



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS**

MARCELA SILVA LOUGON

**CRESCIMENTO DE MUDAS DE EUCALIPTO IRRIGADAS COM ÁGUA DE
DIFERENTES QUALIDADES**

**JERONIMO MONTEIRO-ES
OUTUBRO - 2010**

MARCELA SILVA LOUGON

**CRESCIMENTO DE MUDAS DE EUCALIPTO IRRIGADAS COM ÁGUA DE
DIFERENTES QUALIDADES**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo, como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em Ciências Florestais, na área de concentração Ciências Florestais.

Orientador: Prof. Dr. Giovanni de Oliveira Garcia
Co-Orientador: Prof. Dr. Vinicius Winckler Caldeira
Co-Orientador: Prof. Dr. Roberto Avelino Cecilio

JERÔNIMO MONTEIRO-ES
OUTUBRO - 2010

**CRESCIMENTO DE MUDAS DE EUCALIPTO IRRIGADAS COM ÁGUA DE
DIFERENTES QUALIDADES**

MARCELA SILVA LOUGON

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo, como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em Ciências Florestais, Área de Concentração Ciências Florestais.

Aprovada em 27 de Outubro de 2010



Prof^a. Dra. Paola A. Vieira Lo Monaco
IFES - Santa Tereza



Prof^a. Dra. Elzimar de Oliveira Gonçalves
UFES/CCA



Prof. Dr. Marcos V. Winckler Caldeira
UFES/CCA



Prof. Dr. Roberto Avelino Cecílio
CCA/UFES



Prof. Dr. Giovanni de Oliveira Garcia
CCA/UFES (Orientador)

AGRADECIMENTO

À **DEUS**, pelas grandes bênçãos e experiências concedidas na realização desse sonho.

Ao meu orientador **Giovanni de Oliveira Garcia** pelo apoio, orientação equilibrada, confiança depositada e amizade.

Aos demais **professores** e **funcionários** do Programa de Pós-Graduação em Ciências florestais da Universidade Federal do Espírito Santo, em especial aos professores **Roberto Avelino Cecílio** e **Marcos Vinicius Winckler Caldeira**.

À minha amiga de caminhada e parceira de trabalho **Silvânia Arreco Rocha**, pela imensa colaboração na fase experimental, e por compartilhar bons e delicados momentos enfrentados durante toda esta etapa de amadurecimento e crescimento pessoal.

À minha amiga **Franciane Louzada Rodrigues** pela preciosa amizade e carinho. Pelos momentos que enfrentamos e vencemos juntas.

A toda minha **família**, aqueles que mesmo de longe demonstraram interesse, preocupação e curiosidade por esse estudo. Em especial à minha irmã **Elaine**.

Ao meu marido **Vinicius** pelo amor, incentivo, paciência, compreensão e apoio, por estar ao meu lado sempre.

A todos aqueles que me ajudaram com a execução dos experimentos: Sr. **Jair** e **Wayne** (coleta de efluente), Sr. **Édson** (viveiro florestal), Sr. **Vicente** (ETE de Jerônimo Monteiro).

À **Universidade Federal do Espírito Santo**, pela oportunidade de realização do curso.

A **FÍBRIA SA**, pela concessão da bolsa de estudos.

A todos aqueles que, de uma forma ou de outra, contribuíram para a realização desse trabalho.

Dedicatória

À Deus, por estar presente em minha vida me abençoando em todos os momentos.

Aos meus sobrinhos, Matheus, Maria Luíza, Gabriel e Vivian, os quais amo muito.

BIOGRAFIA

MARCELA SILVA LOUGON, filha de Nelson Bossois Lougon e Sônia Maria da Silva Lougon, nasceu em Cachoeiro de Itapemirim, ES, em 20 de novembro de 1984.

Em dezembro de 2007, graduou-se em Ciências Biológicas pelo Centro Universitário São Camilo, Cachoeiro de Itapemirim-ES.

Em Agosto de 2008, ingressou no Programa de Mestrado em Ciências Florestais na Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro – ES, concentrando seus estudos na linha de pesquisa Manejo de Bacias Hidrográfica, submetendo-se a defesa de dissertação em outubro de 2010.

RESUMO

LOUGON, Marcela Silva. **Crescimento de mudas de eucalipo irrigadas com água de diferentes qualidades**. 2010. Dissertação (Mestrado em Ciências florestais) - Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre-ES. Orientador: Prof.Dr. Giovanni de Oliveira Garcia. Co-orientadores: Prof. Dr. Roberto Avelino Cecílio e Prof. Dr. Marcos Vinícius Winckler Caldeira.

A utilização agrícola de águas com qualidade inferior consiste em opção para atendimento das necessidades hídricas conjuntamente com fornecimento de nutrientes às plantas, além de constituir uma forma adequada de disposição final de efluentes. Com a realização deste trabalho, objetivou-se avaliar a produção de mudas de *Eucalyptus* irrigadas com água de diferentes padrões de qualidade. Conduziu-se experimento montado em delineamento inteiramente casualizado, no esquema fatorial 5X3X2 (cinco períodos de avaliação, três padrões de qualidade de água e duas espécies de gênero *Eucalyptus* sp.), com três repetições. As águas utilizadas foram água de abastecimento público da cidade de Jerônimo Monteiro-ES, efluente de piscicultura do Instituto Federal do Espírito Santo Campus de Alegre e efluente do sistema de tratamento de esgoto doméstico da cidade de Jerônimo Monteiro-ES. As espécies de *Eucalyptus* utilizadas foram *Eucalyptus urograndis* e *Eucalyptus urophylla*. As mudas foram produzidas em tubetes com capacidade de 50 cm³ de substrato as quais foram mantidas no viveiro até os noventa dias após a semeadura submetidas à irrigação por aspersão. Transcorrido esse período os tubetes contendo as mudas das duas espécies foram transferidos para bandejas de polietileno contendo os três padrões de água, onde utilizou-se um sistema de subirrigação. Os tubetes foram submersos até uma profundidade de 2 cm da sua base, absorvendo água por capilaridade. Para avaliar o crescimento das mudas de *Eucalyptus* foi feito um conjunto de medições a cada 20 dias, em um total de cinco avaliações, iniciadas a partir da transferência dos tubetes para as bandejas. Em cada conjunto de medições foram quantificadas a altura da parte aérea das plantas; o diâmetro do coleto; a área foliar; a matéria seca total, da parte aérea e das raízes; a razão de área foliar; a área foliar específica; a razão de peso da folha; a relação altura da parte aérea/diâmetro de colo; a relação parte aérea/raiz; a taxa de crescimento absoluto, a taxa de crescimento relativo; a

taxa de assimilação líquida; o Índice de qualidade de Dickson e a eficiência do uso da água. Foi feita a análise dos diferentes padrões de qualidade de água utilizadas para irrigação, onde determinou-se pH, potássio, sódio, cloretos, ferro, fósforo total, nitrogênio amoniacal, cálcio, magnésio, enxofre, condutividade elétrica e razão de adsorção de sódio. Nenhum dos três padrões de qualidades de água apresentou restrição ao uso quanto à salinidade. No entanto, quando relacionada aos possíveis problemas de infiltração da água no solo, a água de abastecimento e de piscicultura apresentaram um severo grau de restrição e o efluente doméstico tratado apresentou uma moderada restrição. Em relação à toxicidade da água de irrigação, os três diferentes tipos de águas, não apresentaram nenhuma restrição e o valor de pH se apresentou normal, se enquadrando entre 6,5 e 8,4. Também não houve excesso de ferro e enxofre nas águas com os diferentes padrões de qualidade consideradas. A concentração de fósforo e nitrogênio amoniacal apresentaram valores normais, para água de abastecimento público e piscicultura, sendo inferior a 5 mg L^{-1} para nitrogênio e inferior a 30 mg L^{-1} para o fósforo. No entanto, para o efluente doméstico tratado, os níveis estiveram acima dos valores considerados normais para irrigação. De modo geral, observou-se efeito significativo da qualidade de água no crescimento das mudas de *Eucalyptus* ao longo dos períodos das medições, retratados na superioridade da área foliar; matéria seca total, da parte aérea e das raízes; razão de área foliar; área foliar específica; razão de peso da folha; relação altura da parte aérea/diâmetro de colo; relação parte aérea/sistema radicular e do Índice de Qualidade de Dickson quando foi utilizado o efluente oriundo do esgoto doméstico tratado.

Palavras chave: Reuso de água, *Eucalyptus* ssp, subirrigação.

ABSTRACT

LOUGON, Marcela Silva. **Growth of eucalyptus seedlings irrigated with water of different qualities**. 2010. Dissertation (Master's degree on Forest Science). Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre. Advisor: Prof. Dr. Giovanni de Oliveira Garcia. Co-advisors: Prof. Dr. Roberto Avelino Cecilio and Prof. Dr. Marcos Vinicius Winckler Caldeira.

Agricultural use of water of inferior quality is an option for meeting the water needs together with supply of nutrients to plants, and also provide an appropriate means of disposal of effluents. With this work aimed to evaluate the production of Eucalyptus irrigated with water of different quality standards. We conducted experiment in completely randomized design in factorial 5X3X2 (five evaluation periods, three patterns of water quality and two species of Eucalyptus sp.) With three replications. The waters were used public water supply of the city of Jeronimo Monteiro-ES, aquaculture effluent from the Federal University of Saint Spirit Campus and Alegre effluent treatment system for domestic sewage from the city of Jeronimo Monteiro-ES. The species used were Eucalyptus urophylla and Eucalyptus urograndis. Seedlings were grown in plastic pots with a capacity of 50 cubic centimeters of substrate which were kept in the nursery until the ninety days after sowing submitted to sprinkler irrigation. After that period the tubes containing the seedlings of both species were transferred to polyethylene trays containing three water standards, where we used a system of subirrigation. The tubes were submerged to a depth of 2 cm from its base, absorbing water by capillary action. To evaluate the growth of seedlings of Eucalyptus was made a set of measurements every 20 days, a total of five evaluations started from the transfer of tubes to the trays. In each set of measurements were quantified the height of the shoots, the stem diameter, leaf area, total dry matter of shoots and roots, the leaf area ratio, specific leaf area, the ratio weight of the sheet, the ratio shoot height / neck diameter, the ratio shoot / root, the absolute growth rate, the relative growth rate, the net assimilation rate; Index Dickson quality and efficiency of use water. Was the analysis of different patterns of quality of water used for irrigation, where it was determined pH, potassium, sodium, chloride, iron, phosphorus, ammonia nitrogen, calcium, magnesium, sulfur, electrical conductivity and

sodium adsorption ratio. None of the three standard qualities of water use restrictions as presented to salinity. However, when related to possible problems of water infiltration into the soil, water supply and fish showed a severe degree of restriction and treated wastewater reuse showed a moderate constraint. Regarding the toxicity of irrigation water, the three different types of water, do not set any restrictions and the pH value showed normal, between 6.5 and 8.4. There was also no excess of iron and sulfur in waters with different quality standards considered. The concentration of phosphorus and ammonia nitrogen values were normal for the public water supply and fish, less than 5 mg L⁻¹ for nitrogen and less than 30 mg L⁻¹ for phosphorus. However, for treated wastewater reuse, the levels were above normal values for irrigation. Overall, there was a significant effect on water quality in the growth of Eucalyptus seedlings over the period of measurements, depicted in the superiority of leaf area, total dry matter of shoots and roots, leaf area ratio, area Specific leaf, leaf weight ratio, height ratio of shoot / root collar diameter; shoot ratio and root system of Quality Index Dickson was used when the effluent coming from the sewage treated.

Keywords: Water reuse, Eucalyptus ssp, subirrigation.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1-	Grau de restrição da qualidade da água para uso em irrigação.....	7
Tabela 2-	Características químicas dos diferentes padrões de qualidade da água utilizadas durante o experimento.....	23
Tabela 3-	Eficiência do uso da água na produtividade em função dos diferentes padrões de qualidade de água de irrigação e dos períodos de avaliação.....	27
Tabela 4-	Valores médios de duas espécies de <i>Eucalyptus</i> irrigadas com diferentes padrões de qualidade de água.....	35
Tabela 5-	Valores médios da altura (cm) da parte aérea de mudas de <i>Eucalyptus</i> ao longo dos períodos de avaliações produzidas com diferentes qualidades de águas de irrigação.....	36
Tabela 6-	Valores médios do diâmetro do coleto (mm) de mudas de <i>Eucalyptus</i> ao longo dos períodos de avaliações produzidas com diferentes qualidades de águas de irrigação.....	38
Tabela 7-	Valores médios da área foliar (cm ²) de duas espécies de mudas de <i>Eucalyptus</i> ao longo dos períodos de avaliações.....	40
Tabela 8-	Valores médios da área foliar (cm ²) de mudas de <i>Eucalyptus</i> ao longo dos períodos de avaliações produzidas com diferentes qualidades de águas de irrigação.....	40
Tabela 9-	Valores médios da massa seca total (g) de mudas de <i>Eucalyptus</i> ao longo dos períodos de avaliações produzidas com diferentes qualidades de águas de irrigação.....	42
Tabela 10-	Valores médios da massa seca da parte aérea (g) de mudas de <i>Eucalyptus</i> ao longo dos períodos de avaliações produzidas com diferentes qualidades de águas de irrigação.....	43
Tabela 11-	Valores médios da massa seca da raiz (g) de mudas de <i>Eucalyptus</i> ao longo dos períodos de avaliações produzidas com diferentes qualidades de águas de irrigação.....	44

Tabela 12-	Valores médios da Razão de área foliar ($\text{cm}^2 \text{g}^{-1}$) de mudas de <i>Eucalyptus</i> ao longo dos períodos de avaliações produzidas com diferentes qualidades de águas de irrigação.....	45
Tabela 13-	Valores médios de área foliar específica ($\text{cm}^2 \text{g}^{-1}$) de mudas de <i>Eucalyptus</i> ao longo dos períodos de avaliações produzidas com diferentes qualidades de águas de irrigação.....	46
Tabela 14-	Valores médios da Razão do peso da folha (g) de mudas de <i>Eucalyptus</i> ao longo dos períodos de avaliações produzidas com diferentes qualidades de águas de irrigação.....	48
Tabela 15-	Valores médios da Relação altura da parte aérea/diâmetro de colo de mudas de <i>Eucalyptus</i> ao longo dos períodos de avaliações produzidas com diferentes qualidades de águas de irrigação.....	49
Tabela 16-	Valores médios da Relação Parte Aérea/Raiz de mudas de <i>Eucalyptus</i> ao longo dos períodos de avaliações produzidas com diferentes qualidades de águas de irrigação.....	50
Tabela 17-	Valores médios do Índice de Qualidade de Dickson (IQD) de mudas de <i>Eucalyptus</i> ao longo dos períodos de avaliações produzidas com diferentes qualidades de águas de irrigação.....	52

SUMÁRIO

I. INTRODUÇÃO GERAL.....	1
II. REVISÃO DE LITERATURA.....	3
1. Produção de mudas de eucalipto.....	3
2. Irrigação do Sistema de Produção de Mudas.....	5
3. Qualidade da água de Irrigação.....	6
4. Viabilidade de reuso de efluentes em atividades agroflorestais..	9
III REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	13
IV CAPÍTULOS	
CAPÍTULO 1 - AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA UTILIZADA PARA PRODUÇÃO DE MUDAS DE <i>Eucalyptus</i>	17
1. INTRODUÇÃO.....	18
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	20
2.1 Localização do experimento.....	20
2.2 Descrição do Experimento.....	20
2.3 Águas utilizadas no experimento.....	20
2.4 Tratamento e delineamento experimental.....	21
2.5 Análise Química das Águas Utilizadas no Experimento.....	21
2.6. Avaliação da Qualidade da Água e Eficiência do Uso da Água..	21
2.7 Análise dos dados.....	22
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	23
3.1 Caracterização das águas utilizadas.....	23
3.1.1 Salinidade da água de irrigação.....	23
3.1.2 Toxicidade por íons específicos: Cloreto e Sódio.....	24
3.1.3 Ferro.....	25

3.1.4 Enxofre e Potássio.....	25
3.1.5 Fósforo, Nitrogênio Amoniacal e pH.....	26
3.2 Eficiência do uso da água na produtividade (EUAp).....	27
4 CONCLUSÕES.....	29
CAPÍTULO 2 – CRESCIMENTO DE DUAS ESPÉCIES DE <i>Eucalyptus</i> IRRIGADAS COM ÁGUA DE DIFERENTES PADRÕES DE QUALIDADE.....	30
1 INTRODUÇÃO.....	31
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	32
3 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	35
3.1 Altura da parte aérea e Diâmetro de Coleto.....	35
3.2 Área Foliar.....	39
3.3 Matéria Seca total, da parte aérea e das raízes.....	41
3.4 Razão de Área Foliar (RAF) e Área Foliar Específica (AFE).....	45
3.5 Razão de peso da folha (RPF).....	47
3.6 Relação altura da parte aérea/diâmetro de colo (RAD).....	48
3.7 Relação Parte Aérea/Raiz).....	50
3.8 Índice de Qualidade de Dickson (IQD).....	51
3.9 Taxa de Crescimento Absoluto, Taxa de Crescimento Relativo e Taxa de Assimilação Líquida.....	53
4 CONCLUSÕES.....	54
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	55
V. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	59

I. INTRODUÇÃO GERAL

A água é um dos recursos naturais mais utilizados no planeta e, atualmente, sabe-se que seu uso racional deve ser priorizado, principalmente em locais sob condições de escassez hídrica. Em torno de 97,5% da água do planeta é proveniente dos oceanos e mares, e apenas 2,5 % correspondem à água doce. O Brasil apresenta grande disponibilidade de água, pois possui 12% da água doce superficial do planeta. Porém, todo esse volume é mal distribuído concentrando-se em maior proporção na região Amazônica, local que possui baixa densidade populacional. Em contrapartida, a região mais populosa, o Sudeste, possui 6% dessa disponibilidade (ANA, 2009).

