

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

ADRIANA ZULIAN FACHIM

**EFEITOS DA FERTIRRIGAÇÃO COM EFLUENTE DE INDÚSTRIA DE
LATÍCIÑIOS NOS ATRIBUTOS DO SOLO E NA PRODUÇÃO DE MUDAS DE
EUCALIPTO**

MEDIANEIRA

2018

ADRIANA ZULIAN FACHIM

**EFEITOS DA FERTIRRIGAÇÃO COM EFLUENTE DE INDÚSTRIA DE
LATÍCIOS NOS ATRIBUTOS DO SOLO E NA PRODUÇÃO DE MUDAS DE
EUCALIPTO**

**EFFECTS OF FERTIRRIGATION WITH DAIRY INDUSTRY EFFLUENT ON THE
SOIL ATTRIBUTES AND THE PRODUCTION OF EUCALYPTUS SEEDLINGS**

Dissertação apresentada como requisito para obtenção do título de Mestre em Tecnologias Ambientais, do Programa de Pós- Graduação em Tecnologias Ambientais — PPGTAMB da Universidade Tecnológica Federal do Paraná — (UTFPR).

Orientadora: Juliana Bortoli Rodrigues Mees

Co-orientadora: Eliane Rodrigues dos Santos Gomes

MEDIANEIRA

2018



[4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Esta licença permite remixe, adaptação e criação a partir do trabalho, para fins não comerciais, desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es) e que licenciem as novas criações sob termos idênticos. Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.



Ministério da Educação

Universidade Tecnológica Federal do Paraná - Campus Medianeira
Programa de Pós-Graduação em Tecnologias Ambientais



ADRIANA ZULIAN FACHIM

**EFEITOS DA FERTIRRIGAÇÃO COM EFLUENTE DE INDÚSTRIA DE LATICÍNIOS
NOS ATRIBUTIS DO SOLO E NA PRODUÇÃO DE MUDAS DE EUCALIPTO**

Trabalho de Conclusão de Curso de Especialização
apresentado como requisito para obtenção do título de
Mestre em Tecnologias Ambientais da Universidade
Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Data de aprovação: 26 de novembro de 2018

Juliana Bortoli Rodrigues Mees
Doutorado
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Anderson Sandro da Rocha
Doutorado
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Alice Jacobus de Moraes
Doutorado
União Educacional de Cascavel

MEDIANEIRA

2018

Aos meus filhos Giovanna e Rafael e meu esposo Edinei, por suportar comigo e me motivar a seguir neste caminho.

Aos meus pais Alfério Zulian e Juraci Vincenzi Zulian, por toda dedicação e cuidado. E aos meus irmãos que tanto amo, Fernanda Zulian e Bruno Eduardo Zulian (in memoriam) pois apesar de tudo o que nos aconteceu, sempre seremos três.

AGRADECIMENTOS

Certamente estes parágrafos não irão atender a todas as pessoas que fizeram parte dessa importante fase de minha vida. Portanto, desde já peço desculpas àquelas que não estão presentes entre essas palavras, mas elas podem estar certas que fazem parte do meu pensamento e de minha gratidão.

Primeiramente agradeço ao Ser Superior que me conduziu e me deu forças para seguir em meio a tantas tempestades que tivemos nestes últimos meses.

Agradeço a minha orientadora Prof. Dr. Juliana Bortoli Rodrigues Mees e também minha Co-orientadora Eliane Rodrigues dos Santos Gomes, pela sabedoria com que me guiaram nesta trajetória.

Aos meus colegas de sala.

A Secretaria do Curso, pela cooperação.

Gostaria de deixar registrado também, o meu reconhecimento à minha família, meu alicerce, meu porto seguro, pois acredito que sem o apoio deles seria muito difícil vencer esse desafio.

Enfim, a todos os que por algum motivo contribuíram para a realização desta pesquisa.

RESUMO

Os laticínios caracterizam-se por serem agroindústrias potencialmente poluidoras devido a carga orgânica de seus efluentes líquidos. O elevado custo para captação e tratamento de água e a imposição da legislação ambiental e cada vez mais restritiva na questão de lançamento de efluentes têm impulsionado as indústrias a implantarem sistemas de reúso de efluentes. A aplicação no solo de efluente tratado de indústria de laticínio (ETL), por meio de fertirrigação de mudas de eucalipto, surge como uma opção atrativa para fornecimento de nutrientes e água para a planta, além de constituir um processo complementar de tratamento ou disposição final para essa água residuária industrial. Neste intuito, o presente trabalho teve como objetivo a avaliação dos efeitos da disposição do efluente tratado de uma indústria de laticínio sobre as características físicas e químicas do solo, e sobre algumas características de crescimento como altura e diâmetro de coleto das mudas e estado nutricional das folhas das mudas de *Eucalyptus urograndis*. Para isto, procedeu-se a caracterização físico-química do efluente, e montadas 30 unidades experimentais em recipientes plásticos de 20 litros, divididas em duas parcelas, preenchidos com o uso de solo de dois locais distintos, onde 50 % foram preenchidos utilizando solo já fertirrigado com o efluente em questão, e os 50% restante preenchidos com solo retirado de uma área composta por remanescente de vegetação nativa, onde não teve contato com a água residuária. Foram cultivadas com a espécie de *Eucalypto urograndis* nas duas parcelas que foram submetidas a 5 lâminas de fertirrigação aplicadas manualmente e definidas em função da vazão já utilizada pela empresa. Após a fertirrigação com o ETL por um período de 180 dias foram feitas 3 medições e notou-se diferença na variável crescimento e diâmetro entre as plantas cultivadas no Solo não fertirrigado (SNF) do que nas cultivadas em Solo Fertirrigado (SF) e variando de acordo com as lâminas de ETL aplicadas. O SNF apresentou uma maior elevação das medidas comparadas ao SF, sendo a melhor resposta para a variável altura o T3 com taxa de aplicação de 200 ml de ETL/dia, e para a variável diâmetro o tratamento que melhor apresentou resposta foi o T4 com aplicação de 400 ml de ETL/dia. Em relação aos nutrientes também foi possível verificar diferença entre os SF e SNF, sendo que apresentou interação significativa para as variáveis N, P, K, Ca, Mg, S, das folhas referente ao solo e apresentou interação significativa para as variáveis P, K, Ca, Mg, S, Fe, Zn, Mn e Bo para os nutrientes em relação a parcela de solo em que foi cultivado as mudas de eucalipto. Essa diferença entre as duas parcelas de solo, na capacidade de retenção e assimilação dos nutrientes demonstra que a aplicação de ETL no solo é uma alternativa sustentável para o controle de poluição dos mananciais, redução do uso de fertilizantes minerais e viabilização da exploração agrícola.

Palavras-chave: agroindústria; laticínio; efluente; reúso; fertirrigação.

ABSTRACT

Dairy products are characterized by being potentially polluting agroindustries because of the organic load of their liquid effluents. The high cost of water abstraction and treatment, as well as the imposition of environmental legislation, has been increasingly restrictive in the issue of effluent discharges, which has driven industries to implement effluent reuse systems. The application in the soil of treated effluent from the dairy industry (ETL), through the fertirrigation of eucalyptus seedlings, appears as an attractive option to supply nutrients and water to the plant, besides constituting a supplemental process of treatment or final disposal for this industrial wastewater. The objective of this study was to evaluate the effects of the disposal of treated effluent from a dairy industry on the soil, that is, on the physical and chemical characteristics of the soil and on growth, morphological characteristics, nutritional status of seedlings of *Eucalyptus urograndis*. For this, the physical-chemical characterization of the effluent was carried out, and 30 experimental units were assembled in plastic buckets of 20 liters, divided in two plots, filled with the use of two separate sites, where 50% were filled using only soil already fertigated with the effluent in question and the remaining 50% filled only with soil removed from an area composed of remnants of native vegetation, where there was no contact with the wastewater. They were cultivated with the *Eucalyptus urograndis* species in the two plots that were submitted to 5 manually applied fertirrigation slides and defined as a function of the flow already applied by the company. After fertigation with the ETL for a period of 180 days, there was a visible difference in growth and diameter between soil fertigation (SF) and non-fertigation (SNF), varying according to the ETL slides applied. The SNF presented a greater increase of the measurements compared to the SF, being the best response for the growth variable T3 with application rate of 200 ml ETL / day, and for the variable diameter the treatment that presented the best response was the T4 with application of 400 ml of ETL / day. In relation to the nutrients, it was also possible to verify the difference between SF and SNF, and showed a significant interaction for the variables N, P, K, Ca, Mg, S, , Ca, Mg, S, Fe, Zn, Mn and Bo for the nutrients in relation to the plot of soil in which the eucalyptus seedlings were grown. This difference between the two soil plots, the retention capacity and the assimilation of nutrients, shows that along with the effluent application layer, the physical and chemical characteristics of the soil are directly related to the soil use factor before the experiment.

Keywords: agroindustry; dairy; wastewater; reused; fertigation.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 - Fluxograma do Sistema de Tratamento da indústria de laticínio 36
- Figura 2 - Mapa de solos do Município de Matelândia 38

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Valores de parâmetros físico-químicos típicos de efluentes de laticínios	29
Tabela 2 - Teores adequados de nutrientes presentes na folha de mudas de eucalipto.....	33
Tabela 3 - Caracterização físico-química do efluente de laticínio.....	37
Tabela 4 - Tratamentos aplicados no experimento	40
Tabela 5 - Caracterização química do efluente de laticínio pós tratamento.....	42
Tabela 6 - Resumo da análise de variância para os fatores de estudo, Altura (H) e Diâmetro (D) de mudas de Eucalipto urograndis em função das doses de efluente tratado de laticínio	45
Tabela 7 - Comparação entre Altura (H) e Diâmetro(D) de mudas irrigadas com água de abastecimento e diferentes lâminas de efluente tratado de laticínio em função dos solos Não Fertirrigado (SNF) e Fertirrigado (SF).....	45
Tabela 8 - Interação da característica crescimento Diâmetro (mm) das mudas de Eucalyptus urograndis irrigadas com água de abastecimento e diferentes lâminas de efluente tratado de laticínio em Solo Fertirrigado (SF) e Solo Não Fertirrigado (SNF)	46
Tabela 9 - Resumo da análise de variância para os teores de macronutrientes nas folhas irrigadas com água de abastecimento e diferentes lâminas de efluente tratado de laticínio em função do Solo Não Fertirrigado (SNF) e Solo Fertirrigado(SF).....	50
Tabela 10 - Resumo da análise de variância para os teores de micronutrientes nas folhas irrigadas com água de abastecimento e diferentes lâminas de efluente tratado de laticínio em função do Solo Não Fertirrigado (SNF) e Solo Fertirrigado(SF).....	51
Tabela 11 - Interação do Nitrogênio nas folhas de Eucalyptus urograndis dentro de cada tratamento	53
Tabela 12 - Interação do Fósforo nas folhas de Eucalyptus urograndis dentro de cada tratamento.....	53
Tabela 13 - Interação do Potássio nas folhas de Eucalyptus urograndis dentro de cada tratamento.....	54

