quantidade de água consumida (Novais et al., 1996).

Existem experiências de reúso na África do Sul, Alemanha, Argentina, Arábia Saudita, Austrália, Chile, China, Estados Unidos, França, Índia, Inglaterra, Israel, Kuwait, México, Peru, Polônia, Sudão e Tunísia (SILVA, 2003). Entretanto, alguns cuidados são necessários para evitar a contaminação da água subterrânea, do solo (incluindo impermeabilização) e a contaminação dos trabalhadores por agentes biológicos, conforme previsto pela OMS, uma vez que no Brasil não há legislação para regulação desta atividade.

As lagoas de estabilização são amplamente utilizadas no tratamento de esgotos sanitários no Brasil, devido principalmente a sua simplicidade de construção e operação. O sistema baseia-se na entrada de esgoto em uma extremidade da lagoa e saída na extremidade oposta. Durante esse percurso, que tem duração de vários dias (tempo de detenção), uma série de fenômenos contribui para a purificação dos esgotos.

Apesar das lagoas facultativas apresentarem uma eficiência satisfatória, em alguns casos, esse tipo de tratamento pode não atender a padrões de lançamento mais restritivos, sendo necessária a implantação de sistemas de pós-tratamento. Nesse contexto, o reúso, por meio da irrigação de culturas agrícolas, pode ser uma alternativa viável, pois o sistema solo-planta absorve dos esgotos os nutrientes nele presentes, realizando a depuração dos poluentes e fornecendo condições para o desenvolvimento da planta (VERONEZ, 2009).

## MATERIAIS E MÉTODOS

A pesquisa foi desenvolvida no município de Franca-SP, em uma área de aproximadamente 18.000m<sup>2</sup> cedida pela Escola Técnica Estadual Professor Carmelino Correa Junior (Colégio Agrícola).

O solo foi classificado como Neossolo Quartzarênico, conforme a EMBRAPA (2006). A topografia do local é plana a suavemente ondulada. O Clima no local do experimento com base na classificação climática proposta por Köppen é do tipo Cwb (temperado úmido com estação seca). A precipitação média anual excede 1.500 mm.

A pesquisa foi instalada no ano de 2007. Foram demarcadas 32 parcelas, sendo 8 tratamentos com 4 repetições cada. Cada parcela, com 18 plantas, contou com uma área de 108 m<sup>2</sup>, tendo uma bordadura de 72 m<sup>2</sup> (6 m x 12 m) entre as parcelas do mesmo tratamento e 108 m<sup>2</sup> (9 m x 12 m) entre as parcelas de tratamento diferentes. Para o monitoramento da qualidade da água subterrânea foram perfurados 8 poços a jusante dos tratamentos.

Os tratamentos implantados no estudo foram adubados quimicamente e irrigados conforme demonstrado na tabela 1. A adubação química foi realizada antes do plantio, 6 meses e 1 ano após o plantio e seguiu a utilizada pela VCP (Votorantim Celulose e Papel), sendo 200 kg ha<sup>-1</sup> de 6:30:6 (NPK). Também foram aplicados os micronutrientes Boro e Zinco na quantidade de 3,30 kg ha<sup>-1</sup> cada.

A determinação da necessidade hídrica da planta foi estabelecida em função dos ensaios físicos e da determinação da curva de retenção de água, sendo considerada uma aplicação de 7 mm, como suficiente para as necessidades hídricas das plantas.