Em várias regiões do Brasil, à baixa disponibilidade de água associada aos problemas com sua qualidade, corrobora para que a reutilização da água para vários usos seja uma alternativa potencial de racionalização desse recurso natural.

Segundo Beekman (1996), como a demanda pela água continua a aumentar, o reuso de água vem se tornando um componente importante no planejamento, desenvolvimento e utilização dos recursos hídricos, tanto em regiões áridas, como em regiões úmidas. A utilização das águas residuais representa um potencial a ser explorado em substituição à utilização de água tratada e potável.

O uso de efluentes na agricultura tem sido praticado em muitas partes do mundo. Na maioria das vezes, isso ocorre quando água de boa qualidade não é disponível, ou é difícil de ser obtida, então, águas de qualidade inferior, são utilizadas, principalmente em agricultura (HESPANHOL, 2003).

Estudos realizados em outros países têm demonstrado a eficiência do uso dos efluentes na fertirrigação de culturas agrícolas, com a obtenção de bons resultados, relacionados à produtividade, qualidade e desenvolvimento, uma vez que estes efluentes são, geralmente, ricos em nutrientes (BASTOS, 1999).

Scott (2004) cita alguns importantes exemplos do reuso da água, em diversos países. De acordo com o autor, em quase todas as cidades do

Paquistão que têm um sistema de esgotos, o efluente é diretamente usado na agricultura por meio da técnica de irrigação. No México, a maior parte das águas residuárias não tratadas é utilizada na agricultura por meio de uma extensa rede de canais de irrigação, cerca de 250.000 ha são fertirrigados com efluentes.

Pensando na reutilização de efluentes, a atividade florestal, por suas peculiaridades, apresenta-se como alternativa promissora, principalmente por não envolver produção de alimentos para consumo humano e nem riscos à saúde (CROMER, 1980). Além disso, por ser realizada em larga escala, tem potencialidade de consumir grande volume de efluentes.

Considerando a importância da atividade florestal e o fato de não haver muitos estudos sobre o reuso de efluentes na produção de mudas florestais, realizou-se esse trabalho que teve por objetivo, avaliar a produção de mudas de duas espécies de eucalipto irrigadas com água de diferentes qualidades.

II. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

1. PRODUÇÃO DE MUDAS DE EUCALIPTO

A implantação de uma floresta depende, dentre outros fatores, da utilização de mudas de boa qualidade, com bom diâmetro de colo, raízes bem formadas, relação parte aérea/sistema radicular adequada, e nutridas adequadamente. Isso garantirá melhor índice de sobrevivência no plantio, maior resistência a estresses ambientais e maior crescimento inicial, influenciando, diretamente, na formação e produção florestal (FERRARI, 2003).

Alfenas et al. (2004) citam que as condições específicas de manejo exercem influência direta na produtividade do viveiro e na qualidade final das mudas, as quais refletirão na sobrevivência, na uniformidade e no desenvolvimento das plantas no campo. Desta forma, a produção de mudas deve primar pela qualidade aliada à racionalização do uso dos recursos disponíveis. Silva (2003) relata a necessidade de definir os procedimentos de manejo na produção de mudas, principalmente o manejo da água, para viabilizar melhor qualidade final das mudas e se adequar às normas de qualidade ambiental.

De acordo com Simões (1970), são vários os processos que podem ser usados na produção das mudas de *Eucalyptus*, dependendo sua escolha, das condições ocorrentes na região, sejam em relação ao clima, ou às possibilidades de abastecimento de matéria-prima destinada a essa finalidade. Além desses fatores, concorre também para a formação de mudas de bom padrão de qualidade a escolha apropriada de local para a instalação do viveiro, tipo e tamanho do recipiente, substrato adequado, método e profundidade de semeadura, bem como, o grau de melhoramento da semente utilizada.

No Brasil, os sistemas de produção de mudas mais utilizados são: produção a partir de sementes e produção por meio do enraizamento de estacas (mudas clonais).

A propagação clonal pode ser alcançada pela macropropagação ou pela micropropagação. A propagação vegetativa pela macropropagação envolve métodos convencionais, como a estaquia e a enxertia, enquanto que a

micropropagação é realizada através da técnica da cultura de tecidos. Muito tem sido feito para o melhoramento genético das espécies arbóreas nestas últimas décadas, principalmente no que se refere à hibridação entre árvores superiores e estabelecimento de pomares de sementes. No entanto, para alcançar os ganhos genéticos, em espécies florestais, é necessário um programa de melhoramento para selecionar árvores em poucas gerações, no qual são necessários não menos de 15 a 50 anos. Um dos caminhos para alcançar rapidamente os ganhos de produtividade desejados seria pelo método vegetativo através de material propagado clonalmente (HIGASHI et al, 2000).

No sistema onde as mudas são produzidas por sementes, estas podem ser obtidas de plantios comerciais, áreas de produção ou sistemas destinados a produção de sementes melhoradas geneticamente (MOURA, 2003). Neste sistema, a semente é o fator principal no processo de produção de mudas, já que representa um pequeno custo no valor final da muda e tem uma importância fundamental no valor das plantações (MACEDO, 1993). Segundo Moura (2003), no processo de seleção de sementes, os aspectos mais importantes a serem considerados são os produtivos (alto volume de madeira), seguidos dos aspectos qualitativos (boa forma, derrama natural, galhos finos, baixo conteúdo de casca), silviculturais (bons índices de rebrota e capacidade de enraizamento), de resistência (doenças, pragas e condições adversas do meio) e tecnológicos.

O substrato é outro fator que também exerce influência significativa no desenvolvimento das mudas. É um meio em que as raízes proliferam-se, para fornecer suporte estrutural à parte aérea (CARNEIRO, 1995). Minami (1995) cita que o substrato é o componente mais importante do sistema de produção de mudas, pois, qualquer variação na sua composição pode alterar o processo final da produção de mudas, desde a não germinação das sementes até o desenvolvimento irregular das plantas.

As características físicas de um substrato (porosidade total, espaço de aeração e capacidade de retenção) são mais importantes que as químicas, uma vez que as relações entre água e ar não podem ser mudadas durante o cultivo. As propriedades químicas, como concentração de nutrientes, pH e

condutividade elétrica podem ser modificadas por intermédio da irrigação, da fertirrigação e de adubações de base e de cobertura (POGGIANI, 1996).

A escolha e o preparo do substrato são decisões importantes e difíceis de tomar, principalmente por não haver um substrato que seja ótimo e adequado às necessidades de todas as espécies (DIAS, 2006).

2. IRRIGAÇÃO DO SISTEMA DE PRODUÇÃO DE MUDAS

O objetivo da irrigação é atender às necessidades hídricas da planta, por meio da disposição de água no solo ou no substrato. Entretanto, de acordo com Vieira (1995), irrigar não é simplesmente molhar o solo, mas sim aplicar a quantidade de água necessária no momento adequado, considerando alguns fatores como o tipo de solo, a capacidade de retenção de água e o tipo de cultura, no intuito de aumentar o ganho de biomassa, a produtividade ou realizar a colheita fora dos períodos convencionais.

No setor florestal a implantação de sistemas de irrigação adequados poderia proporcionar melhor qualidade às mudas, reduzir a ocorrência de doenças e lixiviação de nutrientes, promover maior pegamento no campo, antecipação do corte e homogeneidade no desenvolvimento dos talhões, levando a um incremento na produtividade (GRUBER et al., 2006).

A técnica da subirrigação em viveiro comerciais se mostra como alternativa para a economia de água, assim como um sistema eficiente para um rápido e controlado desenvolvimento das mudas, e vem sendo utilizada principalmente no manejo de mini e microjardins clonais. Visando ao aproveitamento de águas residuárias, esse sistema se mostra ainda mais propício, pois diminui a possibilidade de contaminação humana e do ambiente (AUGUSTO et al., 2007).

Nesse sistema existem, entre outras, duas vantagens principais: a irrigação, com a planta recebendo água de maneira uniforme de acordo com as suas necessidades, e a nutrição, com nutrientes adquiridos de maneira alternativa. Essa água enriquecida pode nutrir as mudas de maneira satisfatória diminuindo os custos do produtor e produzindo mudas de alta qualidade, menos suscetíveis aos danos provocados por ocasião do transplante,

possibilitando melhor desempenho da cultura no campo (RODRIGUES et al., 2010).

3. QUALIDADE DA ÁGUA DE IRRIGAÇÃO

O desenvolvimento de espécies vegetais irrigadas depende tanto da quantidade como da qualidade da água. No entanto, o aspecto da qualidade tem sido desprezado devido ao fato de que, no passado, em geral as fontes de água eram abundantes, de boa qualidade e de fácil utilização. Esta situação, todavia, está se alterando em muitos lugares. O uso intensivo de praticamente todas as águas de boa qualidade implica que, tantos nos projetos novos como nos antigos projetos de irrigação que requerem águas adicionais, tem-se que recorrer às águas de qualidade inferior. Para evitar problemas consequentes, deve existir planejamento efetivo que assegure melhor uso possível das águas, de acordo com sua qualidade (AYERS e WESTCOT, 1999).

O conceito de qualidade de água refere-se às suas características, as quais podem ser ou não aceitas pelo usuário, dependendo de suas necessidades. A qualidade de uma água é definida por uma ou mais características físicas, químicas e biológicas. No caso específico da agricultura irrigada, tem-se preparado numerosos guias para o uso de águas segundo sua qualidade. Cada um possui certa utilidade, porém nenhum tem sido completamente satisfatório, devido, principalmente, à variabilidade das condições de campo.

Geralmente, para as águas de irrigação, a qualidade é definida pela concentração dos sais dissolvidos e pela composição iônica. Entretanto, de acordo com Araújo (1999), as águas de irrigação devem ser analisadas em relação aos parâmetros fundamentais como salinidade, sodicidade, toxidez, concentração de íons e aspectos sanitários.

Considerando a qualidade das águas de irrigação sobre o rendimento das culturas, as características físico-químicas do solo e mudanças do meio ambiente, Ayers e Westcot (1991) classificaram as águas para irrigação em três grupos: sem restrição ao uso, com restrição leve a moderada e com

restrição severa. Entre os parâmetros utilizados nessa classificação, destacam-se: salinidade, sodicidade, toxidez, efeitos diversos e o pH (Tabela 1).

Tabela 1 - Grau de restrição da qualidade da água para uso em irrigação¹

Problema potencial	Unidades	Grau de Restrição para Uso		
		Nenhuma	Moderada	Severa
Salinidade				
CEa ²	dS/m	< 0,7	0,7 – 3,0	> 3,0
SDT ^a	mg L ⁻¹	< 450	450 - 2000	> 2000
Infiltração (RAS)³				
RAS = 0-3 e CEa =		> 0,7	0,7 - 0,2	< 0,2
RAS = 3-6 e CEa =		> 1,2	1,20 - 0,3	< 0,3
RAS = 6-12 e CEa =		> 1,9	1,9 – 0,5	< 0,5
RAS = 12-20 e CEa =		> 2,9	2,9 – 1,3	< 1,3
RAS = 20-40 e CEa =		> 5,0	5,0 – 2,9	< 2,9
Toxicidade de Íons				
Sódio (Na) ⁴				
Irrigação por Superfície	RAS	< 3,0	3,0 – 9,0	> 9,0
Irrigação por Aspersão	mg/L	< 3,0	> 3,0	-
Cloreto (Cl) ⁴				
Irrigação por Superfície	mg L ⁻¹	< 4,0	4,0 – 10	> 10
Irrigação por Aspersão	mg L ⁻¹	< 3,0	> 3	
Boro	mg L ⁻¹	< 0,7	0,7- 3,0	> 3,0
Outros				
Nitrogênio	mg L ⁻¹	< 5,0	5,0 – 30,0	> 30,0
Bicarbonato	meq L ⁻¹	< 1,5	1,5 – 8,5	> 8,5
pH	-	Faixa normal: 6,5 – 8,4		

¹ Fonte : University of Califórnia Committee of Consultants, 1974. Adaptado pelo autor AYERS e WESTCOT (1999).

² CEa significa Condutividade Elétrica da água; medida da salinidade, expressa em deciSiemens por metro (dS/m) a 25°C ou em milimhos/cm (mmhos/cm). Ambas as medidas são equivalentes. SDT significa total de sais em solução, expressa em miligrama por litro (mg L⁻¹).

³ RAS significa Relação de Adsorção de Sódio algumas vezes representada como RNa. Para determinado valor da RAS, a velocidade de infiltração aumenta à medida em que aumenta a salinidade. Avalia-se o problema potencial de infiltração através da RAS e da CEa Fonte: Rhoades (1977) e Oster e Schroer (1979).

⁴ A maioria das culturas arbóreas e plantas lenhosas são sensíveis ao sódio e ao cloreto; no caso de irrigação por superfície, usam-se os valores indicados. Para a maioria das culturas anuais que não são sensíveis, usam-se tabelas de tolerância das culturas à salinidade.

Ao avaliar a salinidade da água de irrigação, relaciona-se à disponibilidade da água para as plantas e também ao estresse salino, o qual representa um dos mais sérios fatores que limitam o crescimento e a produção

das culturas, induzindo modificações morfológicas, estruturais e metabólicas nas plantas superiores (HOFFMAN et al., 1983).

As culturas sensíveis ao estresse salino sofrem redução progressiva do crescimento e da produção à medida em que a concentração salina aumenta. De acordo com Lima (1997), os efeitos da acumulação excessiva dos sais solúveis sobre as plantas podem ser causados pelas dificuldades de absorção de água, pela toxicidade de íons específicos e pela interferência dos sais nos processos fisiológicos (efeitos indiretos), reduzindo o crescimento das plantas.

Outro problema de qualidade de água residuária, diz respeito à infiltração da água nos solos, esta varia bastante e dependem da qualidade da água e de outros fatores do solo, como estrutura, grau de compactação, teor de matéria orgânica e características químicas (AYERS e WESTCOT, 1999). O problema de infiltração acontece quando a taxa de infiltração da água reduz-se apreciavelmente e como consequência, a água permanece sobre o solo por um tempo demasiadamente longo, ou se infiltra muito lentamente e a planta não recebe a água de que necessita para produzir colheitas aceitáveis.

Ainda de acordo com Ayers e Westcot (1999), os fatores da qualidade da água que podem influir na infiltração, são os teores totais de sais e o teor de sódio em relação aos teores de cálcio e magnésio. A alta salinidade aumenta a taxa de infiltração, enquanto baixa salinidade, ou proporção alta de sódio em relação ao cálcio, a diminui; sendo que ambos os fatores podem atuar simultaneamente.

Seguindo a discussão sobre restrição da qualidade da água, tem-se o grau de toxicidade presente na mesma, que refere-se ao efeito de alguns íons sobre as plantas, sendo eles cloreto, sódio e boro, que, quando encontrados em concentrações elevadas, podem causar danos às culturas, reduzindo sua produção (HOLANDA e AMORIM, 1997).

De acordo com Ayers e Westcot (1999), os sintomas de toxicidade podem se manifestar também quando os íons tóxicos são absorvidos pelas folhas molhadas durante a aplicação de água por aspersão. Os danos manifestam-se como queimadura nas bordas das folhas e clorose nas áreas entre as nervuras. As culturas anuais são mais tolerantes do que as perenes. A acumulação dos íons em concentrações tóxicas pode ser lenta e, assim, os

sintomas visuais dos danos desenvolvem-se paulatinamente (FERREIRA, 2005).

No aspecto sanitário, Marouelli et al. (2001) afirmam que é de grande importância analisar e fazer o controle sanitário de águas utilizadas para irrigação, como prevenção para saúde pública, pois muitas vezes essas apresentam-se contaminadas por organismos patogênicos.

As culturas, em especial aquelas consumidas na forma crua, quando irrigadas com tais águas, podem servir de veículo para transmissão de várias doenças aos consumidores.