Tabela 14 - Interação do Cálcio nas folhas de <i>Eucalyptus urograndis</i> dentro de cada tratamento	54
Tabela 15 - Interação do Magnésio nas folhas de <i>Eucalyptus urograndis</i> dentro de cada tratamento	55
Tabela 16 - Interação do Enxofre nas folhas de <i>Eucalyptus urograndis</i> dentro de cada tratamento	55
Tabela 17 - Interação do Zinco nas folhas de <i>Eucalyptus urograndis</i> dentro de cada tratamento	55
Tabela 18 - Interação do Ferro nas folhas de <i>Eucalyptus urograndis</i> dentro de cada tratamento	56
Tabela 19 - Interação do Manganês nas folhas de <i>Eucalyptus urograndis</i> dentro de cada tratamento	56
Tabela 20 - Interação do Boro nas folhas de <i>Eucalyptus urograndis</i> dentro de cada tratamento	57
Tabela 21 - Interação do Cobre nas folhas de <i>Eucalyptus urograndis</i> dentro de cada tratamento	57
Tabela 22 – Atributos químicos do Solo Fertirrigado (SF) e Solo Não Fertirrigado (SNF)	59
Tabela 23 – Atributos físicos do solo fertirrigado (SF) e não fertirrigado (SNF)	59
Tabela 24 - Resumo da análise de variância dos macronutrientes avaliados nas amostras de solo após a utilização de água de abastecimento e diferentes lâminas de efluente tratado de laticínio em função do Solo Não Fertirrigado (SNF) e Solo Fertirrigado (SF)	60
Tabela 25 - Resumo da análise de variância dos micronutrientes avaliados nas amostras de solo após a utilização de água de abastecimento e diferentes lâminas de efluente tratado de laticínio em função do Solo Não Fertirrigado (SNF) e Solo Fertirrigado (SF)	60
Tabela 26 - Comparação dos teores de Fósforo (P), Potássio (K), Cálcio (Ca), Magnésio (Mg), Enxofre (S), Ferro (Fe), Zinco (Zn), Manganês (Mn) e Boro (B) em função do Solo Não Fertirrigado (SNF) e Solo Fertirrigado (SF)	61
Tabela 27 - Resultado estatístico para os parâmetros avaliados em relação ao Solo Fertirrigado (SF) e Solo Não Fertirrigado (SNF) e diferentes tratamentos	63

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Teores médios de macronutrientes presentes nas folhas de Eucalyptus urograndis em cada tratamento cultivado em parcela de Solo Fertirrigado(SF) e Solo Não Fertirrigado	47
Gráfico 2 - Teores médios de micronutrientes presentes nas folhas de Eucalyptus urograndis em cada tratamento cultivados em parcela de Solo Fertirrigado e Solo Não Fertirrigado (SNF).....	49
Gráfico 3 - Teores médios de macros nutrientes nas folhas de Eucalyptus urograndis ao final do experimento	52
Gráfico 4 - Teores médios de micronutrientes presente nas folhas de Eucalyptus urograndis ao final do experimento	52

LISTA DE SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
Al	Alumínio
B	Boro Ca Cálcio
CE	Condutividade Elétrica
CETESB	Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
CONAMA	Conselho Nacional de Meio Ambiente
CTC	Capacidade de Troca Catiônica
Cu	Cobre
DBO	Demanda Bioquímica de Oxigênio
dS m ⁻¹	deciSiemens por metro
µS cm ⁻¹	microSiemens por centímetro
DQO	Demanda Química de Oxigênio
Embrapa	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
EPA	Environment Protection Agency
Fe	Ferro
FAO	Food and Agriculture Organization
G.L.	Grau de liberdade
H	Hidrogênio
Ha	Hectare
K	Potássio
L	Litros
LQ	Limite de Quantificação
Mg	Magnésio
Mn	Manganês
MO	Matéria orgânica
Na ⁺	íon sódio
Ca ²⁺	íon cálcio
Mg ²	Íon magnésio
NBR	Normas Brasileiras
NH ⁴⁺	Íon amônio
NH ₄ NO ₃	Nitrato de amônio

NH ₄ SO ₄	Sulfato de amônia
Ni	Níquel
NO ₂ -	Nitrito
NO ₃ -	Nitrato
NPK	Nitrogênio, Fósforo e Potássio
OMS	Organização Mundial de Saúde
ONU	Organização das Nações Unidas
P	Fósforo
pH	Potencial Hidrogeniônico
S	Enxofre
USDA	United States Department of Agriculture
USEPA	United States Environmental Protection Agency
WHO	Water Health Organization
Zn	Zinco

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	18
2.1.	INDÚSTRIA DE LATICÍNIOS E GERAÇÃO DE EFLUENTES	18
2.2.	SISTEMA DE TRATAMENTO DE EFLUENTES.....	19
2.3.	DISPOSIÇÃO DE ÁGUAS RESIDUÁRIAS NO SOLO	21
2.3.1.	Crítérios De Qualidade Da Água Para Aproveitamento Agrícola.....	22
2.3.2.	Disposição de efluente da indústria de laticínio no solo	26
2.3.3.	Uso De Efluente De Laticínio Para Fertirrigação.....	27
2.3.4.	Efeitos do Efluente de Laticínio no Solo e Planta.....	29
2.4.	EUCALIPTO	30
2.4.1.	Toxicidade de íons específicos na planta	31
2.4.2.	Excesso de Nitrogênio.....	32
2.4.3.	pH fora da faixa considerada adequada para a cultura.....	32
3	MATERIAL E MÉTODOS	33
3.1.	LOCALIZAÇÃO DO EXPERIMENTO	33
3.2.	CARACTERIZAÇÃO DO SISTEMA DE TRATAMENTO DE EFLUENTES DA INDÚSTRIA DE LATICÍNIOS	33
3.3.	CARACTERIZAÇÃO DO EFLUENTE DA INDÚSTRIA DE LATICÍNIO	35
3.4.	CARACTERIZAÇÃO DO SOLO	35
3.5.	MUDAS DE EUCALIPTO	37
3.6.	DESCRIÇÃO DO EXPERIMENTO	37
3.7.	PARÂMETROS MONITORADOS E AVALIADOS	38
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	40
4.1.	QUALIDADE DAS ÁGUAS DE IRRIGAÇÃO	40
4.2.	CRESCIMENTO DAS MUDAS	42
4.3.	TEORES DE MACRO E MICRONUTRIENTES DAS FOLHAS.....	45
4.4.	APLICAÇÃO DO ETL NO SOLO	56
4.4.1.	Características gerais do solo.....	57
5	CONCLUSÕES	66
	REFERÊNCIAS	67

1 INTRODUÇÃO

A indústria de laticínios é uma das mais antigas e tradicionais no mundo, já que a forma de se produzir seus derivados basicamente vem sendo a mesmadurante séculos. Essa atividade é de grande importância na economia brasileira e mundial, uma vez que segundo o Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA, 2016), em 2015 o Brasil produziu estimadamente 34 bilhões de litros de leite colocando-o em quarto lugar no ranking mundial dos países produtores.

Os empreendimentos deste segmento de laticínios requerem um grande volume de água em seus processos, conseqüentemente geram um grande volume de efluente, cujas características variam de acordo com o processo e produto fabricado.

Em seus processos de produção, os laticínios geram efluentes líquidos com elevados teores de matéria orgânica, gorduras, sólidos suspensos e nutrientes, e são considerados a principal fonte de poluição dessas indústrias. O reuso é o meio de se fazer a água residuária coletada de diversos locais ser tratada e depois utilizada para vários fins, e tal prática oferece vantagens sociais, ambientais e econômicas.

O reuso de efluentes industriais, além de ter a finalidade de depuração dos mesmos, removendo assim a carga poluidora, também se torna uma alternativa economicamente viável por reduzir o uso de adubação química em determinadas culturas além de ser uma opção atrativa para as indústrias, tanto na percepção ambiental como econômica. Porém, a disposição deste efluente deve ser operada e gerenciada de forma não haver nenhum problema ambiental, tanto no comportamento do solo ou cobertura vegetativa como da qualidade da água subterrânea. Para isso, obter informações sobre a composição deste efluente permite verificar se há limitações legais e seguras em seu reuso e disposição final.

Como todos os empreendimentos potencialmente poluidores, os laticínios devem se harmonizar com os ecossistemas naturais não sendo fator de destruição de paisagens ou de degradação de seus componentes. Buscando evitar problemas de poluição ambiental decorrentes ao despejo de efluentes de laticínios, é necessário realizar o tratamento adequado e posterior destinação final de modo

que não se traga prejuízos tanto ao meio ambiente como ao empreendedor.

A fertirrigação em outros países, vem trazendo resultados positivos em estudos realizados com o uso das águas residuais na fertirrigação de culturas agrícolas (Bastos, 1999). Além aumentar a disponibilidade hídrica e servir como fonte de nutrientes para as plantas, reduz custos com a aquisição de fertilizantes químicos comerciais, e de certa forma a aplicação de efluente no solo é vista como uma forma efetiva de controle da poluição (Medeiros et al., 2005).

Neste intuito, o presente trabalho teve como objetivo a avaliação dos efeitos da disposição do efluente tratado de uma indústria de laticínio sobre as características físicas e químicas do solo, e sobre algumas características de crescimento como altura e diâmetro de coleto das mudas e estado nutricional das folhas das mudas de *Eucalyptus urograndis*. Para isto, procedeu-se a caracterização físico-química do efluente, e montadas 30 unidades experimentais em recipientes plásticos de 20 litros, divididas em duas parcelas, preenchidos com o uso de solo de dois locais distintos, onde 50 % foram preenchidos apenas utilizando solo já fertirrigado com o efluente em questão, e os 50% restante preenchidos apenas com solo retirado de uma área composta por remanescente de vegetação nativa, onde não teve contato com a água residuária. Foram cultivadas com a espécie de *Eucalypto urograndis* nas duas parcelas que foram submetidas a 5 lâminas de fertirrigação aplicadas manualmente e definidas em função da vazão já utilizada pela empresa. Após a fertirrigação com o ETL por um período de 180 dias foram feitas 3 medições e notou-se diferença na variável crescimento e diâmetro entre as plantas cultivadas no Solo não fertirrigado (SNF) do que nas cultivadas em Solo Fertirrigado (SF) e variando de acordo com as lâminas de ETL aplicadas. O SNF apresentou uma maior elevação das medidas comparadas ao SF, sendo a melhor resposta para a variável altura o T3 com taxa de aplicação de 200 ml de ETL/dia, e para a variável diâmetro o tratamento que melhor apresentou resposta foi o T4 com aplicação de 400 ml de ETL/dia. Em relação aos nutrientes também foi possível verificar diferença entre os SF e SNF, sendo que apresentou interação significativa para as variáveis N, P, K, Ca, Mg, S, das folhas referente ao solo e apresentou interação significativa para as variáveis P, K, Ca, Mg, S, Fe, Zn, Mn e Bo para os nutrientes em relação a parcela de solo em que foi cultivado as mudas de eucalypto. Essa diferença entre as duas parcelas de solo, na capacidade de retenção e assimilação dos nutrientes demonstra

que a aplicação de ETL no solo é uma alternativa sustentável para o controle de poluição dos mananciais, redução do uso de fertilizantes minerais e viabilização da exploração agrícola.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. INDÚSTRIA DE LATICÍNIOS E GERAÇÃO DE EFLUENTES

A natureza e composição dos efluentes de laticínios encontram-se paramentadas por termos de controle de poluição e legislação ambiental que exige que as indústrias tratem de forma adequada seus resíduos. Desta forma, dependendo do processo utilizado, das práticas operacionais e existência de sistemas de reuso irá interferir na composição e concentração destes efluentes (SILVA, 2011).