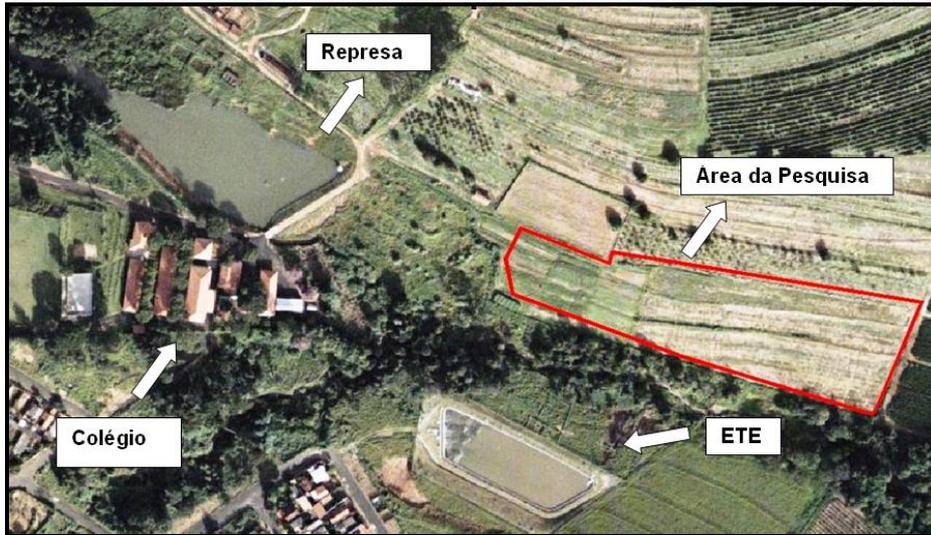
Foi implantado um sistema de irrigação por aspersão, utilizando-se aspersor tipo sub-copa de baixa pressão e diâmetro interno acentuado, tipo pingo setorial. Os tratamentos irrigados receberam água ou efluente de 2 a 4 dias na semana.

**Tabela 1 - Formas de irrigação e adubação dos tratamentos implantados**

Tratamento	Quantidade de água/efluente	Adubação
T1	Água – necessidade hídrica do eucalipto	Sem adubação
T2	Água – necessidade hídrica do eucalipto	NPK + B + Zn
T3	Efluente – 1/3 da necessidade hídrica do eucalipto	NPK + B + Zn
T4	Efluente – 1/2 da necessidade hídrica do eucalipto	NPK + B + Zn
T5	Efluente – necessidade hídrica do eucalipto	NPK + B + Zn
T6	Efluente – necessidade hídrica do eucalipto	Sem adubação
T7	Efluente – 1,5 necessidade hídrica do eucalipto	NPK + B + Zn
T8	Sem irrigação	Sem adubação

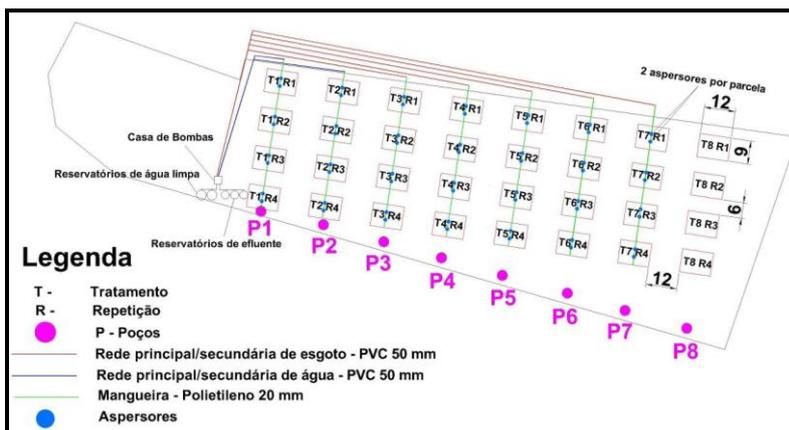
Para o monitoramento da qualidade dos líquidos percolados, foram instalados, na linha central de plantio de cada parcela, 3 coletores de drenagem livre (coletores ou drenos), com distância entre eles de aproximadamente 1,00 m e implantados a 0,30 m, 0,60 m e 0,90 m de profundidade. A quantidade de água aplicada na irrigação e consequentemente a umidade do solo, foi monitorada por tensiômetros a 0,30; 0,60 e 0,90 m de profundidade, em uma parcela de cada tratamento.

No experimento, foi utilizado para irrigação o efluente sanitário da Estação de Tratamento de Esgotos do bairro City Petrópolis (lagoa facultativa), operada pela concessionária Sabesp, e também a água da represa situada no Colégio Agrícola, conforme apresentado na Figura 1.



**Figura 1 - Imagem aérea com a localização da área experimental**  
(Fonte: VERONEZ, 2009)

A Figura 2 ilustra o sistema de irrigação implantado na área experimental.