4. VIABILIDADE DE REUSO DE EFLUENTES EM ATIVIDADES AGROFLORESTAIS

Em 1958, o Conselho Econômico e Social das Nações Unidas estabeleceu uma política de gestão para as áreas mais carentes de recursos hídricos, a qual suporta este conceito: “a não ser que exista grande disponibilidade, nenhuma água de boa qualidade deve ser utilizada para usos que toleram águas de qualidade inferior” (MANCUSO, 2003). As águas de qualidade inferior devem, sempre que possível ser consideradas como fontes alternativas para usos menos restritivos.

Nas regiões áridas e semi-áridas, a água tornou-se um fator limitante para o desenvolvimento urbano, industrial e agrícola. Além disso, a escassez não é atributo exclusivo das regiões áridas e semi-áridas brasileiras. Muitas áreas com taxas de precipitações anuais significativas são insuficientes para gerar vazões capazes de atender a demandas excessivamente elevadas. Outro aspecto está relacionado ao comprometimento da qualidade da água decorrente ao lançamento de efluentes domésticos e industriais nos corpos hídricos receptores (MANCUSO, 2003).

Hespanhol (2002) cita o exemplo da Bacia do Rio Tietê, que abriga uma população superior a 15 milhões de habitantes e um dos maiores complexos industriais do mundo, dispõem, pela sua condição característica de manancial de cabeceira, vazões insuficientes e qualidade da água inadequada para atender demanda da região.

No contexto do crescente processo de escassez hídrica, cabe salientar que o valor desse recurso tende a ficar cada vez mais alto. Contudo, a necessidade de aplicar as políticas voltadas ao planejamento e manejo de recursos hídricos têm sido determinante para despertar, no cenário nacional e internacional, a prática do reuso de água (MACHADO, 2004)

Reuso é o processo de utilização da água por mais de uma vez, tratada ou não, para o mesmo ou outro fim. Essa reutilização pode ser direta ou indireta, decorrente de ações planejadas (LOBATO, 2005). A água de reuso tratada pode ser utilizada para inúmeros fins, como geração de energia, refrigeração de equipamentos, em diversos processos industriais, lavagem de ruas e pátios, irrigação, paisagismo, dentre outras aplicações. (MACHADO, 2004).

Em atividades agroflorestais, essa reutilização da água surge então como alternativa para aumentar a oferta de água de boa qualidade, para usos mais nobres, garantindo economia do recurso e racionalização do uso desse recurso. Alguns países utilizam essa tecnologia e possuem regulamentação específica na temática, porém o Brasil ainda está em fase inicial na efetivação e regulamentação da técnica, com grande potencial de crescimento (BERNARDI, 2003).

A grande vantagem da utilização da água de reuso é a de preservar água potável exclusivamente para atendimento de necessidades que exigem melhor qualidade deste recurso, como para o abastecimento humano (MACHADO, 2004).

Segundo Mancuso (2003), o setor agrícola demanda, no Brasil, aproximadamente 70% do total de água. Essa demanda significativa, associada à escassez de recursos hídricos leva a ponderar que as atividades agrícolas devem ser consideradas como prioritária em termos de reuso de efluentes tratados.

O uso de efluentes, particularmente no setor agrícola e florestal, de acordo com Hespanhol (2002), constitui em um importante elemento das políticas e estratégias de gestão de recursos hídricos. Muitos países, situados em regiões áridas e semi-áridas, tais como os do norte da África e do Oriente Médio, consideram esgotos e águas de baixa qualidade, como parte integrante dos recursos hídricos nacionais, equacionando a sua utilização junto a seus

sistemas de gestão no meio rural. Uma política criteriosa de reuso transforma a problemática poluidora e agressiva dos efluentes, em um recurso econômico e sustentável.

De acordo com Bernardi (2003), efluentes adequadamente tratados podem ser utilizados para aplicação em diversas culturas principalmente aquelas onde o produto comercial não entra em contato com o efluente aplicado. Nesse sentido, o setor florestal desponta como uma alternativa de destinação de efluentes devido as suas características produtivas e bem como a área cultivada.

Segundo Guidolin (2000), é imprescindível destacar o conteúdo dos elementos minerais presentes em efluentes em diversos efluentes, destacando a presença de macronutrientes, como N, P e K, bem como, de outros micronutrientes, necessários ao desenvolvimento vegetal.

Pensando numa reutilização futura em larga escala de efluentes, a atividade florestal, por suas peculiaridades apresenta-se como alternativa promissora, principalmente por não envolver produção de alimentos para consumo humano e nem riscos à saúde (CROMER, 1980). Além disso, por ser realizada em larga escala, tem potencialidade de consumir grande volume de efluentes.

No entanto, Melo (1978) adverte que embora o uso de efluentes normalmente resulte na economia de água e fertilizantes, reciclagem de nutrientes e aumento da produção agrícola, podem ocorrer problemas para as culturas e para o solo, quando, por exemplo, o nitrogênio e outros nutrientes forem aplicados em excesso, assim como para os animais e seres humanos, quando o efluente apresentar organismos patogênicos.

Além disso, alguns efeitos maléficos podem ocorrer em associação com o uso de efluentes na irrigação. Um efeito potencialmente negativo é a poluição, particularmente por nitratos, de aquíferos subterrâneos, utilizados para abastecimento de água. Isso ocorre quando uma camada insaturada, altamente porosa se situa sobre o aquífero, permitindo a percolação de nitratos. Entretanto, ocorrendo uma camada profunda e homogênea, capaz de reter nitratos, a possibilidade de contaminação é bastante pequena. A assimilação de nitrogênio pelas culturas reduz a possibilidade de contaminação

por nitrato, mas isso depende das taxas de assimilação pelas plantas e das taxas de aplicação de esgotos no solo (HESPANHOL, 2002).

O acúmulo de contaminantes químicos no solo é outro efeito negativo que pode ocorrer, dependendo das características do efluente, a prática da irrigação por longos períodos, pode levar à acumulação de compostos tóxicos e inorgânicos, e ao aumento significativo de salinidade, em camadas insaturadas (FOSTER et al., 1994).

Diversos trabalhos apresentam bons resultados com a utilização de águas residuárias para produção de mudas de *Eucalyptus* sp. Augusto et al. (2007), verificaram que a utilização de águas residuárias provenientes de sistemas biológicos de tratamento de esgotos na fertirrigação em viveiros para a produção de mudas de *Eucalyptus grandis* apresentou bons resultados os quais foram verificados na sobrevivência das plantas e na ausência de sintomas de deficiência ou toxidez de nutrientes.

Heaton et al. (2002) obtiveram bons resultados utilizando água residuária da bovinocultura no desenvolvimento de mudas de *Eucalyptus nitens*. De um modo geral, os autores observaram, de, crescimento proporcional linear de raízes de *Eucalyptus nitens* com a taxa de aplicação de água residuária da bovinocultura tratada em lagoa de estabilização.

A adubação orgânica é eficiente em plantações florestais com espécies particularmente do gênero *Eucalyptus*, e o uso de efluentes para irrigação de espécies florestais, representa alternativa promissora, como demonstrado em plantações florestais no Brasil e no exterior (HENRY et al., 1994; LIMA, 2005; POGGIANI, 2004).

III. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALFENAS, A.C.; ZAURA, E.A.V.; MAFIA, R.G.; ASSIS, T.F. de. Clonagem e doenças do *Eucalyptus*. Viçosa: UFV, 2004. 442p.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS – ANA. **Campanha "Água é vida e vida não se desperdiça.**

Disponível em <http://www.ana.gov.br/SalaImprensa/aguavida/aguavida.asp>.

Acessada em abril de 2010.

ARAÚJO, L. F. P. Lagoas de estabilização na Região Metropolitana de Fortaleza – RMF: **Qualidade e potencialidades de reuso de efluente final.** 1999. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 1999.

AUGUSTO, Danielle Camargo Celentano; GUERRINI, Iraê Amaral; ENGEL, Vera Lex; Rousseau, GUILLAUME Xavier. Use of biologically treated wastewater in *Eucalyptus grandis* Hill. ex. maiden seedling production by continuum sub irrigation. **Revista Árvore**, 2007, vol.31, n. 4, ISSN 0100-6762.

Ayers, R.S.; Westcot, D.W. **A qualidade de água na agricultura.** 2.ed. Campina Grande: UFPB, 1999, FAO. Estudos Irrigação e Drenagem.

BASTOS, R. K. X. Fertirrigação com águas residuárias. In: FOLEGATTI, M. V. (Coord.) **Fertirrigação:** citrus, flores e hortaliças. Guaíba: Agropecuária, 1999. 279p.

BEEKMAN, G. B. Qualidade e conservação da água. In: ENCONTRO NACIONAL DE ASSISTÊNCIA TÉCNICA E EXTENSÃO RURAL, 1996, Brasília. Conferência...Brasília: Associação Brasileira das Entidades de Assistência Técnica e Extensão Rural, 1996.

BERNARDI, Cristina Costa. REUSO DE ÁGUA PARA IRRIGAÇÃO. Brasília: ISAEFGV/ ECOBUSINESS SCHOOL, 2003. 52p. (Monografia - MBA em Gestão Sustentável da Agricultura Irrigada, área de concentração Planejamento Estratégico).

CARNEIRO, J.G.A. Produção e controle de qualidade de mudas florestais. Curitiba: UFPR/FUPEF/UENF, 1995. 451p.

CROMER, R. N. Irrigation of radiata pine with wastewater: A review of the potential for tree growth and water renovation. **Australian Forest**, v.43, p.87-100, 1980.

DIAS, Edna Scremin.et al. Produção de mudas de espécies florestais nativas : manual - Campo Grande, MS : Ed. UFMS, 2006.

FERRARI, M.P. et al. Embrapa Produção de mudas. Agosto 2003. Disponível em:

http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Eucalyptus/CultivoDoEucalyptus/03_producao_de_mudas.htm Acessado em: 02 de junho 2010.

FERREIRA, O. E, BELTRÃO, N. E. M, KÖNIG, A. Efeitos da aplicação de água residuária e nitrogênio sobre o crescimento e produção do algodão herbáceo. **Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas**, v. 9, n. 01/03, p. 893-902, 2005.

FOSTER, S. S. et al. Impacts of wastewater use and disposal on groundwater. Technical Report WD/94/95, British Geological Survey, Keyworth, 1994.

GRUBER, Yanê Borges Garcia. Otimização da lâmina de irrigação na produção de mudas clonais de *Eucalyptus*. Dissertação de Mestrado, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2006.

GUIDOLIN, J. C. Reuso de efluentes. Brasília: Secretaria de Recursos Hídricos, Ministério do Meio Ambiente, 2000.

HEATON, R.J.; SIMS, R.E.H.; TUNGCU, R.O. The root growth of salix viminalis and Eucalyptus nitens in response to dirty farm pond effluent irrigation. *Bioresource Technology*, Kidlington, v.81, n.1, p.1-6, 2002.

HENRY, C.L.; COLE, D.W.; HARRISON, R.B. Use of municipal sludge to restore and improve site productivity in forestry: the Pack Forest Sludge Research Program. *Forest Ecology and Management*, Amsterdam, v.66, p.137-149, 1994.

HESPANHOL, I. Potencial de Reúso de Água no Brasil: Agricultura, Indústria, Município e Recarga de Aquíferos. In: SANTOS, H. F.; MANCUSO, P. C. S. (org). Reúso de Água. Editora Manole. São Paulo, 2002.

HESPANHOL, Ivanildo. Potencial de reuso de água no Brasil: agricultura, indústria, municípios, recarga de aquíferos. Bahia e Análise de Dados.v 13. n. especial. P.411-437, Salvador, 2003.

HOFFMAN, G.J.; MAAS, E.V.; PRCHARD, J.L.; MEVER, J.L. Salt tolerance of corn in the Sacramento, San Joaquin, Delta of California. **Irrigation Science**. V.4,p.31-44,1983.

HOLANDA, J.S.; AMORIM, J.R.A. Qualidade da água para irrigação In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 26. 1997, Campina Grande. Manejo e controle da salinidade na agricultura irrigada. Campina Grande: UFPB/SBEA, 1997. Cap. 5, p.137-165.

KELLER, J., BLIESNER, R. D. Sprinkle and trickle irrigation. New York: Avibook, 1990. 649p.

LIMA, J.E.F.W.et al. O uso da Irrigação no Brasil. In: AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA. O estado das águas no Brasil. Parte 3 – usuários da água no Brasil. Brasília: ANEEL, 1999.

LIMA, I.L. *Influência do desbaste e da adubação na qualidade da madeira de Eucalyptus grandis Hill ex Maidem*. 2005. 137 f. Tese (Doutorado em Recursos Florestais) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2005

LOBATO, M. B. Sistema de hierarquização de ações de conservação da água em edificações com aplicação do método Electre III. Ambiente Construído, v. 6, n. 1, p. 31-47, jan./mar. 2006.

MACEDO, A. C. Produção de Mudanças em viveiros florestais: espécies nativas. Revisado e ampliado por Paulo Y. Kageyama, Luiz G. S. da Costa.- São Paulo: Fundação Florestal, 1993.

MACHADO, Carlos José Saldanha. Reuso da água doce. Revista Eco 21, Ano XIV, Edição 86, Janeiro 2004.

MANCUSO, Pedro Caetano Sanches et al. Reuso de água. 1ª Edição. Barueri: Editora Manole, 2003.

MARQUELLI, W.Q.; SILVA, W.L.C.; SILVA, H.R. Irrigação por aspersão em hortaliças /qualidade da água, aspectos do sistema e método prático de manejo. Brasília,DF: Embrapa Informações Tecnológicas, 2001.p11.

MELO, J.A.S. Aplicação de águas residuárias no solo como método de tratamento, disposição final e reciclagem de águas usadas. Engenharia Sanitária, Rio de Janeiro, v.17, n.1, p.82-91, jan./mar., 1978.

MILNER, J. Manejo de irrigação e fertirrigação em substratos. In: FURLANI, A.M.C.; BATAGLIA, O.C.; ABREU, M.F.; ABREU, C.A.; FURLANI, P.R.; QUAGGIO, J.A.; MINAMI, K. Caracterização, manejo e qualidade de substratos para produção de plantas. Campinas: IAC, 2002. p. 45-52. (IAC.Documentos, 70).

MINAMI, K. Produção de mudas de alta qualidade em horticultura. São Paulo. T.A. Queiroz, 1995. 135p.

MOURA, V. P. G.; GUIMARÃES, D. P. Produção de mudas de Eucalyptus para o estabelecimento de plantios florestais. Brasília: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2003. (Comunicado Técnico, 85).

POGGIANI, F. Monitoramento ambiental de plantações florestais e áreas naturais adjacentes. In: WORKSHOP SOBRE MONITORAMENTO AMBIENTAL EM ÁREAS FLORESTADAS, 1, PIRACICABA, 1996. Memória. Série Técnica IPEF, v.10, n. 29, p.1-79, 1996.

POGGIANI, F. Características do sistema radicular das árvores de *Eucalyptus grandis* em resposta à aplicação de doses crescentes de biossólido. *Scientia Florestalis*, Piracicaba, v.65, p.207-218, 2004.

RODRIGUES, D.S.; LEONARDO, A.F.G.; NOMURA, E.S.; TACHIBANA, L.; GARCIA, V.A.; CORREA, C.F. Produção de mudas de tomateiro em sistemas flutuantes com adubos químicos e água residuária de viveiros de piscicultura. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.5, n.1, p.32-35, Recife, PE, jan.-mar., 2010.

SCOTT, C.A, FARUQUI, N.I, SALLY, L.R. WASTEWATER USE IN IRRIGATED AGRICULTURE: Confronting the Livelihood and Environmental Realities. CAB International, Wallingford, 193 p. 2004.

SILVA, M.R. da. Efeito do manejo hídrico e da aplicação de potássio na qualidade de mudas de *eucalyptus grandis* W. (Hill ex. Maiden). 2003. 110p. Tese (Doutorado em Irrigação e Drenagem) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita filho”, Botucatu, 2003.

SIMÃO, João Walter, Métodos de Produção de Mudas de *Eucalyptus*. IPEF, n.1, p.101-116, 1970.

VIEIRA, D.B. As Técnicas de Irrigação. 2.ed. São Paulo. Globo, 1995.

CAPÍTULO I

AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA UTILIZADA PARA PRODUÇÃO DE MUDAS DE *EUCALYPTUS*

1. INTRODUÇÃO

De acordo com Ayers e Westcot (1991), a agricultura irrigada depende tanto da quantidade como da qualidade da água. No entanto, o aspecto qualidade tem sido desprezado devido ao fato de que no passado as fontes de água, no geral, eram abundantes, de boa qualidade e de fácil utilização.

Diante da diminuição da oferta de recursos hídricos em quantidade e qualidade, Folegatti et al. (2005) salientam a necessidade de se buscar uma forma de se utilizar este recurso natural com maior racionalidade, por meio do aproveitamento mais eficiente da água.

A utilização de efluentes proveniente de centros urbanos, indústrias ou áreas rurais é potencial para tentar atingir a sustentabilidade. Águas provenientes dos esgotos sanitários são gerados em grandes volumes nos centros urbanos e não possuem destinação apropriada, porém apresentam uma importante função na ordenação dos recursos hídricos. Seu uso racional na irrigação pode otimizar a exploração de fontes de água além de contribuir para a conservação dos corpos d'água (MOTA, 1997).