Os laticínios diferem-se em porte, produto final, grau de automatização dos processos, layout, grau de aproveitamento de resíduos, entre outros fatores, e para uma correta avaliação das características do efluente se faz necessário um conhecimento prévio da operacionalização da indústria com reconhecimento de pontos de geração de resíduos (MACHADO *et al.*, 2000). No Paraná, os laticínios são classificados pelo porte em micro, pequeno, médio, médio-grande e grande de acordo com a capacidade média de processamento por mês e o faturamento bruto anual. O estado possui dez mesorregiões geográficas segundo o IBGE (2017), dentre elas, as regiões Sudoeste e Oeste apresentam maior volume de produção respondendo por 46% do volume produzido no estado. Aproximadamente 80% dos laticínios paranaenses têm capacidade de processamento inferior a 900 mil litros de leite por mês e apenas 1,3% têm capacidade superior a 3 milhões de litros/mês. (BAPTISTA, *et al.*, 2010).

Os processos de fabricação dos produtos de laticínios são constituídos por diversas unidades operacionais que variam em função dos produtos a serem obtidos. Entretanto, algumas etapas são fundamentais e comuns em todos os processos produtivos e consiste na recepção, processamento, tratamento térmico, elaboração dos produtos, envase, embalagem, armazenamento e expedição (SILVA, 2009).

O impacto ambiental principal está relacionado com o elevado consumo de água na indústria e conseqüentemente seu lançamento de efluentes líquidos. Estudos realizados apontam que para cada litro de leite processado são gerados de 1 a 6 litros de efluentes (SILVA, 2016). Este volume gerado incluem a sanitização dos

laticínios, lavagens das tubulações, tanques, e equipamentos que demandam grandes volumes de água (BRIÃO e TAVARES, 2012). O consumo de água e efluente gerado por litro de leite processado varia de acordo com o produto produzido, sendo que para o iogurte e bebida láctea o coeficiente de consumo de água é de 10 L.L⁻¹ e o coeficiente de efluente gerado 10 L.L⁻¹ de efluente, já para a produção de creme de leite, sobremesa láctea e queijo tipo *petit suisse*, o coeficiente de consumo de água é de 1,4 L.L⁻¹ e o coeficiente de efluente gerado 1,39 L.L⁻¹ (CETESB, 2006)

Normalmente, a geração destes efluentes líquidos se dá de forma intermitente, com variações sazonais de acordo com o ciclo de produção. As fontes de geração desses efluentes são função dos tipos de produtos produzidos e processos empregados em sua fabricação (MAGANHA, 2006).

2.2. SISTEMA DE TRATAMENTO DE EFLUENTES

O tratamento dos efluentes líquidos de laticínios é feito por sistemas compostos por operações unitárias físicas e processos químicos e biológicos, que compõem os níveis de tratamento preliminar e primário, para remoção de sólidos grosseiros e óleos e gorduras presentes no efluente, secundário para remoção de matéria orgânica e nutrientes (nitrogênio e fósforo) e, em alguns poucos casos, tratamento terciário e pós-tratamento.

Segundo Silva *et. al.* (2009), o tratamento de efluentes é usualmente classificado em quatro níveis: preliminar, primário, secundário e terciário. O primeiro tratamento objetiva apenas, a retirada dos sólidos grosseiros, enquanto o primário visa à remoção dos sólidos sedimentáveis e parte da matéria orgânica. Nestes dois processos ocorrem mecanismos físicos de remoção de poluentes, no secundário, predominam mecanismos biológicos para a retirada de matéria orgânica e nutriente como o nitrogênio e o fósforo. O tratamento terciário objetiva a remoção de poluentes específicos, sendo eles: tóxicos ou não-biodegradáveis, e ainda, a remoção de poluentes que não foram totalmente retirados no processo secundário.

Como tratamento preliminar dos efluentes de laticínios, geralmente é empregado gradeamento para remoção de sólidos grosseiros, tais como: resíduos de embalagens, pequenos fragmentos de pedras e coágulos de leite. As caixas de

retenção de óleos e gorduras, servem para evitar obstruções dos coletores, evitar aderência nas peças especiais da rede de esgotos, evitar acúmulo nas unidades de tratamento provocando odores desagradáveis e para evitar aspectos desagradáveis nos corpos receptores (SILVA, 2011).

Na sequência do pré-tratamento vem seguido normalmente pelo tratamento primário sendo os processos de decantação, filtração, coagulação/floculação e/ou flotação com ar comprimido ou com ar dissolvido, e a flotação talvez o processo mais usual. Para que esta etapa tenha eficiência na remoção de gordura, deve-se ter um controle rigoroso das condições operacionais, haja visto que altos níveis de gordura (acima de 150 mg/L) causam vários problemas tais como obstruções em redes coletoras, baixas taxas de biodegradação e até mesmo inibição do metabolismo microbiano em processos biológicos de tratamento (BRITZ *et al.*, 2008).

Como tratamento secundário, por se tratar de efluentes com elevada concentração de matéria orgânica biodegradável, o tratamento biológico é o mais utilizado e os processos aeróbios são os mais frequentes, destacando-se os lodos ativados, filtros biológicos e lagoas aeradas embora ultimamente o uso de processos anaeróbios vem aumentando (CAMMAROTA e FREIRE, 2006). Esses efluentes após tratados podem ter sua disposição final lançados no solo ou em corpos hídricos.

A disposição final do efluente já tratado no solo é uma alternativa de tratamento que pode ser aplicada em locais com disponibilidade de área e topografia adequada. Nestes locais, essa prática pode apresentar vantagens pois ao mesmo tempo que protege o corpo receptor, há também o desenvolvimento de algum tipo de cultura (DUARTE *et al.*, 2008).

No momento, o Brasil não dispõe de uma legislação específica para disposição de efluente diretamente no solo. No Art. 2º da Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente — CONAMA nº 430, de 13 de maio de 2011 retrata que a disposição de efluentes no solo, mesmo tratados, não está sujeita aos parâmetros e padrões de lançamento dispostos nesta Resolução, não podendo, todavia, causar poluição ou contaminação das águas superficiais e subterrâneas (BRASIL, 2011). De modo geral, para lançamentos em corpos hídricos os efluentes de indústria de laticínios devem seguir o disposto na Resolução do CONAMA nº 430/2011, sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes e a Resolução do Conselho Estadual do Meio Ambiente - CEMA nº 070/2009, em seu anexo 7 - Padrões para o lançamento de

efluentes líquidos (PARANÁ, 2009).

Segundo Matos (2007), a aplicação de efluentes no solo deve ser baseada na quantidade de nutrientes referenciais, normalmente nitrogênio ou fósforo. O balanceamento da quantidade deverá ser feito com a quantidade de nutriente disponível no solo e com a quantidade deste nutriente requerido pela planta cultivada.

2.3. DISPOSIÇÃO DE ÁGUAS RESIDUÁRIAS NO SOLO

De acordo com Matos (2005), as formas de disposição podem ser infiltração - percolação, escoamento superficial, fertirrigação e lançamento em “áreas alagadas” (wetlands construídos).

Por serem ricas em nutrientes de interesse agrícola, a aplicação planejada e controlada deste efluente sobre o solo, ao invés de dispô-lo diretamente em cursos hídricos, além de ser uma maneira alternativa de disposição, constitui importante fonte de água e nutrientes para as plantas (KUNZ, *et al.*, 2009). A fertirrigação é a aplicação localizada de fertilizantes via água de irrigação apresentando vantagens por atender às necessidades nutricionais da cultura com a absorção dos nutrientes (OLIVEIRA e COELHO., 2007).

O uso de águas residuárias com alta concentração de nutrientes, na fertirrigação de culturas agrícolas, é um aliado para o ganho de produtividade dos produtos, redução da poluição no meio ambiente e benefícios para o solo quanto as características químicas, físicas e biológicas (ERTHAL *et al.*, 2010). Entretanto, o uso e aplicação deve estar baseado na dose de nutrientes recomendadas para cada cultura, atentando a necessidade da planta, não comprometendo assim a sua produtividade e garantindo que não haja poluição do solo além de contaminação de águas superficiais e subterrâneas (MATOS, 2014).

A aplicação de fertilizantes através da água de irrigação proporciona aumento da eficiência da adubação e do uso de nutrientes pela cultura, devido à possibilidade do parcelamento da aplicação, conforme as necessidades da cultura (OLIVEIRA e VILLAS BOAS, 2008).

Alguns fatores podem comprometer tanto o sistema de irrigação como o

rendimento da cultura, de acordo com a concentração aplicada, o tempo de aplicação, solubilidade e pureza dos componentes injetados e uniformidade de distribuição. Uma irrigação uniforme é fundamental para um bom manejo da fertirrigação. A concentração de nutrientes na água de irrigação pode variar de acordo com o grau de agitação no tanque, a variação da taxa de injeção da solução e a variação da vazão no sistema (BATISTA *et al.*, 2010).

Para uma aplicação de fertirrigação uniforme a injeção de água e nutrientes deve ser feita de forma lenta para que não corra o risco de uma aplicação rápida distribuir a solução em apenas uma parte da área (SOUZA *et al.* 2006).

Os métodos mais comuns de injeção podem ser apresentados por gravidade, pressão diferencial, pressão positiva e pressão negativa, sendo que pressão diferencial e pressão negativa são os mais utilizados. No caso de tubetes ou vasos a aplicação da solução normalmente ocorre através de gotejadores individuais, inundação, aspersão, sistema de barras ou manualmente com regador (HIGASHI, *et al.*, 2004).