**Figura 2 - Croqui do sistema de irrigação implantado na área experimental**  
Fonte: VERONEZ (2009)

Nos meses de agosto e setembro do ano de 2012 foi realizada a colheita do eucalipto. A empresa que adquiriu a madeira foi responsável pelo corte. Esse corte foi realizado por meio de motosserra. Primeiramente foram cortadas as bordaduras, deixando as plantas referentes aos tratamentos ainda de pé, e posteriormente foram cortadas as plantas dos tratamentos. Para aferição da quantidade de madeira produzida por cada tratamento, foram cortadas peças de um metro de comprimento e empilhadas (conforme pode ser observado na Figura 3). Em cada pilha foram executadas seis medições alturas e obtido o valor médio. A partir do produto da altura média pelo comprimento e largura foi obtido o volume em metro estéreo. Esse procedimento foi feito para cada tratamento individualmente, ou seja, os eucaliptos de cada tratamento eram cortados, empilhados e medidos.



**Figura 3 - Eucalipto empilhado para aferição do volume**  
(Fonte: VERONEZ, 2015)

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

No cálculo da produtividade considerou-se apenas a área dos tratamentos, excluindo-se a superfície das bordaduras e demais áreas.

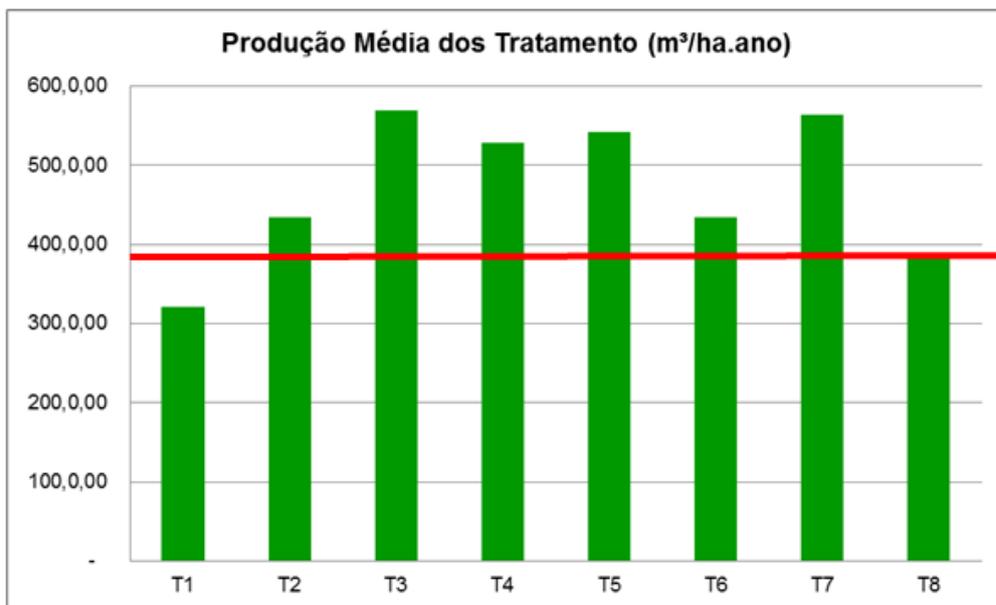
Para delimitar a área produtiva dos tratamentos, obteve-se o produto do número de plantas de cada tratamento por 6,0 m<sup>2</sup> (devido a área de influência, espaçamento 3,0 x 2,0).

A produtividade de cada tratamento foi aferida por meio da medição do volume em metro estéreo. Para conversão em metro cúbico foi utilizado o fator de conversão 0,70, ou seja, 1 metro estéreo equivale a 0,70 m<sup>3</sup> (SBS, 2008).

Na Tabela 2 são apresentados os resultados da avaliação estatística descritiva das quatro repetições de cada tratamento.

**Tabela 2 – Estatística descritiva da produtividade das 4 repetições de cada tratamento**

<b>Parâmetros</b>	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>	<b>T4</b>	<b>T5</b>	<b>T6</b>	<b>T7</b>	<b>T8</b>
Mínimo (m <sup>3</sup> /ha)	227,56	345,15	505,76	493,40	417,70	329,23	467,49	311,06
Máximo (m <sup>3</sup> /ha)	494,26	510,42	609,82	592,15	721,67	539,19	626,89	534,43
Mediana (m <sup>3</sup> /ha)	279,81	440,13	580,35	514,42	514,66	433,63	581,48	347,29
Média Aritmética (m <sup>3</sup> /ha)	320,36	433,96	569,07	528,60	542,17	433,92	564,33	385,02
Desvio Padrão (m <sup>3</sup> /ha)	121,83	67,95	46,61	43,88	136,24	95,76	74,06	102,71
Coefficiente de Variação (%)	38,03%	15,66%	8,19%	8,30%	25,13%	22,07%	13,12%	26,68%



**Figura 4 - Comparação dos volumes médios de madeira produzidos nos tratamentos por hectare**  
(Fonte: VERONEZ, 2015)

Analisando a Tabela 2 e a Figura 4, verifica-se que todos os tratamentos irrigados, exceto o tratamento 1, apresentaram produtividade superior ao tratamento 8 que não foi irrigado. Comparando os valores médios dos tratamentos irrigados com esgoto com o tratamento 8, verifica-se que o T3 teve uma produtividade 48% maior, seguido do T7 com 47%, do T5 com 41%, do T4 com 37% e do T6 com 13%.