Pensando na reutilização futura de efluentes, a atividade florestal, por suas peculiaridades, apresenta-se como uma alternativa promissora, principalmente por na maioria das vezes não envolver produção de alimentos para consumo humano e nem riscos à saúde (CROMER, 1980). Além disto, por ser realizada em larga escala tem a potencialidade de consumir um grande volume de efluentes.

No entanto, a sustentabilidade da irrigação de culturas com efluente de esgoto depende, dentre outras coisas, da qualidade microbiológica do efluente, e dependendo da fonte do efluente, contaminantes como os metais pesados e outros componentes tóxicos podem também se acumular no solo. O acúmulo de sódio, cloro ou boro em cultivos sensíveis em altas concentrações desses elementos causa danos às plantas e redução da produtividade (AYERS e WESTCOT, 1991).

Além dos efluentes domésticos, efluentes de atividades zootécnicas apresentam grande possibilidade de uso na irrigação. Heaton et al. (2002)

utilizando água residuária da bovinocultura tratada em lagoa de estabilização, para irrigação de mudas de *Eucalyptus*, observaram, de modo geral, sempre crescimento das mudas, de acordo com a taxa de aplicação da água residuária.

Efeitos significativos da utilização de água residuária são ressaltados em outras culturas, como a do algodão, em trabalhos realizados por Bezerra et al. (2005) e Filho et al. (2005), e a do milho, realizado por Freitas et al. (2004).

Três são os principais aspectos relacionados à composição dos efluentes que, segundo Feigin et al. (1991), constituem em riscos de salinização e sodificação de solos quando utilizados como água na agricultura: (i) a concentração de sais na água pode causar aumento da salinidade do solo; (ii) as concentrações de certos íons podem causar, direta e indiretamente, efeitos tóxicos às plantas, incluindo desequilíbrio nutricional; (iii) as concentrações de certos íons podem resultar na alteração da estrutura do solo e conseqüentemente na redução da permeabilidade.

A finalidade mais importante do controle da salinidade é manter os rendimentos das culturas em níveis aceitáveis. Nem todas as culturas respondem igualmente à salinidade; algumas produzem rendimentos aceitáveis a níveis altos de salinidade e outras são sensíveis a níveis relativamente baixos, cuja diferença se deve à melhor capacidade de adaptação osmótica que algumas culturas têm o que permite absorver, mesmo em condições de salinidade, maior quantidade de água (AYERS e WESTCOT, 1999). Ainda de acordo com o mesmo autor, esta capacidade de adaptação é muito útil e permite a seleção das culturas mais tolerantes e capazes de produzir rendimentos economicamente aceitáveis, quando não se pode manter a salinidade do solo ao nível de tolerância das plantas que se cultivam.

As atividades agrícolas e florestais podem tolerar águas de qualidade inferior, impróprias para a indústria e uso doméstico e é inevitável, portanto, que exista uma crescente tendência para se encontrar, nestas atividades, a solução para os problemas relacionados à eliminação de efluentes. Dessa forma, o uso agrícola e florestal de efluentes deve ser cuidadosamente planejado no sentido de controlar, em longo prazo, os efeitos de salinidade sobre o solo e culturas.

Nesse sentido, objetivou-se, com a realização deste trabalho, avaliar a qualidade e a eficiência do uso do uso da água de três fontes de água, utilizada na subirrigação de mudas de *Eucalyptus*.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. LOCALIZAÇÃO DO EXPERIMENTO

O experimento foi montado em canteiros suspensos à 1,20 m de altura dentro uma casa de vegetação nas dependências do Departamento de Engenharia Florestal do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo, localizado no município de Jerônimo Monteiro-ES, situado na latitude 20°47'25"S e longitude 41°23'48"W, a altitude de 120 metros.

2.2. DESCRIÇÃO DO EXPERIMENTO

O presente experimento foi realizado no período de outubro de 2009 a fevereiro de 2010, sendo utilizadas mudas de *Eucalyptus urophylla* e o híbrido *Eucalyptus grandis* vs. *Eucalyptus urophylla* produzidas em viveiro dentro de tubetes de polipropileno de 50 cm³ de capacidade, preenchidos com substrato constituído de 60% de casca de Pinus decomposta, 15% de vermiculita granulometria fina, 25% de húmus e terra vegetal.

Realizou-se após a sementeira, irrigação por aspersão, durante 40 dias. Após esse período, a irrigação das mudas foi realizada por meio de um sistema de subirrigação adaptado da metodologia de Augusto et al (2007), em que os tubetes permaneceram continuamente dentro de uma bandeja polipropileno, submersos até uma profundidade de 2 cm da sua base. Os tubetes com as mudas permaneceram na bandeja até o término dos experimentos (120dias).

2.3. ÁGUAS UTILIZADAS NO EXPERIMENTO

Utilizaram-se águas originárias de três fontes distintas: a) água de abastecimento público, b) efluente de piscicultura e; c) efluente doméstico

tratado em reator anaeróbio de fluxo ascendente. A água de abastecimento foi proveniente do sistema de abastecimento interno do Departamento de Engenharia Florestal (Jerônimo Monteiro, ES); o efluente da piscicultura foi coletado na saída dos viveiros de criação de tilápias do Instituto Federal do Espírito Santo, Campus de Alegre (IFES); e o efluente proveniente do tratamento de esgoto foi coletado na Estação de Tratamento de Esgotos do Município de Jerônimo Monteiro. Em todas as coletas os efluentes ficaram armazenados em reservatórios com capacidade de 60 L, e a água de abastecimento público era utilizada diretamente de uma torneira próxima ao experimento.

2.4. TRATAMENTO E DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

O delineamento experimental utilizado para montagem do experimento foi inteiramente casualizado no esquema fatorial 5×3×2 (cinco período de avaliação, três padrões de qualidade de água e duas espécies do gênero *Eucalyptus* com três repetições).

2.5. ANÁLISE QUÍMICA DAS ÁGUAS UTILIZADAS NO EXPERIMENTO

Foram coletados uma amostra de 1 litro, diretamente nos pontos de coleta no período em que foram aplicados os tratamentos e a medida em que fosse necessário o reabastecimento dos galões de armazenamento, totalizando cinco amostras de cada padrão. Todas as amostras coletadas foram congeladas e encaminhadas ao laboratório para determinação do pH, condutividade elétrica, nitrogênio amoniacal, fósforo total, potássio, sódio, cálcio, magnésio, ferro, cloretos, enxofre e Razão de Adsorção de Sódio seguindo-se a metodologia de Standard methods for examination, APHA (2005).

2.6. AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA E EFICIÊNCIA DO USO DA ÁGUA

Para avaliar a qualidade das águas utilizadas no experimento tomaram-se por base as diretrizes para interpretação e compreensão dos efeitos da

qualidade das águas apresentadas na Tabela 1, mostrando os graus de restrição para determinado parâmetro de acordo com sua concentração presente na água.

Dessa forma, avaliou-se o efeito da salinidade da águas sobre a disponibilidade de água para as espécies estudadas, o risco de sodificação e infiltração da água no solo, utilizando além da condutividade elétrica, o índice de Razão de Adsorção de Sódio (RAS), obtido por meio da Equação (1):

$$\text{RAS} = \frac{\text{Na}^+}{\sqrt{\frac{\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}}{2}}} \quad \text{Equação (1)}$$

Em que: Ca^{2+} - concentração de cálcio na água de irrigação, em $\text{mmol}_c \text{L}^{-1}$; Mg^{2+} -concentração de magnésio na água de irrigação, em $\text{mmol}_c \text{L}^{-1}$; Na^+ - concentração de sódio na água de irrigação, em $\text{mmol}_c \text{L}^{-1}$.

Foram avaliados também os problemas toxicidade de íons específicos. Além disso, foi avaliado a eficiência do uso da água na produtividade (EUAp) conforme metodologia descrita por Larcher (2000), obtida pela equação (2):

$$\text{EUAp} = \frac{\text{MSTp (g)}}{\text{CTA (mm)}} \quad \text{Equação (2)}$$

Em: MSTp – matéria seca total produzida, em gramas; CTA – consumo total de água, em mm.

2.7. ANÁLISE DOS DADOS

Os resultados obtidos foram analisados levando-se em consideração o potencial da água em criar condições no solo e nas plantas que poderiam restringir seu uso, bem como, a necessidade de se empregarem técnicas de manejo que assegurariam rendimentos aceitáveis de acordo com a capacidade de cada usuário. Por sua vez, a EUAp foi analisada, estatisticamente, ao nível de significância de 5%, por meio de análise de variância, sendo os valores significativos de caráter qualitativo submetidos à teste de média (Teste de tukey), para determinação da relação existente entre os efeitos ocasionados na planta, decorrentes dos diferentes padrões de qualidade de água, aplicada ao longo do período de avaliação.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. CARACTERIZAÇÃO DAS ÁGUAS UTILIZADAS

3.1.1. Salinidade da Água de Irrigação

De acordo com a Tabela 2, observa-se que os valores de condutividade elétrica determinados nas amostras dos diferentes padrões de qualidade de água utilizadas no experimento não apresentaram restrição ao uso por possuírem valores menores que $0,7 \text{ dS m}^{-1}$ (Tabela 1). Dessa forma, de acordo Ayers e Westcot (1999), as três qualidades de água não acarretam problemas de disponibilidade da mesma para as mudas de *Eucalyptus*, quando relacionada apenas com a salinidade.

Tabela 2 – Características químicas médias dos diferentes padrões de qualidade de água utilizadas durante o experimento

Parâmetros Avaliados	Padrões de Qualidade de Água		
	Abastecimento Público	Efluente de Piscicultura	Esgoto Doméstico Tratado
pH	7,41	7,10	7,62
Condutividade elétrica (dS m^{-1})	0,04	0,12	0,51
Potássio (mg L^{-1})	7,42	2,34	14,84
Sódio (mg L^{-1})	2,5	2,1	9,2
Cloretos (mg L^{-1})	2,12	1,24	3,72
Ferro (mg L^{-1})	<0,01	<0,01	<0,01
Fósforo Total (mg L^{-1})	0,2	0,3	185,0
Nitrogênio Amoniacal (mg L^{-1})	3,0	3,0	57,0
Cálcio (mg L^{-1})	52,1	58,1	56,1
Magnésio (mg L^{-1})	2,4	3,6	2,4
Enxofre (mg L^{-1})	0,03	0,04	0,09
Razão de Adsorção de Sódio ($\text{cmol}_c \text{ L}^{-1}$)	0,0918	0,38	1,70

Resultados semelhantes foram constatados por Veronez (2009), que ao irrigar mudas de *Eucalyptus urograndis* com efluente sanitário tratado, obteve resultados satisfatórios, em relação á salinidade da água, pois, apesar da condutividade do efluente ser maior que a da água de abastecimento, este não acarretou prejuízos à produção das mudas de *Eucalyptus* e ainda, o desenvolvimento foi maior, concluindo ser desnecessário a irrigação de *Eucalyptus* com água de abastecimento.

3.1.2. Toxicidade de Íons Específicos: Cloreto e Sódio

De acordo com a Tabela 2, observa-se que a concentração de cloretos obtidos das amostras coletadas em diferentes tipos de água foram 2,12 ; 1,24 e 3,72 mg L⁻¹ para as águas de abastecimento público, piscicultura e efluente doméstico tratado, respectivamente. De acordo com as diretrizes apresentadas na Tabela 1, com esses valores de cloreto, os três tipos de água não apresentam nenhuma restrição para uso na irrigação, não ocasionado portanto, nenhum problema de toxidez às plantas que venham ser irrigadas com eles.

As concentrações de sódio obtidas das amostras coletadas em diferentes tipos de água foram 2,5; 2,1 e 2,9 mg L⁻¹ para água de abastecimento, efluente de piscicultura e efluente doméstico tratado, respectivamente. De modo geral, os três diferentes padrões de água se encontram dentro dos limites normais de águas de irrigação propostos por Ayers e Westcot (1999) que é de 0 a 40 mg L⁻¹ e não apresentam nenhuma restrição para uso na irrigação, não ocasionando, portanto, problemas de toxidez às plantas que venham a ser irrigadas com eles.

Os íons cloreto e sódio, quando presentes em concentrações elevadas na água de irrigação, podem causar sérios danos às culturas, reduzindo a produção destas. Os resultados encontrados neste trabalho são satisfatórios para os três diferentes padrões de qualidade de água e podem ser utilizadas sem riscos de toxidez às plantas.

Resultados diferentes foram encontrados por Lucema (2006), que, ao analisar água de abastecimento e efluente de esgoto, constatou que a água de abastecimento utilizada não apresentou risco de toxidez. No entanto, o efluente de esgoto apresentou risco de toxidez às plantas, além de sodificação do solo

com alteração na estrutura do mesmo e, conseqüente, redução da infiltração de água.

3.1.3. Ferro

O ferro também é um dos principais problemas na água de irrigação, devido a sua capacidade de obstruir fisicamente as tubulações e emissores dos sistemas localizados. Isso ocorre porque o ferro reduzido (Fe^{2+}), e, portanto solúvel, ao atravessar o sistema de filtragem, pode se oxidar, tornando-se insolúvel (Fe^{3+}). Após a oxidação, o ferro fica retido nas paredes do tubo, provocando o aumento nas perdas de carga, comprometendo o projeto de irrigação (Hernandez et al., 2001).

Os valores de concentração de ferro obtidos nas águas de irrigação não variaram de acordo com o tipo de água, estando as três fontes de água utilizadas no experimento com valores menores que $0,01 \text{ mg L}^{-1}$ (Tabela 2). Ayers e Westcot (1999), recomendam que para a água de irrigação, que o valor de ferro não ultrapasse a 5 mg L^{-1} . Sendo assim, com esses valores de concentração de ferro, os três tipos de água não apresentaram nenhuma restrição para uso o na irrigação. Ainda de acordo com esses autores, o ferro não é tóxico às plantas em solos aerados, mas pode contribuir com a perda da disponibilidade do fósforo e do molibdênio, nutrientes essenciais à plantas.

3.1.4. Enxofre e Potássio

Levando em consideração a Tabela 2 observa-se que a concentração de enxofre quantificada nas amostras foram $0,03$; $0,04$ e $0,09 \text{ mg L}^{-1}$ para a água de abastecimento público, água de piscicultura e para o efluente doméstico tratado respectivamente.

Normalmente, o enxofre na água provém da dissolução desse elemento do próprio solo ou mesmo da utilização do sulfato de amônio como fonte de nitrogênio nas aplicações complementares, porém em diversos efluentes, o enxofre apresenta valores variados, contudo, normalmente, não ocasiona problemas às plantas.

De acordo com a Tabela 2, as concentrações de potássio estão acima dos níveis normais para utilizar na irrigação, conforme estabelecido por Ayers e Westcot (1999) que variam de 0 e 2 mg L^{-1} .

É fato que os três tipos de água apresentam-se com níveis de potássio acima do recomendado e apesar do potássio ser é um dos principais macroelementos essenciais para as plantas e é por elas utilizado em grandes quantidades, participando em diversas fases do metabolismo (FERRI et al., 1985) o uso de tais águas deve ser cuidadosamente monitorada para evitar problemas de acúmulo de íons de potássio, ocasionado assim riscos de toxidez ao solo e as plantas.

3.1.5. Fósforo, Nitrogênio Amoniacal e Ph

De acordo com a Tabela 2, as concentrações de fósforo na água de abastecimento e de piscicultura foram, respectivamente, 0,2 mg L⁻¹ e 0,3 mg L⁻¹, estando dentro dos limites propostos para valores normais de águas de irrigação conforme estabelecido por Ayers e Westcot (1999). Para o efluente doméstico tratado a concentração de 185 mg L⁻¹ se encontra acima dos limites estabelecido por Ayers e Westcot (1999).

Os valores de fósforo obtidos no efluente doméstico tratado são superiores aos valores encontrados por Miranda (1995), que observou valor o médio de 9,4 mg L⁻¹ de fósforo total, em efluente doméstico com tratamento secundário. Os valores críticos de fósforo na água de irrigação, segundo Trani (2001), são de 30 mg L⁻¹, contudo observa-se grande disparidade entre as literaturas.

Os valores de nitrogênio amoniacal determinados nas amostras da água de abastecimento e de piscicultura, não diferiram, atingindo 3 mg L⁻¹, estando dentro dos limites recomendados para águas de irrigação, propostos por Ayers e Westcot (1999), que é abaixo de 5 mg L⁻¹ (Tabela 2).

Para o efluente doméstico tratado, a concentração de nitrogênio foi igual a 57 mg L⁻¹, estando acima do recomendado, apresentando assim um severo grau de restrição para uso na irrigação. Para as plantas, o nitrogênio é, ao mesmo tempo, nutriente e estimulante de crescimento. O nitrogênio contido nas águas de irrigação tem o mesmo efeito para as plantas que o nitrogênio aplicado com os fertilizantes, portanto, quantidades acima do recomendado podem aumentar o crescimento vegetativo, retardar a maturação ou provocar colheitas de baixa qualidade (AYERS e WESTCOT, 1999).