2.3.1. Critérios De Qualidade Da Água Para Aproveitamento Agrícola

Quanto ao risco à limitação da água de irrigação relativa aos riscos à saúde, direcionados a sua qualidade microbiológica, o Quadro 1 e 2 apresenta critérios adotados pela Agência de Proteção Ambiental Norte Americana, USEPA, e os recomendados pela Organização Mundial de Saúde – OMS

Quadro 1 - Critérios de qualidade microbiana recomendados pela USEPA para utilização de águas residuárias na agricultura

Tipo de irrigação e cultura	Processo de tratamento	Qualidade do efluente
Culturas alimentícias não processadas comercialmente Irrigação superficial ou por aspersão de qualquer cultura, incluindo culturas a serem consumidas cruas	Secundário + filtração + desinfecção	DBO ≤ 10mg.L ⁻¹ Turbidez ≤ 2UNT Cloro residual > 1 mg. L ⁻¹ Coliformes fecais ND Organismos patogênicos ND
Culturas alimentícias processadas comercialmente Irrigação superficial de pomares e vinhedos	Secundário + Desinfecção	DBO ≤ 30 mg. L ⁻¹ SS ≤ 30 mg. L ⁻¹ Cloro residual ≥ 1 mg. L ⁻¹ Coliformes fecais ≤ 200/100 mL
Culturas não alimentícias Pastagens para rebanhos de leite, forrageiras, cereais, fibras e grãos	Secundário + desinfecção	DBO ≤ 30 mg. L ⁻¹ SS ≤ 30 mg. L ⁻¹ Cloro residual ≥ 1 mg. L ⁻¹ Coliformes fecais ≤ 200/100 mL
Irrigação, campos de esportes, parques, jardins e cemitérios	Secundário + filtração + desinfecção	DBO ≤ 10mg.L ⁻¹ Turbidez ≤ 2UNT Cloro residual > 1 mg. L ⁻¹ Coliformes fecais ND Organismos patogênicos ND

Fonte: USEPA (1992)

Quadro 2 - Critérios de qualidade microbiológica recomendados pela OMS para utilização de águas residuárias na agricultura

Categoria	Tipo de irrigação e cultura	Nematoides intestinais (ovos.L ⁻¹)	Coliformes fecais (org./100mL)	Processo de tratamento
A	Culturas a serem consumidas cruas, campos de esportes, parques e jardins	<1	<1000	Lagoas de estabilização em série, ou tratamento equivalente em termos de remoção de patogênicos.
B	Culturas processadas industrialmente, cereais, forragens, pastagens, árvores	<1	Sem recomendação	Lagoas de estabilização com 8 –10 dias de tempo de detenção ou remoção equivalente de helmintos e coliformes fecais.
C	Irrigação localizada de plantas da categoria B na ausência de riscos para os agricultores e público em geral	Não aplicável	Não aplicável	Pré-tratamento de acordo com o método de irrigação, no mínimo sedimentação primária.

Fonte: OMS (1989)

No Quadro 3 estão apresentados os critérios de qualidade de água recomendados para irrigação de longa ou curta duração e no Quadro 4, por sua vez, são apresentadas algumas diretrizes que auxiliam na interpretação da qualidade da água para fins de irrigação, prevendo o risco potencial à produção da cultura associada à irrigação por longo período (AYERS E WESTCOT, 1991)

Quadro 3 - Critérios da qualidade da água de irrigação do que se refere aos metais

Parâmetros	Limites máximos recomendados para metais (mg.L ⁻¹)	
	Irrigação em base contínua (1)	Até 20 anos de irrigação ⁽²⁾
Alumínio (Al)	5,0	20
Arsênio (As)	0,10 ⁽³⁾	2
Boro (B)	0,75	2
Cádmio (Cd)	0,01	0,05
Crômio (Cr)	0,10	1
Cobre (Cu)	0,20	5
Manganês (Mg)	0,20	10
Molibidênio (Mo)	0,01	0,05 ⁽⁴⁾
Níquel (Ni)	0,20	2
Chumbo (Pb)	5,0	10
Selênio (Se)	0,02	0,02
Cobalto (Co)	0,05	-
Zinco (Zn)	2,0	2,0
Ferro (Fe)	5,0	20

Fonte: UNEP (1996)

- (1) Limites para qualquer tipo de solo. Concentração máxima baseada na taxa de aplicação consistente com boas práticas de irrigação (10.000m³ha-1ano-1), para consumo contínuo de água num mesmo lugar.
- (2) Limites para solos neutros a alcalinos (pH 6 a 8,5) de textura fina.
- (3) Culturas sensíveis.
- (4) Apenas sólidos ácidos.

Quadro 4 - Diretrizes para interpretação da qualidade da água para irrigação.

Problemas e constituintes relacionados com	Unidade	Grau de restrição ao uso		
		Nenhuma	Leve a moderada	Severa
Salinidade				
CE da água de irrigação	dS m ⁻¹	<0,7	0,7 – 3,0	>3,0
SDT (Sólidos dissolvidos totais)	Mg. L ⁻¹	<450	450 – 2000	>2000
Efeitos na permeabilidade do solo				
	dS m ⁻¹			
RAS = 0 – 3 e CE =		>0,7	0,7 – 0,2	<0,2
RAS = 3 – 6 e CE =		>1,2	1,2 – 0,3	<0,3
RAS = 6 – 12 e CE =		>1,9	1,9 – 0,5	<0,5
RAS = 12 – 20 e CE =		>2,9	2,9 – 1,3	<1,3
RAS = 20 – 40 e CE =		>5,0	5,0 – 2,9	<2,9
Toxicidade (Efeitos em culturas sensíveis)				
Sódio (Na ⁺) – irrigação por superfície; - irrigação por aspersão;	RAS mg L ⁻¹	<3 <70	3 – 9 >70	>9 -
Cloreto (Cl ⁻) – irrigação por superfície; Irrigação por aspersão;	mg L ⁻¹ mg L ⁻¹	<140 <100	140 – 350 >100	>350 -
Boro (B)	mg L ⁻¹	<0,7	0,7 – 3,0	>3
Miscelâneos (efeitos em culturas sensíveis)				
N total	mg L ⁻¹	<5	5 – 30	>30
HCO ₃ (aspersão sobre a copa)	mg L ⁻¹	<90	90 – 500	>500
pH	Unidade	6,5 – 8,4		
Cloro residual (aspersão sobre a copa)	mg L ⁻¹	<1,0	1,0 – 5,0	>5,0

Fonte: AYERS & WESTCOT (1991)

Em relação a salinidade, normalmente mensurada pelos Sólidos Dissolvidos Totais (SDT) ou pela Condutividade Elétrica, uma classificação da qualidade da água para irrigação foi elaborada por McNeal (1981) e está apresentada no Quadro 5.

Quadro 5 - Guia geral para salinidade na água de irrigação

Classificação	SDT ⁽¹⁾	CE ⁽²⁾
Águas sem efeitos deletérios conhecidos	≤500	≤0,75
Águas de efeito deletérios para culturas sensíveis	500 – 1000	0,75 – 1,5
Águas que podem ter efeitos deletérios para muitas culturas, requerendo cuidados no manejo	1000 – 2000	1,5 – 3
Águas que podem ser usadas para culturas tolerantes em solos permeáveis, requerendo cuidados no manejo	2000 – 5000	3 – 7,5

Fonte: Adaptado de USEPA (1981)

- (1) Sólidos Dissolvidos Totais;
(2) Condutividade Elétrica;

Em 2009, o Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA regulamentou o estabelecimento de critérios e valores orientadores referentes à presença de

substâncias químicas, para a proteção da qualidade do solo, em sua resolução 420/2009, de 28 de dezembro de 2009, (BRASIL, 2009). Nesse documento, foi estabelecido que os valores orientadores de qualidade devem ser definidos para cada Estado, de forma a respeitar a diversidade de solo do país. Com isso, houve necessidade de cada Estado identificar um conjunto de solos representativos de sua diversidade, tendo como base o material de origem do solo (litologia), relevo e clima, sendo estipulado o prazo de cinco anos a partir da data de publicação da resolução como prazo limite para que os órgãos ambientais de cada estado estabeleçam seus valores orientadores (BRASIL, 2009).

Posteriormente, a Resolução CONAMA nº 430/2011 estabeleceu as condições e padrões de lançamento de efluentes em seu Artigo 2º deixa claro que, em se tratando de lançamento em solo, não se aplica os parâmetros e padrões de lançamento em corpo hídrico (BRASIL, 2011).

A não aplicação dos parâmetros do Artigo 2º da Resolução do CONAMA nº 430/2011 para o lançamento de efluentes é devido a inúmeros fatores, que são claros principalmente pelo fato de que no solo há oxigênio livre para a respiração biológica. A matéria orgânica particulada filtrada no solo e a dissolvida que percola pelo mesmo, são parcialmente degradadas por microrganismos (BRASIL, 2011).

2.3.2. Disposição de efluente da indústria de laticínio no solo

A indústria de laticínio encontra-se entre aquelas que vêm considerando a disposição no solo como uma alternativa no gerenciamento de seus efluentes líquidos (DIAS *et al.*, 2017).

A caracterização dos efluentes industriais oriundos de laticínios constitui o primeiro passo para elaboração de estudos e projetos a fim de definir possíveis tratamentos. Os efluentes gerados em laticínios possuem elevados teores de matéria orgânica, gorduras, sólidos suspensos e nutrientes, e, portanto, devem ser tratados antes de qualquer tipo de descarte, seja em curso hídrico ou solo. A sua disposição inadequada acarreta em danos como a salinização, sodicização, alteração no pH, e contaminação de cursos hídricos (FIGUEIREDO *et al.*, 2015).

A seguir na Tabela 1 são apresentados alguns dos parâmetros físico-

químicos de efluentes de laticínios, encontrados na literatura, de acordo com Machado *et al.* (2002).

Tabela 1 - Valores de parâmetros físico-químicos de efluentes de laticínios.

Parâmetros	Faixa de variação	
	(1)	(2)
Sólidos Suspensos Voláteis	24 – 5700 mg L ⁻¹	100 – 1000 mg L ⁻¹
Sólidos Suspensos Totais	135 – 8500 mg L ⁻¹	100 – 2000 mg L ⁻¹
Demanda Química de Oxigênio	500 – 4500 mg L ⁻¹	6000 mg L ⁻¹
Demanda Bioquímica de Oxigênio	450 – 4790 mg L ⁻¹	4000 mg L ⁻¹
Óleos e Graxas	35 – 500 mg L ⁻¹	95 – 550 mg L ⁻¹
Nitrogênio Amoniacal	10 – 100 mg L ⁻¹	ND
Nitrogênio Total	15 – 180 mg L ⁻¹	116 mg L ⁻¹
Fósforo Total	20 – 250 mg L ⁻¹	0,1 – 46 mg L ⁻¹
Sódio	60 – 807 mg L ⁻¹	ND
Cloretos	48 – 469 mg L ⁻¹	ND
Cálcio	57 – 112 mg L ⁻¹	ND
Magnésio	22 – 49 mg L ⁻¹	ND
Potássio	11 – 160 mg L ⁻¹	ND
pH	5,3 – 9,4	1 – 12
Temperatura	12 – 40 °C	20 – 30 °C

Fonte: (1) Environment Agency of England and Wales, 2000 – European Comission -IPPC (2006),
(2) Adaptado de Machado (2002).