Na comparação do T8 com os tratamentos irrigados com água natural, o T2 apresentou uma produtividade 13% maior, enquanto o T1 produziu 17% menos que T8.

Comparando o tratamento 2, que recebeu a necessidade hídrica de irrigação com água natural e adubação química, com os tratamentos irrigados com efluente, verifica-se que o T3 apresentou produtividade média 31% superior, seguido do T7 com 30%, do T5 com 25% e do T4 com 22%. O tratamento 6 que recebeu a necessidade hídrica de irrigação com efluente e não foi adubado quimicamente teve produtividade praticamente semelhante ao T2, infere-se, dessa forma, que os nutrientes presentes no esgoto podem substituir a adubação química.

Não foram encontradas referências relativas à produtividade de eucalipto irrigado com efluentes.

Tomazello Filho (2006) aponta que a cultura de eucalipto com manejo tradicional, com a aplicação de fertilizantes, tem uma produtividade média de 49 m³/ha.ano. No caso de se associar a irrigação com a fertilização a produção atinge 68 m³/ha.ano, representando um acréscimo de 39% quando comparado ao manejo tradicional.

Verifica-se que os valores médios de produtividade dos tratamentos irrigados com efluente tiveram uma produção entre 78,89 (T6) e 103,47 m³/ha.ano (T3). Comparando com a produtividade do eucalipto fertiirrigado de 68 m³/ha.ano (TOMAZELLO FILHO, 2006), têm-se um acréscimo oscilando de 16% a 52%.

## CONCLUSÕES

- A produtividade do eucalipto, aferida por meio do volume produzido de madeira, foi maior nos tratamentos irrigados com efluente quando comparado aos demais;
- A adubação química, da forma que foi praticada, pode ser substituída pela irrigação com efluente doméstico, pois a produtividade do tratamento T6 (irrigado com a necessidade hídrica da planta com efluente e sem adubação química) foi similar a do tratamento T2 (irrigado com água natural na necessidade hídrica da planta mais adubação química);
- A aplicação de água natural na irrigação da cultura de eucalipto mostrou ser desnecessária, pois não representou acréscimo de produção do T1 (irrigado com água natural e sem adubação) em relação ao tratamento que não recebeu irrigação e nem adubação (T8);
- A melhor produtividade foi no tratamento T3, que aplicou efluente a proporção de um terço da necessidade hídrica da planta. Além disso, conforme as conclusões de Veronez (2009) e Salomão (2012), esse tratamento apresentou pequenos riscos de contaminação da água subterrânea;
- O tratamento T3 quando comparado à condição de sequeiro (tratamento T8), apresentou uma produtividade 48% maior;

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CALDER, I.R.; HALL, R.L; ADLARD, P.G. **Growth and water use of forest plantations**. Chichester: J. Wiley, 1992. 391 p.

NOVAIS, R.F.; BARROS, N.F.; COSTA, L.M. **Aspectos nutricionais e ambientais do eucalipto. Silvicultura**, São Paulo, v.17, n. 68, p.10-17, 1996.

SILVA, R. S. P. **Reúso agrícola do efluente de um filtro anaeróbio utilizando um sistema de irrigação por sulcos**. 2003. 150 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia civil)-Faculdade de Engenharia civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2003.

VERONEZ, A. H. **Irrigação de eucalipto com efluente sanitário de lagoa facultativa: eficiência do sistema solo-planta no pós-tratamento**. 2009. 130 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia civil)-Faculdade de Engenharia civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2009.

VERONEZ, A. H. **Irrigação de eucalipto com efluente sanitário: Avaliação econômica e de produtividade agrícola**. 2015. Tese (Doutorado em Engenharia civil)-Faculdade de Engenharia civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2015.