De acordo com a Tabela 2, os valores de pH obtidos das amostras coletadas em diferentes tipos de águas variam entre 7,10 e 7,62. Segundo, AYERS e WESTCOT (1999) a faixa normal de pH da água para irrigação é de 6,5 a 8,4. Como os valores não ultrapassaram o estabelecido os três tipos de água estão em condições ideais para a irrigação.

O potencial hidrogeniônico (pH) indica a condição de acidez, alcalinidade ou neutralidade da água (VON SPERLING, 1996). As águas de pH anormal podem criar desequilíbrios de nutrição ou conter íons tóxicos (AYERS e WESTCOT, 1999).

3.2. EFICIÊNCIA DO USO DA ÁGUA NA PRODUTIVIDADE (EUAP)

A análise estatística da eficiência do uso da água na produtividade mostrou que a EUAp foi afetada significativamente pela interação dos fatores qualidade de água x épocas de avaliação. Os dados da EUAp estão apresentados na Tabela 3. Evidencia-se aumento na EUAp somente com o uso do efluente doméstico tratado, sendo o máximo valor encontrado na última avaliação, seguidos da quarta e terceira avaliação.

Tabela 3 – Eficiência do uso da água na produtividade em função das diferentes qualidades de água de irrigação e dos períodos de avaliação

Épocas de Avaliação (dias)	Eficiência do uso da água (g mm ⁻¹)		
	Efluente da Piscicultura	Efluente Doméstico Tratado	Água de Abastecimento
1 ^a (0)	0,01A a	0,01A c	0,01A a
2 ^a (20)	0,01A a	0,01A c	0,01A a
3 ^a (40)	0,01A a	0,02A c	0,01A a
4 ^a (60)	0,01B a	0,04A b	0,01B a
5 ^a (80)	0,01B a	0,06A a	0,01B a

Médias seguidas pela mesma letra minúsculas em colunas e maiúsculas em linhas, não diferem entre si, em nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Analisando a EUAp dentro dos padrões de água utilizados, observa-se que somente o uso do esgoto doméstico tratado a partir da 4^a e 5^a avaliação apresentaram maiores valores. Tal fato pode ter ocorrido devido à presença de

grande quantidade de matéria orgânica e nutrientes presentes no esgoto doméstico tratado.

Observando os valores da EUAp dentro de cada avaliação nota-se que a utilização do efluente da piscicultura, bem como, da água de abastecimento não apresentaram diferenças significativas. Por sua vez com a utilização do esgoto doméstico tratado as mudas apresentaram valores crescentes de EUAp ao longo do período experimental, os quais foram retratados a partir da 4ª avaliação.

Os valores crescentes da EUAp indicam as espécies irrigadas com o efluente doméstico tratado, utilizaram com mais eficiência a água, ou seja, produziram maior quantidade de matéria seca em virtude da menor disponibilidade de água. EUAp relaciona a produção de biomassa pela quantidade de água aplicada ou evapotranspirada. Nesse sentido, os resultados obtidos com o uso de efluente doméstico retratam na maior eficiência das mudas de *Eucalyptus* em produzir biomassa quando comparadas com a água de abastecimento e efluente da piscicultura.

Os valores obtidos em cada tratamento traduzem a importância do manejo correto da cultura para que se tenha uma máxima produção por unidade de água aplicada.

4. CONCLUSÕES

- a) Nenhuma das águas com diferentes padrões de qualidades apresentaram restrição de uso quanto à salinidade e em relação à toxicidade por cloreto e sódio. Também não ocorreu excesso de ferro e enxofre nos diferentes padrões de qualidade de água. Além disso, o valor de pH foi considerado normal para os diferentes tipos de qualidade de água.
- b) Os valores de fósforo e nitrogênio amoniacal apresentaram como normais para água de abastecimento público e para o efluente da piscicultura. Para o efluente doméstico tratado, os níveis estão acima dos valores normais para fins de irrigação.
- c) As plantas irrigadas com efluente doméstico apresentou uma maior eficiência do uso da água, devido à maior produção de biomassa.

CAPÍTULO II

CRESCIMENTO DE DUAS ESPÉCIES DE *Eucalyptus* IRRIGADAS COM ÁGUA DE DIFERENTES PADRÕES DE QUALIDADE

1. INTRODUÇÃO

A produção de mudas de espécies florestais em viveiros, deve-se ao fato da necessidade de manejo especial na fase inicial de desenvolvimento, de maneira a obter uma maior uniformização de crescimento, tanto da parte aérea quanto do sistema radicial promovendo assim a formação de plantas que, após o plantio no campo, as permitam resistirem às condições adversas do meio (GOMES, 2001).

A qualidade das mudas é resultado da soma de fatores genéticos e dos procedimentos de manejo do viveiro, sendo fator determinante para a obtenção de povoamentos de alta produtividade. Pode ser expressa por características morfológicas, fisiológicas e nutricionais (SILVA, 1998).

Na classificação morfológica são consideradas a altura da parte aérea, o diâmetro do colo, a relação entre o diâmetro do colo e a altura da parte aérea, a relação entre a parte aérea/raiz, o à massa seca e verde, massa seca das partes aérea e raiz e rigidez da haste (CARNEIRO, 1995).

Os parâmetros morfológicos e os índices, resultantes da relação entre o crescimento e o ambiente, podem ser utilizados isoladamente ou em conjunto, para a classificação das mudas segundo um padrão de qualidade estabelecido desde que essas sejam produzidas em condições ambientais semelhantes (FONSECA, 2000).

Vários conceitos e técnicas de análise de crescimento são encontrados na literatura, para o estudo dos efeitos ambientais sobre o crescimento das plantas. Dessa forma, a interferência do ambiente na produção de mudas pode ser evidenciada pelas alterações no crescimento. A análise de crescimento é um meio prático e preciso, para avaliar o crescimento e inferir sobre a contribuição de diferentes processos fisiológicos no comportamento das espécies (BENINCASA, 2003).

Augusto et al. (2007), trabalhando com produção de mudas de *Eucalyptus grandis* com uso de águas residuárias em um sistema de subirrigação contínua, concluíram que águas residuárias provenientes de sistemas biológicos de tratamento de esgotos podem ser utilizadas na

fertirrigação de mudas para a produção de *Eucalyptus grandis*, pois todas as plantas sobreviveram no viveiro, sem deficiência ou toxidez de nutrientes.

Do exposto, o presente trabalho teve como objetivo avaliar o crescimento de mudas de duas espécies de *Eucalyptus* subirrigadas com três padrões de qualidade da água.

2. MATERIAL E MÉTODOS

As características da área experimental, descrição do experimento, água de irrigação, tratamentos e delineamento experimental estão descritas no Capítulo 1.

Para avaliar o crescimento das mudas das duas espécies de *Eucalyptus* nos períodos estabelecidos (de 20 em 20 dias), foram inseridas 10 mudas em cada bandeja (para cada padrão de qualidade de água) com três repetições. Retiraram-se 2 mudas a cada 20 dias. Depois de retiradas dos tubetes e lavadas foram encaminhadas para laboratório onde foi determinada a altura das plantas por meio de uma régua graduada, o diâmetro do coleto com o auxílio de um paquímetro digital e a área foliar por amostragem, na forma de discos de área conhecida, sendo, a área foliar igual à relação entre o peso total das folhas e peso dos discos multiplicada pela área dos discos (cm²).

Após a determinação da altura e diâmetro do coleto, as plantas foram colocadas em estufa com circulação forçada a 60°C por 72 horas. Transcorrido esse período pesou-se o material seco em balança de precisão obtendo-se massa seca total, da parte aérea e das raízes.

De posse dos resultados da matéria seca foi realizada uma análise de crescimento conforme metodologia descrita por Benincasa (2003) onde foram determinadas a razão de área foliar (RAF), área foliar específica (AFE), razão de peso da folha (RPF), taxas de crescimento absoluto (TCA), relativo (TCR) e assimilação líquida (TAL). Determinou-se também a relação altura da parte aérea/diâmetro de colo (RAD) realizadas segundo metodologia proposta por Carneiro (1995) e relação parte aérea/raiz (RPR) e Índice de qualidade de Dickson (IQD) realizada de acordo com metodologia descrita por Dickson et al

(1960). Para as determinações descritas, foram empregadas as seguintes equações:

$$RAF = \frac{AF}{MS_{Total}} \quad \text{Equação (3)}$$

Em que:

RAF = razão de área foliar, $\text{cm}^2 \text{g}^{-1}$;

AF = área foliar, cm^2 ; e

MS Total = massa seca Total

$$AFE = \frac{AF}{MS_{folha}} \quad \text{Equação (4)}$$

Em que: AFE = área foliar específica, $\text{cm}^2 \text{g}^{-1}$

MSfolha = Massa seca da folha, g

$$RPF = \frac{MS_{folha}}{MS_{total}} \quad \text{Equação (5)}$$

Em que: RPF = razão de peso da folha, adimensional

MSfolha = massa seca da folha, g

MStotal = massa seca total, g

$$TCA = \frac{MS_f - MS_i}{t} \quad \text{Equação (6)}$$

Em que: Onde TCA = taxa de crescimento absoluto, g dia^{-1}

MSf = massa seca final, g

MSi = massa seca inicial, g

t = tempo, dia

$$TCR = \frac{\ln(MS_f) - \ln(MS_i)}{t} \text{ g g}^{-1} \text{ dia}^{-1} \quad \text{Equação (7)}$$

Em que: Onde TCR = taxa de crescimento relativo $\text{g g}^{-1} \text{ dia}$

$$TAL = \frac{TCR}{RAF} \quad \text{Equação (8)}$$

Em que: TAL = taxa de assimilação líquida, $\text{g cm}^{-2} \text{ dia}$

TCR = taxa de crescimento relativo, $\text{g g}^{-1} \text{ dia}$

RAF = razão de área foliar, $\text{cm}^2 \text{g}^{-1}$

$$\text{RAD} = \frac{H}{D} \quad \text{Equação (9)}$$

Em que: RAD = relação altura da parte aérea/diâmetro de colo, adimensional;

H = altura, cm

D = diâmetro, cm

$$\text{RPA/R} = \frac{\text{MSPA}}{\text{MSR}} \quad \text{g g}^{-1} \quad \text{Equação (10)}$$

Em que: RPA/R = relação parte aérea/raiz, adimensional

Onde MSPA = massa seca da parte aérea, g

MSR = massa seca de raiz, g

$$\text{IQD} = \frac{\text{MST}}{\frac{\text{ALT}}{\text{DIAM}} + \frac{\text{MSPA}}{\text{MSR}}} \quad \text{Equação (11)}$$

Em que IQD = Índice de qualidade de Dickson, (g)

MST = massa seca total, g

ALT = altura da parte aérea, mm

MSPA = massa seca da parte aérea, g

DIAM = diâmetro de coleto, mm

MSR = massa seca de raiz, g

Os resultados obtidos foram analisados, estatisticamente, ao nível de significância de 5%, por meio de análise de variância, sendo os valores significativos de caráter qualitativo submetidos a teste de média, para determinação da relação existente entre os efeitos ocasionados na planta, decorrentes dos diferentes padrões de qualidade de água, aplicada ao longo do período de avaliação.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1. ALTURA DA PARTE AÉREA E DIÂMETRO DO COLETO

O desenvolvimento em altura e em diâmetro das mudas de *Eucalyptus* apresentaram diferenças significativas pela interação dos fatores qualidade de água x épocas de avaliação e pelo fator espécie (Tabela 1B em anexo).

Em relação ao fator espécie, descrito na Tabela 4, observa-se que os valores médios da altura da parte aérea, diâmetro de coleto e a relação parte aérea/raiz, foram superiores na espécie *Eucalyptus urophylla*. Esse fato ocorreu provavelmente porque essas mudas responderam melhor ao processo de subirrigação.

Tabela 4 - Valores médios de duas espécies de *Eucalyptus* irrigadas com diferentes padrões de qualidade de água

Característica	<i>Eucalyptus urograndis</i>	<i>Eucalyptus urophylla</i>
Altura parte aérea (cm)	22,33 b	25,40 a
Diâmetro de Coleto (cm)	1,63 b	1,91 a
Área Foliar (cm)	55,51 a	60,34 a
Massa seca parte aérea (g)	0,64 a	0,95 a
Massa seca raiz (g)	0,36 a	0,42 a
Massa seca total (g)	1,01 a	1,37 a
Razão de área foliar (cm ² g ⁻¹)	1,07 a	1,09 a
Área Foliar Específica (cm ² g ⁻¹)	1,75 a	1,68 a
Relação Parte Aérea/Raiz	1,67 a	2,06 a
Taxa de crescimento absoluto (g dia)	- 0,43 a	0,02 a
Taxa de crescimento relativo (g g ⁻¹ dia)	- 0,37 a	- 0,51 a
Taxa de assimilação líquida (g cm ⁻² dia)	0,75 a	- 0,69 a
Relação altura/diâmetro	14,04 a	14,00 a
Índice de Qualidade de Dickson (g)	0,06 a	0,09 a

Observa-se na Tabela 5 que a altura média das mudas de *Eucalyptus* diferenciou-se dentro das épocas de avaliação, somente quando irrigadas com

esgoto doméstico tratado. Nota-se que a partir da avaliação feita aos 40 dias, a altura média das mudas atingiu os maiores valores, seguido da 2ª e 1ª avaliação.

Observando na Tabela 5 os valores médios da altura das mudas de *Eucalyptus* entre os tratamentos, nota-se que a partir da 2ª avaliação, as mudas irrigadas com esgoto doméstico tratado apresentaram valores médios superiores à aquelas irrigadas com efluente da piscicultura e água de abastecimento. A superioridade do tratamento com esgoto doméstico tratado, resultando em incrementos em altura para as mudas, pode ser atribuída a valores superiores de potássio, fósforo total e nitrogênio amoniacal (Tabela 2). Além disso, a falta de adubação nos tratamentos pode ter influenciado no crescimento das mudas irrigadas resultando no baixo crescimento em altura para as mudas irrigadas com água de abastecimento e de piscicultura.

Tabela 5 – Valores médios da altura (cm) da parte aérea de mudas de *Eucalyptus* ao longo dos períodos de avaliações produzidas com diferentes qualidades de águas de irrigação

Épocas de Avaliação (dias)	Padrões de Qualidade da Água de Irrigação		
	Efluente da Piscicultura	Efluente Doméstico Tratado	Água de Abastecimento
1ª (0)	18,82 A a	18,19 A c	18,72 A a
2ª (20)	20,24 B a	25,61 A b	21,14 B a
3ª (40)	20,95 B a	31,72 A a	21,59 B a
4ª (60)	21,93 B a	34,59 A a	22,75 B a
5ª (80)	23,03 B a	36,42 A a	22,35 B a

Médias seguidas pela mesma letra minúsculas em colunas e maiúsculas em linhas, não diferem entre si, a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Conforme os critérios de Gomes et al. (1996), que estabeleceram valores de 15 a 30 cm para altura média de mudas de *Eucalyptus* para plantio, nesta pesquisa foi verificado que o efluente doméstico possibilitou às plantas altura média superiores aos estabelecido já na terceira avaliação.

Segundo Mexal e Ands (1990), a altura da parte aérea das mudas fornece uma excelente estimativa da predição do crescimento inicial no campo, sendo tecnicamente aceita como uma boa medida do potencial de desempenho das mudas. Gomes et al. (2002) citam que a altura da parte

aérea, quando avaliada isoladamente, é um parâmetro para expressar a qualidade das mudas, contudo, recomendam que os valores devem ser analisados combinados com outros parâmetros tais como: diâmetro do coleto, peso, relação peso das raízes/peso da parte aérea.

É sabido que a altura da parte aérea é de fácil medição e, portanto, sempre foi utilizada com eficiência para estimar o padrão de qualidade de mudas nos viveiros (GOMES, 1978, GOMES et al., 2001; CALDEIRA et al., 2000a; 2000b), sendo considerada também como um dos mais importantes parâmetros para estimar o crescimento no campo (MEXAL e LANDS, 1990; REIS et al., 1991), além do que sua medição não acarreta a destruição delas, sendo tecnicamente aceita como uma boa medida do potencial de desempenho das mudas (MEXAL e LANDS, 1990).

Nesse sentido, de acordo com Carneiro (1995), a altura da parte aérea combinada com o diâmetro do coleto constitui um dos mais importantes parâmetros morfológicos para estimar o crescimento das mudas após o plantio definitivo no campo.

O diâmetro do coleto é facilmente mensurável, não sendo um método destrutivo, considerado por muitos pesquisadores um dos mais importantes parâmetros para estimar a sobrevivência logo após o plantio de mudas de diferentes espécies florestais (GOMES et al., 2002). Daniel et al. (1997) comentam também que o diâmetro do coleto, em geral, é o mais observado para indicar a capacidade de sobrevivência das mudas no campo e pode auxiliar na definição das doses de fertilizantes a serem aplicadas na produção de mudas.