2.3.3. Uso De Efluente De Laticínio Para Fertirrigação

A fertirrigação é uma técnica de disposição de efluentes no solo do tipo infiltração lenta que tem como principal objetivo o reuso da água para produção agrícola, sendo que o tratamento é um objetivo adicional (VON SPERLING, 2005).

Em geral, os solos apresentam diferenças em termos de pH, matéria orgânica, estrutura, teor e tipo de argila (textura). Isso implica em diferentes capacidades de troca catiônica (CTC) e balanço de cargas, além de possibilidade de conversão de amônio (NH_4^+) a nitrato (NO_3^-) e lixiviação desses dois íons em diferentes taxas. Além disso, essas diferenças nas características dos solos também implicam em distintas capacidades de mineralização da matéria orgânica, portanto, em possíveis diferentes taxas de lixiviação de nitrogênio e fósforo.

O aproveitamento de águas residuárias ricas em nutrientes na fertirrigação de culturas agrícolas, possibilita o aumento da produtividade e qualidade dos produtos colhidos, redução da poluição ambiental, além de promover melhoria nas características químicas, físicas e biológicas do solo (LO MONACO, GARCIA e MATOS, 2003).

Sabendo que nutrientes como nitrogênio, potássio e fósforo são fundamentais no cultivo de solos com baixa fertilidade, profundos, altamente intemperizados, características das classes Latossolos e Argissolos, que ocupam 58% do território nacional, acredita-se que métodos de tratamento que não contemplem a reciclagem de nutrientes estão condenados a desaparecer em um futuro próximo (LO MONACO et al, 2011).

Estudos para verificar a capacidade extratora de plantas em sistemas alagados utilizados no tratamento de águas residuárias de laticínios, constataram produtividade de 14,8 e 7,5 t ha⁻¹ de capim-Tifton 85 e capim elefante, respectivamente, quando se aplicou uma taxa de 320 kg ha⁻¹. d⁻¹ de DBO e SAC (Sistema Alagado Construído) (MATOS et al. 2010).

Por meio da análise foliar, GOMES et al, (2009), constataram que o efluente de esgoto doméstico tratado utilizado como fonte hídrica supriu totalmente as necessidades nutricionais de fósforo e enxofre da cultura de cana-de-açúcar.

Um estudo utilizando a fertirrigação de duas agroindústrias, sendo uma delas um laticínio, constatou que ambos contribuíram significativamente para o aumento do teor de nitrogênio total, nitrogênio amoniacal e nitrato na solução do solo, e elevaram a produtividade média da alface cultivar Tainá, conduzida em casa de vegetação (RODRIGUES et al. 2011).

A disposição de águas residuária no sistema solo-planta quando feito sem critérios agrônômicos e ambientais pode causar toxicidade às plantas, contaminação

do solo e das águas superficiais e subterrâneas (ERTHAL et al., 2010).

2.3.4. Efeitos do Efluente de Laticínio no Solo e Planta

Os efluentes líquidos gerados nos processos de produção de laticínios possuem elevados teores de matéria orgânica, gorduras, sólidos suspensos e nutrientes, e são considerados a principal fonte de poluição dessas indústrias.

De acordo com MATOS et al. (2010) a disposição destes efluentes no solo por fertirrigação, como fonte de nutrientes e água, pode ocasionar impactos ambientais positivos e/ou negativos no sistema solo-planta, relacionados a alterações físicas, químicas e biológicas.

Há muitas controvérsias a respeito da disposição de efluentes no solo. Entretanto, comparando com a hidrosfera e atmosfera, verifica-se que o solo constitui o melhor e mais seguro meio, para a disposição de poluentes. Sua capacidade de oxidação, precipitação e filtração, é mais segura do que o ar e água. Somando-se a isso, há a possibilidade deste efluente ser utilizado em recuperação de áreas degradadas, solos agrícolas e pastagens, pela sua composição nutritiva (MEDEIROS et al., 2008).

Os efeitos positivos da disposição de água residuária no solo estão, diretamente, relacionados à disposição de nutrientes oriundo da matéria orgânica presente no efluente, podendo proporcionar aumento da produtividade das espécies cultivadas, redução da poluição ambiental, além de promover melhorias em algumas propriedades físicas dos solos tais como a estruturação e estabilização dos agregados do solo, aumento da porosidade, retenção de água no solo, disponibilização de micro e macronutrientes, alteração no pH, capacidade de troca de cátions, e microbiologia do solo (ARAÚJO e BETTIOL, 2009).

E, em relação a CTC de acordo com SPERLING (1997), o lançamento de água residuária no solo, com elevada carga de DBO, origina aumento da matéria orgânica, fato que também pode estar atrelado ao efeito residual do ETL na área experimental. Pela característica coloidal da matéria orgânica contida no efluente de laticínio, sua adição confere ao solo maior quantidade de cargas negativas, diminuindo o potencial de lixiviação de cátions (BARROS, et al., 2010). QUEIROZ et al. (2004) aplicaram

Água Residuária de Suinocultura (ARS) em área com pastagem e também verificaram aumento da CTC em relação à testemunha que não recebeu ARS.

2.4. EUCALIPTO

O gênero *Eucalyptus* tem a sua origem na Austrália, Tasmânia e outras ilhas da Oceania. Existem cerca de 730 espécies reconhecidas botanicamente. Porém, não mais que vinte delas são atualmente utilizadas com fins comerciais em todo o mundo (EMILIANO *et al.*, 2014).

Segundo SOUZA *et al.*, 2006, o *Eucalyptus urograndis* é a espécie florestal mais plantada no Brasil, devido ao seu potencial produtivo e às características da madeira, sendo utilizada na produção de celulose, de papel, de painéis de fibra e de aglomerados combustíveis industriais e domésticos, e na indústria moveleira.

O Brasil tem 9,85 milhões de hectares de florestas plantadas, sendo 75,2% de eucalipto e 20,6% de pinus, conforme mostra o levantamento Produção da Extração Vegetal e da Silvicultura - 2017, divulgado em setembro de 2018 pelo IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). Os plantios de eucalipto estão localizados, principalmente, em Minas Gerais (24%), em São Paulo (17%) e no Mato Grosso do Sul (15%). O Paraná se destacou com alta de 8,6% em 2017 e valor de produção de R\$ 3,3 bilhões. Só em madeira para papel e celulose, a produção paranaense cresceu 15,6%, devido à ampliação do parque industrial, e com isso superou Minas Gerais, que teve crescimento de 3,8% e alcançou R\$ 3,2 bilhões, tendo o carvão vegetal como principal produto, que cresceu 7,4% e atingiu valor de produção de R\$ 2,1 bilhões (IBGE, 2018).

Para a adaptação do eucalipto o clima e o solo são os principais fatores ambientais que possam interferir. Em alguns locais, é importante pensar na ocorrência de pragas e doenças quando for escolher a espécie a ser plantada. Normalmente, os eucaliptos necessitam de solos com profundidades maiores que um metro e não se desenvolvem em solos encharcados. Outros fatores, como a fertilidade, acidez e compactação do solo podem ser corrigidos através do manejo adequado do solo (SILVA, 2005).

O eucalipto precisa de água tanto quanto outras espécies florestais, e

pesquisas mostram que usam melhor a água, produzindo normalmente mais folhas, casca, raiz e madeira por unidade de água consumida. As plantações de eucalipto precisam de nutrientes da mesma forma que outras espécies florestais menos que culturas agrícolas. A adubação é uma técnica importante tanto como em qualquer outra cultura, pois visa disponibilizar níveis adequados de nutrientes às mudas, tendendo a maximizar o crescimento e reduzir o tempo de produção das plantas para aumentar o retorno financeiro. Na Tabela 2 é apresentado alguns valores de nutrientes de uma análise foliar que pode servir de base para avaliar o estado nutricional da planta (ALFENAS et al. 2004).

Tabela 2 - Teores adequados de nutrientes presentes na folha de mudas de eucalipto

Nutriente (%)					
N	P	K	Ca	Mg	S
2,61	0,20	1,41	0,74	0,33	0,26
2,5 – 3,8	0,15 – 0,22	1,2 – 1,4	0,5 – 0,8	0,16 – 0,2	0,19 – 0,32
2,0 – 2,5	0,25 – 0,3	2,0 – 2,5	0,9	0,35	0,25
Nutrientes (ppm ou mg.Kg⁻¹)					
B	Cu	Fe	Mn	Mo	Zn
120	14	170	310	-	29
15 – 27	3,0 – 5,5	65 – 80	50 – 546	-	17 – 22
40 – 60	15	200	600	0,7	35

Fonte: Alfenas et al. (2004)

2.4.1. Toxicidade de íons específicos na planta

O Boro, é um elemento essencial para a nutrição vegetal embora requerido em pequenas quantidades (0,03 a 0,04 mg L⁻¹), porém ele passa a ser tóxico quando a concentração na água de irrigação excede 2,0 mg/L (ALMEIDA, 2010)

Quando existente nos efluentes, o Boro, normalmente apresenta-se na forma de ácido bórico, sendo suficiente para corrigir a deficiência natural do solo. Entretanto,

o Boro é mais lixiviável no solo do que os outros micronutrientes, podendo passar através do perfil do solo e atingir, juntamente com a água percolada, o lençol freático. Assim, concentrações significativas de Boro nos efluentes a serem reutilizados podem causar restrições em sua disposição (PELLEGRINI, 2005).

2.4.2. Excesso de Nitrogênio

Em relação ao excesso de nitrogênio no solo, 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 absorção de nitrogênio pelas culturas reduz a possibilidade de contaminação por nitrato, mas isso depende das taxas de absorção pelas plantas e das taxas de aplicação de efluentes no solo (HESPANHOL, 2006).

2.4.3. pH fora da faixa considerada adequada para a cultura

O pH influi no grau de solubilidade de diversas substâncias, na distribuição das formas livres e ionizadas de diversos compostos químicos, definindo inclusive o potencial de toxicidade de vários elementos (LIBÂNIO, 2008).

De acordo com Marques et al. (2003), elementos como Fe, Cu, Mn, Zn e Al têm suas disponibilidades reduzidas com a elevação do pH, enquanto que N, P, K, Ca, Mg, S, B, Mo e Cl têm suas disponibilidades aumentadas, em diferentes graus de intensidade. A disponibilidade é máxima quando o valor de pH está próximo à neutralidade.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1. LOCALIZAÇÃO DO EXPERIMENTO

A pesquisa foi desenvolvida em escala piloto na área interna de uma indústria de laticínios localizada no município de Matelândia, oeste do estado do Paraná à Latitude Sul 25°14'03.4" e Longitude Oeste 53°57'40.5".