Em relação ao diâmetro do coleto das mudas de *Eucalyptus* o mesmo foi afetado significativamente (Tabela 1B em anexo) pela interação dos fatores qualidade de água x épocas de avaliação e pelo fator espécie.

Os valores médios do diâmetro do coleto das mudas de *Eucalyptus* (Tabela 6) diferenciou-se dentro das épocas de avaliação, somente quando irrigadas com esgoto doméstico tratado. Nota-se que o efluente da piscicultura e a água de abastecimento não diferiram dentro das épocas de avaliações.

Para o efluente doméstico, as maiores médias encontram-se na última avaliação (5^o), seguida da 3^o e 4^o que não diferiram, sendo estas superiores as 1^o e 2^o avaliações, que por sua vez não diferiram.

Tabela 6 – Valores médios do diâmetro do coleto (mm) de mudas de *Eucalyptus* ao longo dos períodos de avaliações produzidas com diferentes qualidades de águas de irrigação

Épocas de Avaliação (dias)	Padrões de Qualidade da água de Irrigação		
	Efluente da Piscicultura	Efluente Doméstico Tratado	Água de Abastecimento
1ª (0)	1,22 A a	1,31 A c	1,29 A a
2ª (20)	1,38 A a	1,67 A c	1,41 A a
3ª (40)	1,53 B a	2,70 A b	1,76 B a
4ª (60)	1,47 B a	2,75 A b	1,68 B a
5ª (80)	1,47 B a	3,45 A a	1,52 B a

Médias seguidas pela mesma letra minúsculas em colunas e maiúsculas em linhas, não diferem entre si, a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey

Analisando a Tabela 6, os valores médios do diâmetro do coleto das mudas de *Eucalyptus* dentro dos padrões de qualidade de água, nota-se que a partir da 3ª avaliação, as mudas irrigadas com esgoto doméstico tratado apresentaram valores médios superiores a aquelas irrigadas com efluente da piscicultura e água de abastecimento, que não diferiram entre si.

Conforme os critérios de Gomes et al. (1996), que estabeleceram para diâmetro médio de mudas de *Eucalyptus* para o plantio, o mínimo de 2 mm, nessa pesquisa, foi obtido este valor, apenas nos tratamentos irrigados com efluente doméstico. Para as mudas irrigadas com a água de abastecimento e com o efluente da piscicultura, não foi possível atingir o valor mínimo estabelecido, em nenhuma das épocas de avaliação. Tal fato pode ser atribuído à ausência de adubação nos tratamentos com água de abastecimento e água de piscicultura. No entanto, mesmo sem adubação, as mudas irrigadas com esgoto doméstico tratado apresentaram valores de diâmetros superiores, devido à presença de grande quantidade de nutrientes como potássio, fósforo total e nitrogênio amoniacal (Tabela 2).

Desta forma, considerando apenas o diâmetro, pode-se inferir que as mudas de *Eucalyptus* irrigadas com efluente da piscicultura e água de abastecimento, não estariam aptas para irem a campo ao final do experimento.

Resultados semelhantes foram verificados por Araújo et al. (2007), em que pode constatar que as mudas de ipê-roxo (*Tabebuia impetiginosa*) irrigadas com efluente doméstico apresentaram desenvolvimento superior as mudas irrigadas com água de abastecimento, e o desenvolvimento do diâmetro do coleto coincide com o desenvolvimento ocorrido na altura dessas mudas.

Neto et al. (2009) encontraram resultados semelhantes para o crescimento do coleto do *Eucalyptus grandis* irrigado com água residuária da indústria de refino de óleo vegetal. Pelissari et al. (2009) utilizando água residuária da suinocultura também obteve resultados satisfatórios na produção de mudas de *Eucalyptus grandis*.

3.2. ÁREA FOLIAR

A área foliar das mudas de *Eucalyptus* foi afetada significativamente (Tabela 1B em anexo) pela interação dos fatores espécie x épocas de avaliação e qualidade da água.

Em relação ao fator espécie x épocas de avaliação, de maneira geral as duas espécies se comportaram de maneira semelhante. De acordo com a Tabela 7, observa-se que o incremento da área foliar foi proporcional ao período das avaliações. A espécie *Eucalyptus urophylla* atingiu as maiores médias a partir da 3ª avaliação, permanecendo constante até a última avaliação. Já para a espécie *Eucalyptus urograndis*, as maiores médias foram atingidas apenas na 4ª avaliação permanecendo constante na última avaliação.

Tabela 7 – Valores médios da área foliar (cm²) de duas espécies de mudas de *Eucalyptus* ao longo dos períodos de avaliações

Épocas de Avaliação (dias)	Espécies	
	<i>Eucalyptus urograndis</i>	<i>Eucalyptus urophylla</i>
1 ^a (0)	20,31A d	38,32A c
2 ^a (20)	35,79A c	41,64A b
3 ^a (40)	55,99B b	94,22A a
4 ^a (60)	83,55A a	82,82A a
5 ^a (80)	81,94A a	84,68A a

Médias seguidas pela mesma letra minúsculas em colunas e maiúsculas em linhas, não diferem entre si, em nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey

Os valores da área foliar das mudas de *Eucalyptus* diferenciaram-se dentro das épocas de avaliação e entre os padrões de qualidade da água utilizados (Tabela 8), somente quando irrigadas com esgoto doméstico tratado. É possível observar que, a área foliar das mudas irrigadas com esgoto doméstico tratado, atingiu as maiores médias a partir da 3^a avaliação, permanecendo constante na 4^a e 5^a avaliação.

Tabela 8 – Valores médios da área foliar (cm²) de mudas de *Eucalyptus* ao longo dos períodos de avaliações produzidas com diferentes padrões de qualidades de águas de irrigação

Épocas de Avaliação (dias)	Padrões de Qualidade da água de Irrigação		
	Efluente da Piscicultura	Efluente Doméstico Tratado	Água de Abastecimento
1 ^a (0)	25,37 A a	33,05 A b	29,52 A a
2 ^a (20)	29,86 A a	58,83 A b	27,46 A a
3 ^o (40)	29,81 B a	163,64 A a	31,87 B a
4 ^o (60)	28,68 B a	184,69 A a	36,19 B a
5 ^o (80)	27,91 B a	131,09 A a	30,91 B a

Médias seguidas pela mesma letra minúsculas em colunas e maiúsculas em linhas, não diferem entre si, em nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey

O aumento da área foliar das plantas subirrigadas com esgoto doméstico tratado pode estar relacionada ao aporte de fósforo e nitrogênio oriundo do próprio efluente (Tabela 2) os quais são altamente requeridos nos estágios iniciais de desenvolvimento de mudas de *Eucalyptus*. (Novais et al.,

1980), o que resultou em um maior alongamento celular e conseqüentemente, maior expansão foliar. Segundo Sousa et al. (1998), águas residuárias, quando utilizadas na irrigação de culturas, tem o mesmo efeito do nitrogênio aplicado na forma de fertilizante.

Estudos relacionando o crescimento de espécies lenhosas com uso de efluentes são escassos na literatura, no entanto são vastos trabalhos com outras espécies, dentre as quais destacam-se trabalhos com culturas oleaginosas (Xavier, 2007) e fibrosas (Fideles Filho et al., 2005; Alves et al, 2009).

3.3. MATÉRIA SECA TOTAL, DA PARTE AÉREA E DAS RAÍZES

No que se refere a matéria seca total, massa seca da parte aérea, e massa seca das raízes das mudas de *Eucalyptus* foram afetadas significativamente (Tabela 2B em anexo) pela interação dos fatores qualidade de água x épocas de avaliação.

Os valores médios da massa seca total das mudas de *Eucalyptus* dentro dos padrões de qualidade de água utilizados no experimento são descritos na Tabela 9. Nota-se que a partir da 4ª avaliação, as mudas irrigadas com esgoto doméstico tratado apresentaram valores médios superiores aquelas irrigadas com efluente da piscicultura e água de abastecimento, que não diferiram entre si.

De acordo com a Tabela 9, Observa-se que a matéria seca total das mudas de *Eucalyptus* diferenciaram-se dentro das épocas de avaliação, somente quando irrigadas com esgoto doméstico tratado. Nota-se que as maiores médias foram encontrados na última avaliação.

Tabela 9 – Valores médios da matéria seca total (g) de mudas de *Eucalyptus* ao longo dos períodos de avaliações produzidas com diferentes qualidades de águas de irrigação

Épocas de Avaliação (dias)	Padrões de Qualidade da água de Irrigação		
	Efluente da Piscicultura	Efluente Doméstico Tratado	Água de Abastecimento
1ª (0)	0,46 A a	0,44 A d	0,44 A a
2ª (20)	0,50 A a	0,78 A d	0,58 A a
3ª (40)	0,63 A a	2,00 A c	0,72 A a
4ª (60)	0,76 B a	3,24 A b	0,84 B a
5ª (80)	0,80 B a	4,68 A a	0,93 B a

Médias seguidas pela mesma letra minúsculas em colunas e maiúsculas em linhas, não diferem entre si, em nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

O aumento do acúmulo de matéria total das plantas subirrigadas com esgoto doméstico tratado pode estar relacionada ao aporte de fósforo, potássio e nitrogênio oriundo do próprio efluente (Tabela 2), ou seja, plantas com maiores valores de área foliar proporcionam maiores taxas fotossintéticas e conseqüentemente maiores acúmulos de matéria seca, pois de acordo com Benincassa (2003), em média cerca de 90% da matéria seca acumulada pelas plantas, ao longo do seu crescimento, resultam de atividade fotossintética.

A massa seca da parte aérea das mudas de *Eucalyptus* diferenciaram-se dentro das épocas de avaliação, somente quando irrigadas com esgoto doméstico tratado. Observa-se que os valores foram crescentes dentro das avaliações e os maiores resultados encontrados na última avaliação (Tabela 10).

Tabela 10 – Valores médios da massa seca da parte aérea (g) de mudas de *Eucalyptus* ao longo dos períodos de avaliações produzidas com diferentes qualidades de águas de irrigação

Épocas de Avaliação (dias)	Padrões de Qualidade da água de Irrigação		
	Efluente da Piscicultura	Efluente Doméstico Tratado	Água de Abastecimento
1ª (0)	0,26 A a	0,27 A d	0,29 A a
2ª (20)	0,35 A a	0,56 A d	0,36 A a
3ª (40)	0,38 A a	1,38 A c	0,43 A a
4ª (60)	0,47 B a	2,28 A b	0,51 B a
5ª (80)	0,46 B a	3,41 A a	0,50 B a

Médias seguidas pela mesma letra minúsculas em colunas e maiúsculas em linhas, não diferem entre si, em nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey

Observando-se os valores médios da massa seca da parte aérea das mudas de *Eucalyptus* dentro dos padrões de qualidades das águas de irrigação, nota-se que a partir da 4ª avaliação, as mudas irrigadas com esgoto doméstico tratado apresentaram valores médios superiores a aquelas irrigadas com efluente da piscicultura e água de abastecimento, que por sua vez, não diferiram entre si.

Os valores médios da matéria seca da raiz das mudas de *Eucalyptus* dentro dos padrões de qualidade de água estão apresentados na Tabela 11. A massa seca das raízes das mudas de *Eucalyptus* diferenciaram-se dentro das épocas de avaliação, somente quando irrigadas com esgoto doméstico tratado e água de abastecimento.

Verifica-se, portanto, que de acordo com as variáveis avaliadas, o crescimento da matéria seca da raiz, irrigada com água de abastecimento não sofreu quaisquer detrimento em virtude da ausência dos adubos, estatisticamente não houve diferença entre as mudas irrigadas com água de abastecimento e com efluente doméstico tratado, tal fato pode ter ocorrido, provavelmente devido ao sistema de subirrigação, que favoreceu o aumento das raízes.

Tabela 11 - Valores médios da massa seca da raiz (g) de mudas de *Eucalyptus* ao longo dos períodos de avaliações produzidas com diferentes qualidades de águas de irrigação

Épocas de Avaliação (dias)	Padrões de Qualidade da água de Irrigação		
	Efluente da Piscicultura	Efluente Doméstico Tratado	Água de Abastecimento
1ª (0)	0,20 A a	0,17 A d	0,15 A d
2ª (20)	0,15 A a	0,23 A d	0,21 A d
3ª (40)	0,25 B a	0,62 A c	0,29 B c
4ª (60)	0,29 B a	0,96 A b	0,34 B b
5ª (80)	0,34 B a	1,27 A a	0,43 B a

Médias seguidas pela mesma letra minúsculas em colunas e maiúsculas em linhas, não diferem entre si, em nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey

Assim como retratado na área foliar, na altura da parte aérea e no diâmetro do colo, o aumento do acúmulo de matéria seca aérea e raiz das plantas subirrigadas com esgoto doméstico tratado pode estar relacionada ao aporte de fósforo, potássio e nitrogênio oriundo do próprio efluente (Tabela 2), ou seja, plantas com maiores valores de área foliar proporcionam maiores taxas fotossintéticas e conseqüentemente maiores acúmulos de matéria seca, pois de acordo com Benincassa (2003), em média cerca de 90% da matéria seca acumulada pelas plantas, ao longo do seu crescimento, resultam de atividade fotossintética.

Os resultados de matéria seca obtidos no presente estudo coincidem com aqueles apresentados por Silva (2006), que observou em plantações de *Eucalyptus* de três anos de idade, plantas com maior acúmulo de matéria seca causado pela maior disponibilidade de água (via irrigação) e nutrientes (via fertirrigação).

Augusto et al. (2003) verificaram que a aplicação de águas residuárias na fertirrigação de mudas de espécies florestais (*Croton floribundus* Spreng. (capixingui) e *Copaifera langsdorffii* Desf. (copaíba) em viveiros favoreceu o acúmulo da matéria seca, tanto para a parte aérea, quanto para o sistema radicular.

3.4. RAZÃO DE ÁREA FOLIAR (RAF) E ÁREA FOLIAR ESPECÍFICA (AFE)

A razão de área foliar das mudas de *Eucalyptus* foi afetada significativamente (Tabela 3B em anexo) pela interação dos fatores qualidade de água x épocas de avaliação.

A razão de área foliar das mudas de *Eucalyptus* diferenciou-se dentro das épocas de avaliação, somente quando irrigadas com efluente doméstico tratado. Nesse sentido, nota-se que os maiores valores da razão de área foliar foram obtidos na 2ª, 3ª e 4ª avaliações (Tabela 12).

Tabela 12 - Valores médios da Razão de área foliar ($\text{cm}^2 \text{g}^{-1}$) de mudas de *Eucalyptus* ao longo dos períodos de avaliações produzidas com diferentes qualidades de águas de irrigação

Épocas de Avaliação (dias)	Padrões de Qualidade da água de Irrigação		
	Efluente da Piscicultura	Efluente Doméstico Tratado	Água de Abastecimento
1ª (0)	0,94 A a	1,09 A b	1,07 A a
2ª (20)	1,12 A a	1,41 A a	0,91 A a
3ª (40)	0,94 B a	1,61 A a	0,87 B a
4ª (60)	0,90 B a	1,41 A a	1,02 B a
5ª (80)	0,99 A a	1,01 A b	0,96 A a

Médias seguidas pela mesma letra minúsculas em colunas e maiúsculas em linhas, não diferem entre si, em nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey

O fato de ter ocorrido a diminuição da razão de área foliar na última avaliação pode ser pelo fato que a Razão de Área Foliar declina à medida que a planta cresce, o que é perfeitamente compreensível, pois com o crescimento, aumenta a interferência de folhas superiores sobre as folhas inferiores (auto-sombreamento), e a tendência é a área foliar útil diminuir, a partir de uma certa fase.

A razão de área foliar expressa a área foliar útil utilizada no processo fotossintético a qual relaciona a área foliar (responsável pela interceptação de energia luminosa e CO_2) e matéria seca total (resultado da fotossíntese), logo, seu resultado expressa o quantitativo de área foliar utilizada pela planta para produzir um grama de matéria seca.

A área foliar específica das mudas de *Eucalyptus* foi afetada significativamente (Tabela 2B em anexo) pela interação dos fatores qualidade de água x épocas de avaliação

De acordo com a Tabela 13, observa-se que a área foliar específica das mudas de *Eucalyptus* diferenciou-se dentro das épocas de avaliação, somente quando irrigadas com esgoto doméstico tratado atingindo a partir da 3ª avaliação os maiores valores.

Os valores médios da área foliar específica das mudas de *Eucalyptus* dentro dos padrões de qualidade das águas são descritos na Tabela 13, nota-se que entre a 2ª, 3ª e 4ª avaliação, as mudas irrigadas com esgoto doméstico tratado apresentaram valores médios superiores àquelas irrigadas com efluente da piscicultura e água de abastecimento, que não diferiram entre si. No entanto, na última avaliação, todos os padrões de qualidade de água utilizados não diferiram entre si, com relação à área foliar específica.

Tabela 13 – Valores médios de área foliar específica ($\text{cm}^2 \text{g}^{-1}$) de mudas de *Eucalyptus* ao longo dos períodos de avaliações produzidas com diferentes qualidades de águas de irrigação.

Épocas de Avaliação (dias)	Qualidade da água de Irrigação		
	Efluente da Piscicultura	Efluente Doméstico Tratado	Água de Abastecimento
1ª (0)	1,66 A a	1,81 A b	1,62 A a
2ª (20)	1,62 B a	1,97 A b	1,44 B a
3ª (40)	1,56 B a	2,34 A a	1,47 B a
4ª (60)	1,46 B a	2,03 A a	1,71 B a
5ª (80)	1,73 A a	2,55 A a	1,78 A a

Médias seguidas pela mesma letra minúsculas em colunas e maiúsculas em linhas, não diferem entre si, em nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey

A Área Foliar Específica é o componente morfológico e anatômico da Razão de área foliar, porque relaciona a superfície com o peso de matéria da própria folha. A superfície é o componente morfológico e o peso é o componente anatômico, pois está relacionado à composição interna (BENINCASA, 2003).

Para Franco et al. (2005) a área foliar específica é uma característica ecofisiológica importante, pois integra vários aspectos relacionados à estrutura e fisiologia da folha em resposta às variações do meio ambiente como a disponibilidade de água e de nutrientes. Ela está relacionada à alocação de biomassa por unidade de área e à longevidade foliar.

Diante do exposto podemos inferir que a Área Foliar Específica de mudas de *Eucalyptus* irrigadas com efluente doméstico tratado apresentou os melhores índices devido à grande quantidade de nutrientes presentes no efluente.

3.5. RAZÃO DE PESO DA FOLHA (RPF)

A Razão de peso da folha das mudas de *Eucalyptus* foi afetada significativamente (Tabela 3B em anexo) pela interação dos fatores qualidade de água x épocas de avaliação e pelo fator espécie.

A razão de peso da folha das mudas de *Eucalyptus* diferenciaram-se dentro das épocas de avaliação, somente quando irrigadas com água de abastecimento. Nota-se que a partir da 2^a avaliação, a razão de peso da folha das mudas atingiu os menores valores (Tabela 14).

Considerando que as folhas são os centros de produção de matéria seca e que o resto da planta depende da exportação de material da folha, a Razão de peso da folha expressa a fração de matéria seca não exportada das folhas para o resto da planta. A maior ou menor exportação de material da folha pode ser uma característica genética a qual está sob a influência de variáveis ambientais (BENINCASA, 2003).

Tabela 14 – Valores médios da Razão do peso da folha (g) de mudas de *Eucalyptus* ao longo dos períodos de avaliações produzidas com diferentes qualidades de águas de irrigação

Épocas de Avaliação (dias)	Qualidade da água de Irrigação		
	Efluente da Piscicultura	Efluente Doméstico Tratado	Água de Abastecimento
1ª (0)	1,58 A a	1,76 A a	2,44 A a
2ª (20)	2,41 A a	2,47 A a	1,74 A b
3ª (40)	1,54 A a	2,29 A a	1,46 A b
4ª (60)	1,67 A a	2,32 A a	1,53 A b
5ª (80)	1,36 B a	2,36 A a	1,21 B b

Médias seguidas pela mesma letra minúsculas em colunas e maiúsculas em linhas, não diferem entre si, em nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

De acordo com a Tabela 14, nas quatro primeiras avaliações, os tratamentos não diferiram entre si. Observa-se ainda que as mudas irrigadas com esgoto doméstico tratado apresentaram valores médios superiores a aquelas irrigadas com efluente da piscicultura e água de abastecimento. Esse aumento indica maior alocação de fitomassa para as folhas, em detrimento das outras partes das plantas.

A razão de peso foliar representa a capacidade de translocação de fotoassimilados da parte aérea para o resto da planta e, quanto maior for esta razão, mais eficiente é a translocação, o que favorece o aumento no diâmetro (SCALON, 2006). Nesse sentido, a superioridade do tratamento com efluente doméstico tratado na última avaliação é considerável e se dá principalmente pela elevada quantidade de nutrientes indispensáveis ao crescimento da planta.

3.6. RELAÇÃO ALTURA DA PARTE AÉREA/DIÂMETRO DE COLO

A relação altura da parte aérea/diâmetro de colo das mudas de *Eucalyptus* foi afetada significativamente (Tabela 5B em anexo) pela interação dos fatores qualidade de água x épocas de avaliação.

Na Tabela 15 está evidenciado que a Relação altura da parte aérea/diâmetro de colo das mudas de *Eucalyptus* diferenciaram-se dentro das épocas de avaliação, somente quando irrigadas com esgoto doméstico tratado e água de

abastecimento. Observa-se que os três tratamentos se comportaram de maneira diferente durante todo o período de avaliação. O tratamento com água da piscicultura não diferiu durante as avaliações, o tratamento com esgoto doméstico tratado promoveu a diminuição da Relação altura da parte aérea/diâmetro de colo ao longo do tratamento e a água de abastecimento urbano promoveu aumento na 2ª avaliação, mais ocorreu novamente uma diminuição a partir da 3ª avaliação, permanecendo até o final do experimento.

Tabela 15 – Valores médios da Relação altura da parte aérea/diâmetro de colo de mudas de *Eucalyptus* ao longo dos períodos de avaliações produzidas com diferentes qualidades de águas de irrigação

Épocas de Avaliação (dias)	Qualidade da água de Irrigação		
	Efluente da Piscicultura	Efluente Doméstico Tratado	Água de Abastecimento
1ª (0)	15,48 A a	14,03 A a	14,62 A b
2ª (20)	14,70 A a	15,30 A a	15,08 A a
3ª (40)	13,70 A a	12,06 A b	12,29 A b
4ª (60)	14,92 A a	12,80 A b	13,58 A b
5ª (80)	15,73 A a	11,19 B c	14,84 A b

Médias seguidas pela mesma letra minúsculas em colunas e maiúsculas em linhas, não diferem entre si, em nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

É possível observar na Tabela 15 que nas quatro primeiras avaliações, os tratamentos não diferiram entre si e que apenas na última avaliação, as mudas irrigadas com esgoto doméstico tratado apresentaram valores médios inferiores àquelas irrigadas com efluente da piscicultura e água de abastecimento.

O valor resultante da divisão da altura da parte aérea pelo diâmetro do coleto exprime um equilíbrio de crescimento, relacionando esses dois importantes parâmetros morfológicos em apenas um índice (CARNEIRO, 1995), também denominado de quociente de robustez, sendo considerado um dos mais precisos, pois fornece informações de quanto delgada está a muda (JOHNSON e CLINE, 1991).

Considerando as observações feitas por Carneiro (1995), onde o autor relaciona a altura da parte aérea e o diâmetro do coleto, conclui-se, conseqüentemente que o tratamento com Esgoto doméstico tratado

apresentou-se com mais perspectivas de sobrevivência, pois as médias deste tratamento apresentam dimensões adequadas.

3.7. RELAÇÃO PARTE AÉREA/RAIZ

A Relação parte aérea/raiz das mudas de *Eucalyptus* foi afetada significativamente (Tabela 5B em anexo) pela interação dos fatores qualidade de água x épocas de avaliação.

A Relação parte aérea/raiz das mudas de *Eucalyptus* diferenciaram-se dentro das épocas de avaliação, somente quando irrigadas com água da piscicultura e água de abastecimento. O tratamento com esgoto doméstico tratado não diferiu durante as avaliações, enquanto o tratamento com água da piscicultura atingiu o menor valor na 2ª avaliação, seguido da 3ª e 4ª avaliação.

Contudo, o tratamento com água do abastecimento promoveu aumento na Relação parte aérea raiz, ao longo do experimento, atingindo o menor valor na 1ª avaliação e maior na 5ª e última avaliação (Tabela 16).

Tabela 16 - Valores médios da Relação Parte Aérea/Raiz de mudas de *Eucalyptus* ao longo dos períodos de avaliações produzidas com diferentes qualidades de águas de irrigação

Épocas de Avaliação (dias)	Qualidade da água de Irrigação		
	Efluente da Piscicultura	Efluente Doméstico Tratado	Água de Abastecimento
1ª	43,21 A a	39,18 B a	33,59 C c
2ª	30,38 A c	29,00 A a	36,73 A b
3ª	39,71 A b	31,18 B a	40,82 A b
4ª	37,93 A b	30,53 A a	39,87 A b
5ª	42,69 A a	32,83 B a	45,95 A a

Médias seguidas pela mesma letra minúsculas em colunas e maiúsculas em linhas, não diferem entre si, em nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Os valores médios da Relação Parte Aérea/Raiz das mudas de *Eucalyptus* dentro dos padrões de qualidade de água estão apresentados na Tabela 16. Nota-se que o tratamento com o esgoto doméstico tratado obteve valores inferiores aos tratamentos com água da piscicultura e água de abastecimento na 3ª e 5ª avaliação, não diferindo os tratamentos na 2ª e 4ª avaliação.

Pode-se observar que ocorreu uma oscilação, ao longo do tratamento nas mudas irrigadas com esgoto doméstico tratado. Essa oscilação ocorreu em função do maior ou menor desenvolvimento da parte aérea em relação ao sistema radicular. O decréscimo ocorrido na 3ª e 5ª avaliação nas mudas irrigadas com esgoto doméstico tratado ocorreu provavelmente devido ao maior desenvolvimento do sistema radicular, sendo possivelmente provocado pela grande quantidade de matéria orgânica presente na água residuária, e ainda devido ao sistema de subirrigação, que segundo Augusto (2007), favorece desenvolvimento das raízes.

De acordo com Caldeira et al. (2008), a relação parte aérea e raiz nas mudas deve ser de 2:1 e a relação raiz e parte aérea 1:2. É importante analisar essa relação quando as mudas vão para o campo, pois a parte aérea das mudas não deve ser muito superior que a da raiz em função dos possíveis problemas no que se refere à absorção de água para a parte aérea.

3.8. ÍNDICE DE QUALIDADE DE DICKSON (IQD)

O Índice de Qualidade de Dickson (IQD) das mudas de *Eucalyptus* foi afetada significativamente (Tabela 5B em anexo) pela interação dos fatores qualidade de água x épocas de avaliação.

O Índice de qualidade de Dickson das mudas de *Eucalyptus* diferenciaram-se dentro das épocas de avaliação, somente quando irrigadas com esgoto doméstico tratado. Observa-se que a partir da última avaliação, o Índice de qualidade de Dickson médio das mudas atingiu os maiores valores (Tabela 17).

Tabela 17– Valores médios do Índice de Qualidade de Dickson (g) de mudas de *Eucalyptus* ao longo dos períodos de avaliações produzidas com diferentes qualidades de águas de irrigação

Épocas de Avaliação (dias)	Qualidade da água de Irrigação		
	Efluente da Piscicultura	Efluente Doméstico Tratado	Água de Abastecimento
1ª (0)	0,03 A a	0,03 A d	0,03 A a
2ª (20)	0,03 A a	0,04 A d	0,03 A a
3ª (40)	0,04 B a	0,15 A c	0,05 B a
4ª (60)	0,05 B a	0,21 A b	0,06 B a
5ª (80)	0,05 B a	0,35 A a	0,06 B a

Médias seguidas pela mesma letra minúsculas em colunas e maiúsculas em linhas, não diferem entre si, em nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Os valores médios do Índice de qualidade de Dickson das mudas de *Eucalyptus* dentro dos padrões de qualidade das águas são descritos na Tabela 17, nota-se que a partir da 3ª avaliação, as mudas irrigadas com esgoto doméstico tratado apresentaram valores médios superiores àquelas irrigadas com efluente da piscicultura e água de abastecimento, que não deferiram entre si. Tal fato ocorreu devido à grande quantidade de nutrientes presentes no efluente doméstico tratado, caracterizado na Tabela 2, e ainda pela falta de adubação nos tratamentos.

Estabelecendo como valor mínimo de Índice de qualidade de Dickson de 0,20, recomendado por Hunt (1990), observa-se que as mudas de *Eucalyptus* apenas atingiram esse valor no tratamento com esgoto doméstico tratado, indicando que estes apresentam qualidade para serem plantadas no campo.

O Índice de Qualidade de Dickson, segundo FONSECA et al. (2002) é um bom indicador da qualidade das mudas, pois no seu cálculo são consideradas as robustezes e o equilíbrio da distribuição da biomassa na muda, ponderando os resultados de vários parâmetros importantes empregados para avaliação da qualidade.

Ainda são muito escassas as informações sobre esse índice, principalmente no que diz respeito a valores específicos de Índice de qualidade de Dickson que as mudas de determinada espécie devem atingir para estarem

aptas a serem expedidas do viveiro para o campo. Entretanto, de acordo com Gomes (2001), quanto maior o valor desse índice, melhor o padrão de qualidade das mudas.

3.9. TAXA DE CRESCIMENTO ABSOLUTO, TAXA DE CRESCIMENTO RELATIVO E TAXA DE ASSIMILAÇÃO LÍQUIDA

As Taxas de Crescimento Absoluto, Taxa de Crescimento Relativo e Taxa de Assimilação Líquida das mudas de *Eucalyptus* não foram afetadas significativamente (Tabela 4B em anexo) por nenhum dos fatores avaliados.

4. CONCLUSÕES

- a) De modo geral, observou-se efeito significativo da qualidade de água no crescimento das mudas de *Eucalyptus* ao longo do período das avaliações, retratados na superioridade da área foliar; matéria seca total, da parte aérea e das raízes; razão de área foliar; área foliar específica; razão de peso da folha; relação altura da parte aérea/diâmetro de colo; relação parte aérea/sistema radicular e do Índice de Qualidade de Dickson quando foi utilizado o efluente oriundo do esgoto doméstico tratado;
- b) Por outro lado, o crescimento das mudas não diferiu quando foi utilizado o efluente da piscicultura e da água de abastecimento, e;
- c) O esgoto doméstico tratado apresentou reais possibilidades de uso na produção de mudas de espécies florestais, contanto que seja respeitada a concentração adequada ao tipo de substrato além das diretrizes técnicas fundamentadas nas exigências nutricionais da espécie a ser produzida.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AYERS, R.S.; Westcot, D.W. A qualidade da água na agricultura. Campina Grande. UFPB. 1991. 218p. Estudos FAO: Irrigação e Drenagem, 29.

ALVES, W.W.A; ALBUQUERQUE, J.H; OLIVEIRA, F.A.V; AZEVEDO.C.A.V; NETO. J.D. Água disponível no solo e adubação fosfatada: Efeito sobre o crescimento e desenvolvimento do milho. Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável Grupo Verde de Agricultura Alternativa (GVAA).(Mossoró – RN – Brasil v.4, n.1, p. 47 - 53 janeiro/março de 2009.

APHA. AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. Standard methods for examination of water and wastewater. 21th ed. Washington: American Water Works Association, 2005. 1.368 p.

ARAUJO, B.A; SANTOS, J.S; LIMA, V.L.A; NETO, J.D. Produção de mudas de Ipê Roxo irrigadas com esgoto doméstico tratado. In: 24º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental. Belo Horizonte, MG, 2007.

AUGUSTO, Danielle Camargo Celentano; GUERRINI, Iraê Amaral; ENGEL, Vera Lex; Rousseau, GUILLAUME Xavier. Use of biologically treated wastewater in Eucalyptus grandis Hill. ex. maiden seedling production by continuum sub irrigation. Revista Árvore, 2007, vol.31, n. 4, ISSN 0100-6762.

AUGUSTO, D. C. C.; GUERRINI, I. A.; ENGEL, V. L.; ROUSSEAU, G. X. Utilização de águas residuárias de esgotos domésticos tratados através de um sistema biológico na produção de mudas de Croton floribundus Spreng. (capixingui) e Copaifera langsdorffii Desf. (copaíba). Revista. Árvore. Viçosa, MG, v.27, n.3, p.335- 342, 2003

AYERS, R.S.; Westcot, D.W. A qualidade de água na agricultura. 2.ed. Campina Grande: UFPB, 1999, FAO. Estudos Irrigação e Drenagem.

BENINCASA, M. M. P. **Análise de crescimento de plantas**: noções básicas. Jaboticabal: FUNEP, 2003. 42 p.

BEZERRA, L.J.D.; LIMA, V.L.A.; ANDRADE, A.R.S.; ALVES, V.W.; AZEVEDO, C.A.V.; GUERRA, H.O.C. Análise de crescimento do algodão colorido sob os efeitos da aplicação de água residuária e biossólidos. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e e Ambiental, Campina Grande, v.9, p.333-338, 2005. Suplemento.

CALDEIRA, M.V.W.; ROSA, G.N. da; FENILLI, T.A.B.; HARBS, R.M.P. Composto orgânico na produção de mudas de aroeira-vermelha. **Scientia Agraria**, Curitiba, v.9, n.1, p.27-33, 2008.

CARNEIRO, J. G. A. Produção e controle de qualidade de mudas florestais. Curitiba: UFPR/FUPEF, 1995. 451 p.