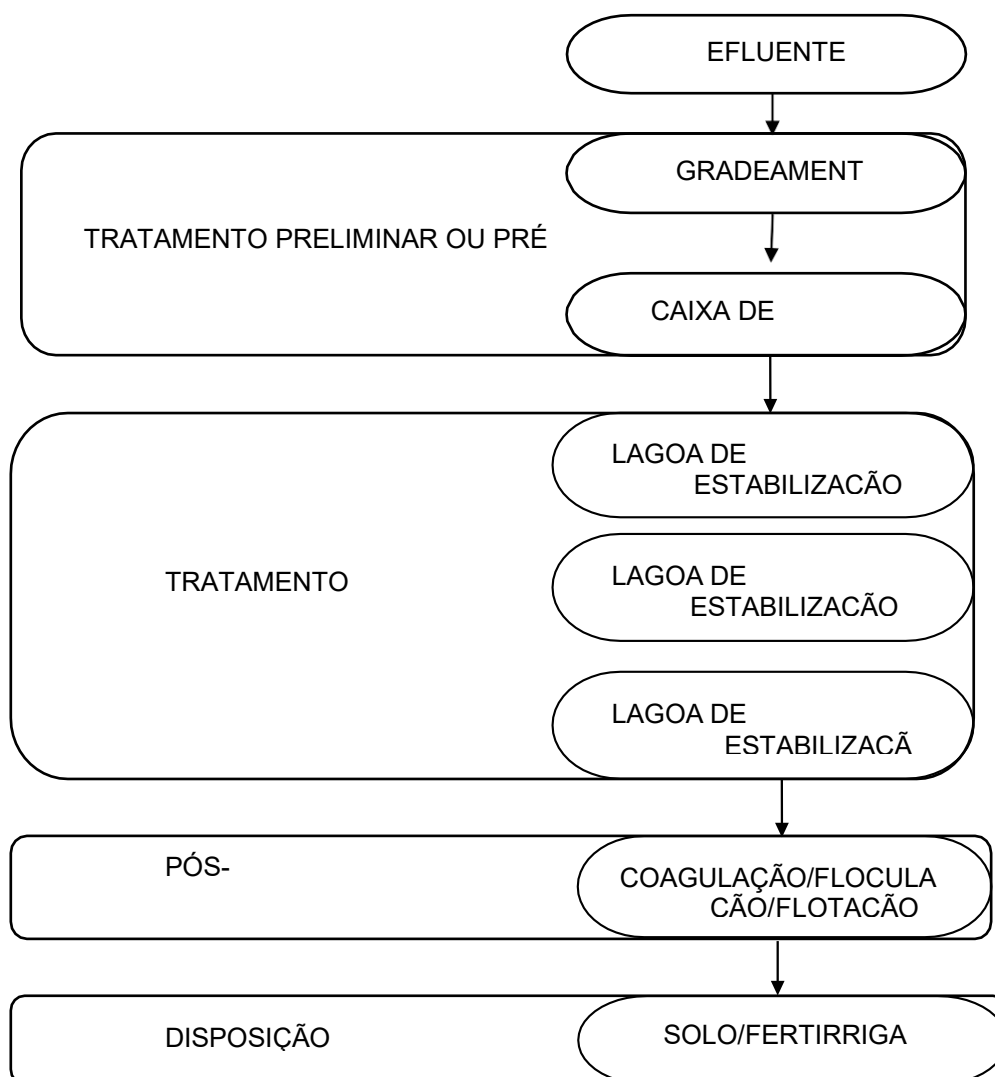
Fazem parte da sua linha de produção: iogurte, bebida láctea, creme de leite, sobremesa láctea, leite fermentado e queijo *petit suisse*. Atualmente a indústria recebe cerca de 123.000 litros de leite por mês. A produção na unidade para o período do experimento que foi de setembro de 2017 a março de 2018 ultrapassou 36 mil toneladas de produtos.

Neste mesmo período, a média de água potável consumida para o processo foi de 390 m³/dia. A água utilizada nos processos e para consumo humano é proveniente de poço tubular profundo e da rede pública fornecida por concessionária.

3.2. CARACTERIZAÇÃO DO SISTEMA DE TRATAMENTO DE EFLUENTES DA INDÚSTRIA DE LATICÍNIOS

O processo de produção do laticínio é composto por uma linha de produção independente que gera atualmente 480 m³ de efluentes líquidos por dia, ou 20 m³/h, variáveis de acordo com a produção. O efluente coletado na indústria é conduzido até as unidades que compõe o sistema de tratamento, passando pelo gradeamento, caixa de gordura, medidor de vazão tipo Calha Parshall, lagoa anaeróbia I e II, lagoa aerada, pós-tratamento físico-químico (coagulação/floculação/flotação FAD) e disposição em solo. O fluxograma do sistema de tratamento, pode ser observado na Figura 1.

Figura 1 - Fluxograma do Sistema de Tratamento da indústria de laticínio



Fonte: Autoria Própria (2017)

A água residuária que foi utilizada no experimento constituiu o efluente final do sistema de tratamento da indústria de laticínios, sendo que foi coletada e imediatamente após passar pelo sistema de pós-tratamento e enviado para o local do experimento dentro da área da indústria, não sendo necessário refrigeração em câmaras de resfriamento.

O efluente final, que será denominado como efluente tratado de laticínio (ETL) teve suas características físicas e químicas monitoradas no início do experimento, aos 90 dias e 180 dias do experimento e foram coletados e amostrados de acordo com a NBR 9898 (ABNT, 1997).

3.3. CARACTERIZAÇÃO DO EFLUENTE DA INDÚSTRIA DE LATICÍNIO

O efluente foi caracterizado segundo os seguintes parâmetros: demanda química de oxigênio (DQO), demanda bioquímica de oxigênio (DBO), pH, sólidos sedimentáveis, nitrogênio amoniacal total, nitrito e nitrato, óleos e graxas vegetais e gorduras animais, e fósforo total. As análises foram realizadas em conformidade com o Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (APHA, AWWA, WEF, 2012) pelo Laboratório A3Q de Cascavel/PR.

Tabela 3 - Caracterização físico-química do efluente de laticínio

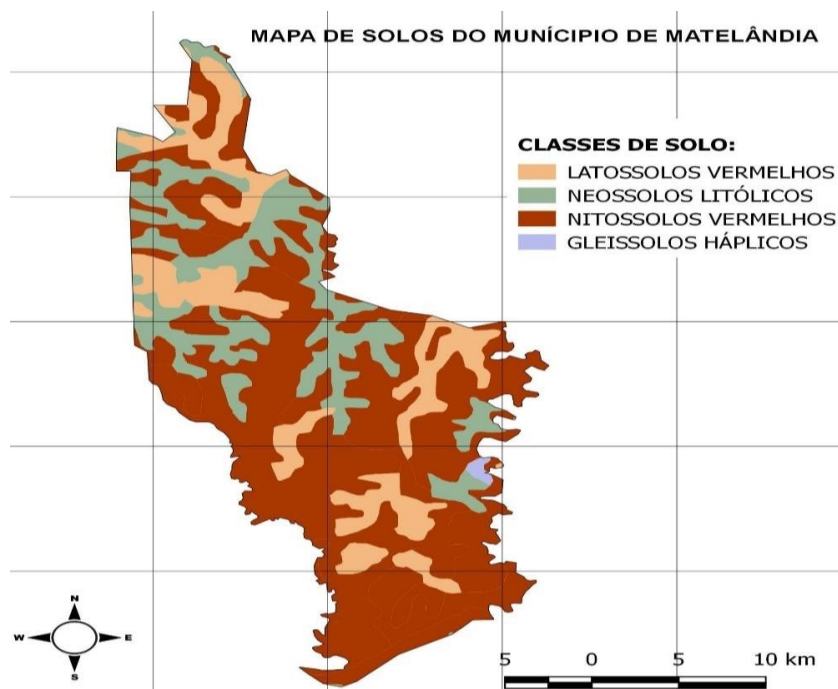
PARÂMETRO	UNIDADE	MÉTODO
pH	-	4500 - H+B
Demanda Bioquímica De Oxigênio - DBO	mg L ⁻¹	5210 B - DBO 5 dias
Demanda química de oxigênio – DQO	mg L ⁻¹	5220 D
Sólidos sedimentáveis	mL L ⁻¹	2540 F
Fósforo Total	mg L ⁻¹	4500 P - E
Nitrogênio Amoniacal	mg L ⁻¹ de N-NH ₄	4500 - NH ₃ F
Nitrito	mg L ⁻¹ de N-NO ₂	4500-NH ₃ B –FIA
Nitrato	mg L ⁻¹ de N-NO ₃	4500-NH ₃ B –FIA
Óleos e graxas vegetais + gorduras animais	mg L ⁻¹	5520 D

Fonte: APHA, AWWA, WEF (2012)

3.4. CARACTERIZAÇÃO DO SOLO

O município onde se localiza o experimento segundo a EMBRAPA, 2013 é possível, identificar três principais tipos de solo, sendo Latossolo Vermelho, Nitossolo Vermelho e Neossolo Litólico, como pode-se ver na Figura 2.

Figura 2 - Mapa de solos do Município de Matelândia



Fonte: EMBRAPA (2013)

O material utilizado no experimento foi proveniente do perfil natural de um Latossolo Vermelho Eutroférico (EMBRAPA, 2013). Foram utilizadas duas parcelas de solo retiradas de locais diferentes dentro da área pertencente ao laticínio, numa profundidade de 30 cm. Uma das áreas, com 12,1 hectares, está sendo utilizada atualmente pela indústria para plantio de eucalipto e vem sendo fertirrigada via aspersão com o efluente numa vazão de 20 m³/h por um período de 9 horas diárias. Esta área já vem sendo utilizada com esta vazão para fertirrigação por um período de aproximadamente 30 meses. Este solo foi denominado para o experimento como Solo Fertirrigado (SF).

A outra parcela de solo foi retirada de uma área de aproximadamente 72.000 m², ao lado do local do experimento, composta por um remanescente de vegetação nativa, sendo que este solo não teve contato com o efluente antes do experimento. Esta parcela de solo ficou denominada para o experimento como Solo Não Fertirrigado (SNF).

3.5. MUDAS DE EUCALIPTO

As mudas de *Eucalyptus urograndis*, utilizadas no experimento foram cedidas pela indústria de laticínio, a qual já possui uma área de reflorestamento com a mesma espécie, e quando atingem a idade para corte, são utilizadas na empresa para alimentação das caldeiras.

As mudas permaneceram em sacos plásticos originais para plantio até a montagem do experimento, quando atingiram altura média de 21 cm. Foram dispostas uma muda por vaso, sendo plantadas ao centro do mesmo com o uso de uma pá de jardinagem, numa profundidade de 25 cm.

3.6. DESCRIÇÃO DO EXPERIMENTO

O experimento foi conduzido no período de setembro de 2017 a março de 2018, sendo utilizadas mudas de *Eucalyptus urograndis*, plantadas em recipientes plásticos com capacidade de 20 litros. Foram efetuados o monitoramento de 30 unidades experimentais divididas em duas parcelas. Foi plantada uma muda de *Eucalipto urograndis* por recipiente que recebeu diariamente o volume de irrigação pré-definido. O cálculo do volume de irrigação a ser adicionado no recipiente foi feito utilizando como base a vazão de fertirrigação já realizada pela empresa, numa área de 121.000,00 m², num período de 9 horas, sendo esta vazão 20 m³/h.