CROMER, R. N. Irrigation of radiata pine with wastewater: A review of the potential for tree growth and water renovation. *Australian Forest*, v.43, p.87-100, 1980.

DANIEL, O.; VITORINO, A.C.T.; ALOVISI, A.A.; MAZZOCHIN, L.; TOKURA, A.M. ; PINHEIRO, E.R.; SOUZA, E.F. Aplicação de fósforo em mudas de *Acácia mangium Willd*, *Revista Árvore*, Viçosa, v.21, n.2, p.163-168, 1997.

DICKSON, A.; LEAF, A.L.; HOSNER, J.F. Quality appraisal of white spruce and white pine seedling stock in nurseries. *Forest. Chronicles*, v. 36, p. 10-13,1960.

FREITAS, W.S.; OLIVEIRA, R.A.; PINTO, F.A.; CECON, P.R.; GALVÃO, J.C.C. Efeito da aplicação de águas residuárias de suinocultura sobre a produção do milho silagem. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v.8, n.1, p.120-125, 2004.

FEIGIN, A.; RAVINA, I.; SHALHEVET, J. Irrigation with treated sewage effluent: management for environmental protection. Berlin: Springer-Verlag, 1991. 224p.

FERRI, M. G. *Fisiologia Vegetal*. 2. ed. São Paulo: EPU, 1985, 362 p.v.1

FIDELES Filho, J.; Nóbrega, J. Q.; Sousa, J. T. de; Dantas, J. P. Comparação dos efeitos de água residuária e de poço no crescimento e desenvolvimento do algodoeiro. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.9 (suplemento) p.328-332, 2005.

FILHO, J.F.; NÓBREGA, J.Q.; SOUSA, J.T.; DANTAS, J.P. Comparação dos efeitos de água residuária e de poço no crescimento e desenvolvimento do algodoeiro. *Revista Brasileira Agrícola e ambiental*, Campina Grande, v.9, p.328 – 332, 2005.

Folegatti, M. V.; Duarte, A. S.; Gonçalves, R. A. B. Uso de águas residuárias na agricultura: In: *Workshop de Uso e Reúso de Águas de Qualidade Inferior: Realidades de Perspectivas*, 1, 2005, Campina Grande. Resumos... Campina Grande: UFCG, 2005. CD Rom.

FONSECA, E.P. Padrão de qualidade de mudas de *Trema micrantha* (L.) Blume., *Cedrela fissilis* Vell. E *Aspidosperma polyneuron* Mull. Arg. Jaboticabal-SP. Universidade Estadual Paulista, 2000. 113 p.

FRANCO A.C., Bustamante M., Caldas L.S., Goldstein G., Meinzer F.C., Kozovits A.R., Rundel P. & Coradin V.T.R. Leaf functional traits of Neotropical savanna trees in relation to seasonal water deficit. *Trees* 19:326-335. 2005

GHEYI, Hans Raj; CORREIA, Karina Guedes; FERNANDES, Pedro Dantas, Salinidade do solo e crescimento e desenvolvimento das plantas. In *ESTRESSE AMBIENTAIS, DANOS E BENEFICIOS EM PLANTAS*. MXM GRÁFICA E EDITORA. RECIFE, 2005. IMPRENSA UNIVERSITÁRIA.

GOMES, J. M. Parâmetros morfológicos na avaliação da qualidade de mudas de *Eucalyptus grandis*, produzidas em diferentes tamanhos de tubete e de dosagens de N-P-K. 2001. 126f. Tese (Doutorado em Ciências Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2001.

HEATON, R.J.; SIMS, R.E.H.; TUNGCU, R.O. The root growth of *salix viminalis* and *Eucalyptus nitens* in response to dirty farm pond effluent irrigation. *Bioresource Technology*, Kidlington, v.81, n.1, p.1-6, 2002.

HERNANDEZ, F.B.T.; SILVA, C. R.; SASSAKI, N.; BRAGA, R. S. Qualidade de água em um sistema irrigado no noroeste paulista. In: Congresso Brasileiro De Engenharia Agrícola, 30., 2001, Foz de Iguaçu. Anais do XXX Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, Jaboticabal: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 2001. 1 CD-ROM.

HUNT, G. A. Effect of stryroblock design and cooper treatment on morfology of conifer seedlings. In: TAGET SEEDLINS SYMPOSIUM, MEETING OF THE WESTERN FOREST NURSERY ASSOCIATIONS, 1990, Roseburg. Proceeding. Fort Collins: UNITED States Departament of Agriculture, Foresty Service, 1990. p. 218-222 (RMGTR-200).

MIRANDA, T.L.G. Reúso de efluente de esgoto doméstico na irrigação de alface (*Lactuca sativa* L.). 109 f. 1995. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental) - Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1995.

MOTA, S.; BEZERRA, F. C.; TOMÉ, L. M. Avaliação do desempenho de culturas irrigadas com esgoto tratado. 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.

NETO, P.F; ALMEIDA A. A. S; FORTES N.L.P; SILVA E. M. A. M. Característica química do solo e o crescimento do *Eucalyptus grandis* fertilizado com efluente da indústria de refino de óleo vegetal. In: Anais II Seminário de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Paraíba do Sul: Recuperação de Áreas Degradadas, Serviços Ambientais e Sustentabilidade, Taubaté, Brasil, 09-11 dezembro 2009, IPABHi, p. 711-716.

NOVAIS, R.F.; BRAGA, J.M.; MARTINS FILHO, C.A. Efeito do tempo de incubação do fosfato de Araxá em solos sobre o fósforo disponível. *Revista Brasileira de Ciência do Solo.*, v.4, p.153-155, 1980.

PELLISSARI, R.; SAMPAIO, S.C.; GOMES, S.D.; CREPALLI, M.S. Lodo têxtil e água residuária da suinocultura na produção de mudas de *eucalyptus grandis* (W, Hill ex Maiden). *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, v.29, n.2, p.288-300. 2009.

SCALON, Silvana de Paula Quintão; MUSSURY, Rosilda Mara; SCALON FILHO, Homero and FRANCELINO, Carla Silvana Fabro. Desenvolvimento de

mudas de Aroeira (*Schinus terebinthifolius*) e sombreiro (*Clitoria fairchildiana*) sob condições de sombreamento. *Ciênc. agrotec.* [online]. 2006, vol.30, n.1, pp. 166-169. ISSN 1413-7054.

SILVA, G. G. C. Nutrição, crescimento e sua modelagem em povoamentos de *Eucalyptus* em resposta à disponibilidade de água e nutrientes. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 2006. 102p. (Tese de Doutorado).

SILVA, M.R. Caracterização morfológica, fisiológica e nutricional de mudas de *Eucalyptus grandis* Hill ex. Maiden submetidas a diferentes níveis de estresse hídrico durante a fase de rustificação. Curitiba: UFPR, 1998. 105 f. Dissertação (Mestrado) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

SOUSA, J. T. et al. Tratamento de esgotos sanitários por filtro lento, objetivando produzir efluente para reuso na agricultura. In: SIMPÓSIO LUSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 8., João Pessoa. Anais... João Pessoa: ABES, 1998. p.317-327.

SOUZA, J.T.; Leite, V.D.; Dantas, J. P.; Dionísio J. A.; Menezes, F.G. Reuso de efluente de esgoto sanitário na cultura de arroz. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 20, 2000, Porto Seguro: 2000 v.1, p.1058-1063.

TRANI, P.E. Hortaliças folhosas e condimentos. In: PEREIRA, M.E.; CRUZ, M.C.P.; RAIJ, B. van; ABREU, C.A. Micronutrientes e elementos tóxicos na agricultura. Jaboticabal: CNPq/FAPESP/ POTAFOS, p.293-310, 2001.

TRIGUEIRO, R.M.; GUERRINI, I.A. Uso de biossólido como substrato para produção de mudas de *Eucalyptus*. *Sciencia Florestalis*, Piracicaba, v.64, p.150-162, dez. 2003.

VERONEZ, A.H.; Irrigação de *Eucalyptus* com efluente sanitário de lagoa facultativa: eficiência do sistema solo-planta no pós-tratamento. Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual de Campinas-SP. 2009.

VON SPERLING, M.. Introdução à qualidade das águas e o tratamento de esgotos. 2ª ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais, 1996.

Xavier, J. F. Águas residuárias provenientes de indústrias e seus efeitos no crescimento e desenvolvimento da mamoneira BRS Nordestina. Campina Grande: UFCG, 2007. 101p. Dissertação Mestrado.

ZAMBERLAN, J.F.; Caracterização de águas de reservatórios superficiais para uso em microirrigação. Dissertação de mestrado. Universidade Federal de Santa Maria – RS, 2007.

V. CONSIDERAÇÕES FINAIS

No capítulo 1 constatou-se que as águas de diferentes padrões de qualidade se apresentaram de maneira satisfatória para irrigação das mudas de *eucalyptus*, de maneira que não houve restrição quanto à salinidade e nem toxicidade.

Constatou-se ainda que os valores elevados de fósforo e nitrogênio amoniacal encontrados no esgoto doméstico tratado promoveu uma maior eficiência do uso da água, constatado na elevada produção de biomassa.

No capítulo 2 observou-se efeito significativo da qualidade de água no crescimento das mudas de *Eucalyptus* ao longo do período das avaliações, retratados na superioridade da área foliar; matéria seca total, da parte aérea e das raízes; razão de área foliar; área foliar específica; razão de peso da folha; relação altura da parte aérea/diâmetro de colo; relação parte aérea/sistema radicular e do Índice de Qualidade de Dickson quando foi utilizado o efluente oriundo do esgoto doméstico tratado.

De maneira geral percebeu-se que o esgoto doméstico tratado apresenta reais possibilidades de uso na produção de mudas de espécies florestais, contanto que seja respeitada a concentração adequada ao tipo de substrato além das diretrizes técnicas fundamentadas nas exigências nutricionais da espécie a ser produzida.

ANEXOS

Tabela 1A- Resumo da análise de variância para a eficiência do uso da água de dois clones de *Eucalyptus*, crescendo em tubetes sob diferentes qualidades de água.

Fonte de Variação	GL	Quadrado Médio
		Eficiência do uso da água
Espécie	1	0,4452578E-03 ^{ns}
Água	2	0,7264868E-02 ^{**}
Avaliação	4	0,5227025E-02 ^{**}
Espécie * Água	2	0,5485119E-03 ^{ns}
Espécie* Avaliação	4	0,4577833E-03 ^{ns}
Água* Avaliação	8	0,6019304E-02 ^{**}
Espécie* Água* Avaliação	8	0,1093417E-02 ^{ns}
Resíduo	60	0,889890E-02
Coeficiente de Variação (%)		84,064

ns – não significativo; ** significativo a 1% de probabilidade; *significativo a 5% de probabilidade

Tabela 1B - Resumo da análise de variância para altura da parte aérea, diâmetro de coleto e área foliar de dois clones de *Eucalyptus*, crescendo em tubetes sob diferentes qualidades de água.

Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios		
		Altura parte Aérea	Diâmetro de Coleto	Aérea foliar
Espécie	1	210,9871 ^{**}	1,725018 ^{**}	523,6985 ^{ns}
Água	2	665,7923 ^{**}	8,242269 ^{**}	7146,08 ^{**}
Avaliação	4	221,6532 ^{**}	2,509454 ^{**}	9674,037 ^{**}
Espécie * Água	2	5,751444 ^{ns}	0,4077053 ^{ns}	14,68275 ^{ns}
Espécie* Avaliação	4	1,810444 ^{ns}	0,2101386 ^{ns}	3479,651 [*]
Água* Avaliação	8	70,63851 ^{**}	1,177167 ^{**}	8216,813 ^{**}
Espécie* Água* Avaliação	8	2,941653 ^{ns}	0,1792386 ^{ns}	994,6630 ^{ns}
Resíduo	60	10,32322	0,1439625	1311,806
Coeficiente de Variação (%)		13,46%	21,39	62,53%

ns – não significativo; ** significativo a 1% de probabilidade; *significativo a 5% de probabilidade

Tabela 2B- Resumo da análise de variância para Massa seca aérea, massa seca raiz e massa seca total de dois clones de *Eucalyptus*, crescendo em tubetes sob diferentes qualidades de água.

Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios		
		Massa seca aérea	Massa seca raiz	Massa seca total
Espécie	1	2,094588 ^{ns}	0,8010250E-01 ^{ns}	2,993914 ^{ns}
Água	2	13,93079**	1,467524**	24,42449**
Avaliação	4	4,209485**	0,8383285**	8,786628**
Espécie * Água	2	1,207184 ^{ns}	0,6725333E-01 ^{ns}	1,844097 ^{ns}
Espécie* Avaliação	4	0,5247343 ^{ns}	0,2713514E-01 ^{ns}	0,7695338 ^{ns}
Água* Avaliação	8	2,922964**	0,2975793**	5,059225**
Espécie* Água*	8	0,6595322 ^{ns}	0,2452556E-01 ^{ns}	0,9190171 ^{ns}
Avaliação				
Resíduo	60	0,7824286	0,2229389E-01	0,9972706
Coeficiente de Variação (%)		111,28	37,99%	84,06

ns – não significativo; ** significativo a 1% de probabilidade; *significativo a 5% de probabilidade

Tabela 3B- Resumo da análise de variância para Razão de Área Foliar, Área Foliar Específica e Razão de Peso da folha de dois clones de *Eucalyptus*, crescendo em tubetes sob diferentes qualidades de água.

Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios		
		RAF	AFE	RPF
Espécie	1	0,4932208E-02 ^{ns}	0,1248631 ^{ns}	3,202920**
Água	2	1,109908**	2,271934**	2,991022**
Avaliação	4	0,8980827E-01*	0,1425516 ^{ns}	0,8077475 ^{ns}
Espécie * Água	2	0,4440391E-01 ^{ns}	0,6238841E-01 ^{ns}	0,1316308 ^{ns}
Espécie* Avaliação	4	0,7637213E-01 ^{ns}	0,2442615 ^{ns}	0,7796833 ^{ns}
Água* Avaliação	8	0,1818873**	2,624228**	0,9657335*
Espécie* Água*	8	0,6582669E-02 ^{ns}	0,3391986 ^{ns}	0,6604182 ^{ns}
Avaliação	60	0,3268618E-01	3,764623	0,4064083
Resíduo				
Coeficiente de Variação (%)		16,70	14,58	33,98

ns – não significativo; ** significativo a 1% de probabilidade; *significativo a 5% de probabilidade

Tabela 4B- Resumo da análise de variância para Taxa de Crescimento Absoluto, Taxa de Crescimento Relativo e Taxa de Assimilação Líquida de dois clones de *Eucalyptus*, crescendo em tubetes sob diferentes qualidades de água.

Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios		
		TCA	TCR	TAL
Espécie	1	4,655990 ^{ns}	0,4044415 ^{ns}	0,7634520E-01 ^{ns}
Água	2	3,146729 ^{ns}	3,711330 ^{ns}	2,010485 ^{ns}
Avaliação	4	1,825779 ^{ns}	4,655171 ^{ns}	8,598375 ^{ns}
Espécie * Água	2	2,931455 ^{ns}	1,649129 ^{ns}	11,73089 ^{ns}
Espécie* Avaliação	4	1,936469 ^{ns}	1,544236 ^{ns}	3,788757 ^{ns}
Água* Avaliação	8	1,157030 ^{ns}	2,618555 ^{ns}	2,306513 ^{ns}
Espécie* Água* Avaliação	8	1,161002 ^{ns}	1,388837 ^{ns}	3,169894 ^{ns}
Resíduo	60	1,808366	2,302876	4,995538 ^{ns}
Coeficiente de Variação (%)		-658,09	343,83	-309,60

ns – não significativo; ** significativo a 1% de probabilidade; *significativo a 5% de probabilidade

Tabela 5B- Resumo da análise de variância para Relação altura da parte aérea/diâmetro de colo (RAD), Relação parte aérea/Raiz, e Índice de Qualidade de Dickson de dois clones de *Eucalyptus*, crescendo em tubetes sob diferentes qualidades de água.

Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios		
		RAD	PRA	IQA
Espécie	1	0,3603023E-01 ^{ns}	394,5227**	0,1729194E-01 ^{ns}
Água	2	25,19374**	430,9724**	0,1321654**
Avaliação	4	15,11056**	181,8676**	0,4785511E-01**
Espécie * Água	2	3,741154 ^{ns}	19,21859 ^{ns}	0,1332317E-01 ^{ns}
Espécie* Avaliação	4	2,845003 ^{ns}	106,4831 ^{ns}	0,6306854E-02 ^{ns}
Água* Avaliação	8	6,207377*	100,8399*	0,3028867E-01**
Espécie* Água* Avaliação	8	3,595773 ^{ns}	49,49154 ^{ns}	0,6825297E-02 ^{ns}
Resíduo	60	2,354162	46,94439	0,4456965E-02
Coeficiente de Variação (%)		10,94	18,56	83,07

ns – não significativo; ** significativo a 1% de probabilidade; *significativo a 5% de probabilidade.