O volume fertirrigado foi calculado para a área do recipiente que é de 0,07m². Sabendo que o volume de fertirrigação da empresa é de 14,87 m³/ha ajustou-se esse valor para o recipiente onde obteve-se um valor de 100 mL.

O delineamento experimental foi montado em blocos casualizados, definidos com 5 lâminas de fertirrigação, 2 parcelas de solo, com 3 repetições.

O tempo de avaliação do experimento foi de 180 dias. O início dos estudos se deu a partir da montagem e disposição das condições padrão para cada tratamento (Tabela 3). A análise de solo, medição de altura e diâmetro de caule

de cada muda foi realizada no início do experimento, em setembro de 2017, 90 dias após o plantio, em dezembro de 2017 e no final do experimento, em março e abril de 2018.

Tabela 4 - Tratamentos aplicados no experimento

TRATAMENTOS	DESCRIÇÃO	VOLUME
SFT0	Irrigação com água em solo fertirrigado	100 mL
SNFT0	Irrigação com água em solo não fertirrigado	100 mL
SFT1	Irrigação com efluente em solo fertirrigado	50 mL
SNFT1	Irrigação com efluente em solo não fertirrigado	50 mL
SFT2	Irrigação com efluente em solo fertirrigado	100 mL
SNFT2	Irrigação com efluente em solo não fertirrigado	100 mL
SFT3	Irrigação com efluente em solo fertirrigado	200 mL
SNFT3	Irrigação com efluente em solo não fertirrigado	200 mL
SFT4	Irrigação com efluente em solo fertirrigado	400 mL
SNFT4	Irrigação com efluente em solo não fertirrigado	400 mL

Fonte: Autoria própria (2017).

3.7. PARÂMETROS MONITORADOS E AVALIADOS

Para análise de crescimento das mudas, foram realizadas três avaliações. A primeira, feita 30 dias do plantio das mudas nos recipientes (uma muda cada recipiente, totalizando 30 mudas). Já a segunda foi realizada 90 dias após o plantio. E a terceira após completar 180 dias do experimento. Neste período as mudas foram irrigadas com água de abastecimento e fertirrigadas com água efluente tratado de laticínio (quinze mudas para cada parcela de solo, sendo fertirrigado e não fertirrigado, num total de 30).

As avaliações consistiram, em cada unidade experimental, da determinação da altura e determinação do diâmetro de coleto. A altura foi medida por meio de uma

régua graduada. O diâmetro do colo foi determinado com o auxílio de um paquímetro.

Para a análise foliar, foram coletadas folhas das mudas (mudas com 180 dias de idade) após a utilização das diferentes lâminas de efluente. As folhas foram secas em estufa a 65°C e encaminhadas ao laboratório para análise dos teores de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, enxofre, zinco, ferro, manganês, cobre e boro; conforme Metodologia utilizada pela EMBRAPA (1999).

Antes do início da etapa experimental, foi coletada numa profundidade de 20 cm, uma amostra de cada parcela de solo do experimento, de aproximadamente 200 gramas que foi encaminhada ao laboratório para determinação do pH, da concentração de, Fósforo (P), Potássio (K), Cálcio (Ca^{+2}), Magnésio (Mg^{+2}), Alumínio (Al^{+3}), Acidez potencial (H+Al), Sódio (Na), Carbono (C), Matéria Orgânica, Ferro (Fe), Cobre (Cu), Zinco (Zn), Manganês (Mn), Enxofre (S) e Boro (B). Nas mesmas amostras, foram determinadas o teor de argila, areia, silte, e Condutividade Elétrica. As análises de solo, análise de tecido vegetal seguiram a metodologia da EMBRAPA (2009) e EMBRAPA (2011). A partir dos valores obtidos foram calculados os valores de capacidade de troca catiônica a pH 7, soma de bases e saturação de bases.

Aos 90 dias e no final do experimento, para cada recipiente de planta utilizado no experimento, foi retirada uma sub-amostra de 300 gramas de solo, também encaminhada ao laboratório para determinação das seguintes características: pH, condutividade elétrica, nitrogênio, matéria orgânica, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, cobre e zinco, conforme a metodologia mencionada no parágrafo anterior. A partir dos resultados foram calculados: soma de bases, e capacidade de troca catiônica a pH 7.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. QUALIDADE DAS ÁGUAS DE IRRIGAÇÃO

Tendo em vista que os nutrientes presentes nos efluentes possam ser utilizados pelas plantas como fonte de nutrientes, alguns cuidados quanto à utilização dessas águas na irrigação de culturas precisam ser considerados.

Os resultados da Tabela 5 mostram a caracterização do efluente tratado de laticínio (ETL), utilizado para fertirrigação das parcelas de solo em estudo no início do experimento.

Tabela 5 - Caracterização química do efluente de laticínio pós tratamento

PARÂMETRO	UNIDADE	RESULTADO
pH	U pH	6,6
Demanda Bioquímica De Oxigênio – DBO 5/20 °C	mg L ⁻¹	95,75
Demanda química de oxigênio – DQO	mg L ⁻¹	199,50
Sólidos sedimentáveis	mL L ⁻¹	<0,10
Fósforo total	mg L ⁻¹	1,86
Nitrogênio amoniacal total	mg L ⁻¹ de N-NH ₄	34,37
Nitrito	mg L ⁻¹ de N-NO ₂	<0,06
Nitrato	mg L ⁻¹ de N-NO ₃	1,00
Óleos e graxas vegetais + gorduras animais	mg L ⁻¹	<5,00
Condutividade Elétrica	μS cm ⁻¹	1453
Salinidade	mg L ⁻¹	1753
K	mmol _c L ⁻¹	3,6
Ca	mmol _c L ⁻¹	3,2
Na	mmol _c L ⁻¹	23,0
Mg	mmol _c L ⁻¹	0,7

Fonte: Autoria própria (2017).

Este efluente é proveniente da limpeza e desinfecção de equipamentos (tanques, dornas, centrífugas, pasteurizador-homogeneizador, tubulações,

etc.), quebra de embalagens contendo leite, perdas no enchimento das embalagens elubrificação de transportadores, da indústria de laticínio.

Observa-se que o pH foi ligeiramente ácido (6,6 U pH) para a água residuária do laticínio. AYERS & WESTCOT (1991), recomendam que o valor do pH se encontre entre 6,5 a 8,4, sendo assim, o pH encontra-se dentro do recomendado pelo autor. A concentração H^+ e OH^- , contida nas águas de irrigação, pode exercer influência na disponibilidade e absorção de nutrientes por parte das plantas, na estrutura e propriedades do solo e nos sistemas de irrigação. HESPANHOL (2002) atribui números para alguns atributos da água residuária utilizada para fins agrícolas, como possuir um pH entre os limites 6,0 e 8,5 e valores da demanda bioquímica de oxigênio (DBO), ou seja, a matéria orgânica presente na água, de até 100 mg/L, e ainda que para culturas consumidas cozidas os valores de DBO não devem ultrapassar 30 mg/L e 10 mg/L para plantas consumidas cruas, sendo que o valor da DBO apresentado na Tabela 5 é de $95,75 \text{ mgL}^{-1}$, considerado aceitável para irrigação com fins agrícolas.

Era esperado um alto teor de nutrientes no efluente, já que se são oriundos de um empreendimento de laticínio onde a carga orgânica é alta, com destaque para o nitrogênio e fósforo. Embora estes nutrientes possam ser utilizados pelas plantas, alguns cuidados quanto a utilização dessa água residuária na irrigação de cultura precisa ser considerado, dentre eles a salinidade (SOUZA *et al.*, 2000).

Segundo Meurer *et al.*, (2000) a vinhaça, que é largamente utilizada nas lavouras canavieiras possui, elementos que, dependendo da concentração, podem ser considerados como contaminantes de águas superficiais e subterrâneas, como o fosfato e o nitrato, respectivamente. Esses elementos, têm gerado, nos últimos anos, grande preocupação acerca dos efeitos, principalmente do nitrato, na saúde da população humana e animal como, também, o crescimento (diminuto ou excessivo) das plantas e a qualidade do ambiente (eutrofização).

Dentre outras características que podem determinar a qualidade da água para a irrigação, a concentração de sais solúveis ou a salinidade, é um fator que limita o desenvolvimento de algumas culturas. Isto porque, além dos riscos de desestruturação da camada superficial do solo, a alta concentração de sais na água de irrigação pode desencadear um estresse hídrico, não pela falta de água, mas por diminuir o potencial osmótico da solução do solo, dificultando a absorção de água

pelas plantas (GHEYI; DIAS; LACERDA, 2010).

Segundo Ayers & Westcot (1999), águas com Razão de Adsorção de Sódio (RAS) entre 0 e 3 e condutividade elétrica menor que $0,2 \text{ dS m}^{-1}$ apresentam severa restrição ao uso na irrigação, enquanto águas com o mesmo valor de RAS, porém com condutividade elétrica maior que $0,2$ e menor que $0,7 \text{ dS m}^{-1}$ apresentam moderada restrição ao uso. Para o caso do efluente do laticínio, a condutividade elétrica apresentada foi de $1453 \mu\text{S cm}^{-1}$, que transformando em decismiens por metro é $1,453 \text{ dS m}^{-1}$, e coloca o efluente com moderada restrição para seu uso.

No Brasil não há uma resolução e/ou uma legislação de normas específicas de lançamento direto de efluentes no solo. Na Resolução nº 430 do CONAMA (2011), deixa-se claro que na disposição de efluentes no solo, mesmo tratados, não está sujeita aos parâmetros e padrões de lançamento dispostos nesta Resolução.

4.2. CRESCIMENTO DAS MUDAS

Para a análise de crescimento das mudas, foram realizadas 3 avaliações. A primeira, feita 30 dias após o plantio das mudas nos recipientes. A segunda foi realizada 60 dias após a primeira avaliação. Já a terceira foi realizada 90 dias após a segunda avaliação, totalizando 180 dias de experimento. Neste período as mudas foram irrigadas diariamente com efluente tratado do laticínio.

As avaliações consistiram na determinação da altura e diâmetro de coletadas mudas.

O resumo da análise de variância dos dados encontrados para as características de crescimento no final do experimento encontra-se na Tabela 6.

Tabela 6 - Resumo da análise de variância para os fatores de estudo, Altura (H) e Diâmetro (D) de mudas de *Eucalipto urograndis* em função das doses de efluente tratado de laticínio

Fonte de variação	GL	H	D
	QM	--m--	--mm--
Solos	1	0,54 *	156,4 *
Blocos	2	0,12 ns	0,808 ns
Doses de efluente	4	0,01 ns	5,37 *
Solos: Doses de efluente	4	0,022 ns	5,65 *

ns- não significativo;*** significativo de 0 a 0,1% de probabilidade; ** significativo a 1% de probabilidade; * significativo a 5% de probabilidade; GL – Graus de Liberdade; QM – Quadrado médio.

Fonte: Autoria própria (2017).

De acordo com a análise de variância, houve interação significativa nas características de crescimento, na variável altura, apenas para o fator solo e para a variável diâmetro para os fatores solo, dose de efluente e na interação entre solo e efluente, no final do experimento. Na Tabela 6 é possível verificar a comparação entre a Altura (H) e o Diâmetro das mudas em relação ao Solo Fertirrigado (SF) e Solo Não Fertirrigado (SNF).

Tabela 7 - Comparação entre Altura (H) e Diâmetro(D) de mudas irrigadas com água de abastecimento e diferentes lâminas de efluente tratado de laticínio em função dos solos Não Fertirrigado (SNF) e Fertirrigado (SF)

Solo	H	D
	--m--	--mm--
SF	0,62 b	9,63 b
SNF	0,89 a	14,2 a
CV(%)	32,09	5,19

Fonte: Autoria própria (2017).

Para a característica de crescimento altura, não houve interação entre os tratamentos, porém os tratamentos com as maiores lâminas de aplicação do efluente (T3 e T4) proporcionaram as maiores médias para as mudas em relação ao Solo Não

Fertirrigado. Já para o Solo Fertirrigado, os tratamentos T1 e T2 foram os que melhores médias apresentaram.

Para a característica de crescimento diâmetro, houve interação significativa entre os tratamentos, entre o solo e entre o solo em função dos tratamentos.

Tabela 8 - Interação da característica crescimento Diâmetro (mm) das mudas de *Eucalyptus urograndis* irrigadas com água de abastecimento e diferentes lâminas de efluente tratado de laticínio em Solo Fertirrigado (SF) e Solo Não Fertirrigado (SNF)

Solo	T0	T1	T2	T3	T4
SF	9,50 b	9,83 b	9,66 b	9,83 b	9,33 b
SNF	12,50 a	12,66 a	13,33 a	16,50 a	16,00 a
CV(%)	5,19				

As médias seguidas de letras diferentes na coluna diferem estatisticamente entre si.

Fonte: Autoria própria (2017)

Considerando as duas parcelas de solo avaliadas, nota-se que o SF apresentou valores menores para todos os tratamentos apresentados em ambas características para crescimento avaliadas. Já o SNF destacou os tratamentos T3 e T4, 200 e 400 ml, respectivamente, onde obtiveram os maiores resultados para as mudas de *Eucalyptus urograndis* para as características avaliadas diâmetro e altura.

Tal resultado provavelmente está relacionado a maior quantidade de nitrogênio disponibilizada ao longo do experimento nestas duas lâminas de tratamento, com as aplicações diárias do efluente, e com a condição do solo ainda não saturado, de promover a disponibilidade para planta.

De acordo com Kappes et al. (2009), o elemento é altamente requerido para o desenvolvimento em altura em períodos iniciais de desenvolvimento das mudas de eucalipto.

Pelissari et al. (2009) utilizando água residuária da suinocultura na produção de mudas de *Eucalyptus grandis*, observaram que a utilização deste tipo de fertirrigação propiciou maiores valores de diâmetro de colo e altura das mudas, conseguindo uma antecipação de 90 para 60 dias na etapa da produção das mudas.

A característica de crescimento altura é considerada como uma das variáveis mais antigas na classificação e seleção de mudas, e ainda continua apresentando

uma contribuição importante (PARVIAINEN, 1981).

Para Gomes *et al.* (2003), em estudo analisando as características morfológicas na avaliação da qualidade de mudas de *Eucalyptus grandis*, a adoção somente da altura para estimar a qualidade de mudas poderá ser válida, uma vez que o parâmetro apresenta boa contribuição relativa, não é um método destrutivo, além de facilidade de obtenção.

No entanto Fonseca (2002), relata em seu estudo que, a utilização de variáveis isoladas na classificação de qualidade de mudas, pode acarretar em erros, como o descarte de mudas menores, porém com maior vigor.

4.3. TEORES DE MACRO E MICRONUTRIENTES DAS FOLHAS

Os resultados da análise foliar das mudas, realizada no final do experimento, utilizando diferentes lâminas de irrigação de efluente e uma lâmina de água de abastecimento, encontra-se no Gráfico 1 e 2 abaixo e referem-se a teores de macro e micronutrientes e foram retiradas das duas parcelas de solo, sendo Solo Fertirrigado (SF) e Solo Não Fertirrigado (SNF) respectivamente.

Gráfico 1 - Teores médios de macronutrientes presentes nas folhas de *Eucalyptus urograndis* em cada tratamento cultivado em parcela de Solo Fertirrigado(SF) e Solo Não Fertirrigado



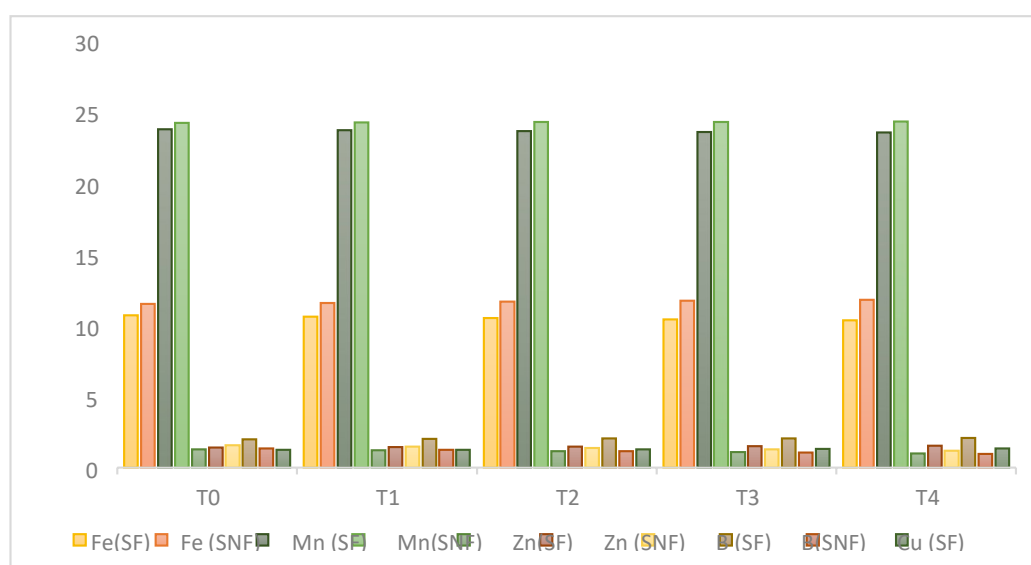
Fonte: Autoria própria (2017)

T4 apresentou melhor resultado para o conteúdo de Nitrogênio (N) nas folhas, com teor médio obtido de 16,18 g/kg. Isso é de grande importância, já que as plantas necessitam de nitrogênio em maior quantidade na fase ativa de crescimento, como estimulante na produção de clorofila, responsável pela produção de folhas fortes e de verde intenso, além da formação das defesas vegetais contra pragas (CORSI, 1986). O bom desempenho de T4 revela que a planta, sob irrigação do efluente com lâmina de 400 ml, foi o melhor fornecedor de nitrogênio para a planta, entre os tratamentos analisados.

Embora T4 tenha apresentado novamente bom resultado, com teor de 1,05 g/kg de fósforo nas folhas, em geral houve semelhança com os demais tratamentos. O Fósforo (P) é crucial no metabolismo das plantas, desempenhando papel importante na transferência de energia da célula, na respiração e na fotossíntese (GRANT *et al.*, 2001).

Os resultados de Potássio (K) revelam que o conteúdo nas folhas não teve diferença significativa entre os tratamentos apenas em relação ao fator solo, com os maiores valores para T3 e T2 (7,93 g/kg, respectivamente). Segundo Jacoby (1994), o potássio está envolvido no crescimento de tecidos meristemáticos, já que os fitohormônios que participam desse processo são postos em ação pelo nutriente, com a função de crescimento longitudinal.

Gráfico 2 - Teores médios de micronutrientes presentes nas folhas de *Eucalyptus urograndis* em cada tratamento cultivados em parcela de Solo Fertirrigado e Solo Não Fertirrigado (SNF)



Fonte: Autoria própria (2017)

Os teores de Ferro (Fe) nas folhas das mudas foram maiores no plantio em Solo Não Fertirrigado. Em plantios de *Dalbergia Sissoo* com 2 anos de idade, Singh e Bhati (2005), observaram maior teor foliar de ferro nas mudas fertirrigadas com efluente de esgoto municipal do que nas mudas irrigadas com água de canal superficial. Augusto et al. (2007) utilizando água com fertilizantes e efluente de esgoto doméstico tratado na fertirrigação de mudas de *E. grandis*, obtiveram maior teor de ferro nas mudas com a utilização dos fertilizantes. No entanto o teor de ferro nas mudas fertirrigadas com efluente ficou dentro da faixa adequada para cultura.

Os teores de Manganês (Mn) nas folhas das mudas se assemelharam muito entre os tratamentos não havendo diferença significativa entre eles, apenas entre os solos. O manganês é um nutriente essencial para os vegetais, satisfazendo tanto o critério direto quanto o indireto de essencialidade, o elemento apresenta grande importância no metabolismo das plantas, atuando como ativador de enzimas, na síntese de clorofila e fotossíntese (FAGERIA, 2001).

A faixa considerada adequada do nutriente por Silveira et al. (1999) é de 200 a 840 mg kg⁻¹. Para Leite (2003) o valor adequado é de 600 mg kg⁻¹. Todos os tratamentos apresentaram resultado dentro da amplitude de variação estabelecida pelo primeiro autor.

Os resumos das análises de variância dos dados encontrados para os teores dos macros e micronutrientes encontram-se nas Tabelas 9 e 10 respectivamente.

Tabela 9 - Resumo da análise de variância para os teores de macronutrientes nas folhas irrigadas com água de abastecimento e diferentes lâminas de efluente tratado de laticínio em função do Solo

Não Fertirrigado (SNF) e Solo Fertirrigado (SF)

Fonte de variação	GL	N	P	K	Ca	Mg	S
		-g/kg-	--g/kg--	--Cmol.dm3--	--Cmol.dm3--	--Cmol.dm3--	--mg.dm3--
QM							
Solos	1	23,65 _*	0,075 _*	1,91 _*	2,32 _*	0,72 _*	0,046 _*
Blocos	2	0,19	0,001	0,000053	0,07	0,027	0,0003
Doses de efluente	4	0,007 _{ns}	0,000037 _{ns}	0,000095 _{ns}	0,001520 _{ns}	0,000045 _{ns}	0,000003 _{ns}
Solos: Doses de efluente	4	0,002 _{ns}	0,000050 _{ns}	0,000038 _{ns}	0,045380 _{ns}	0,009 _{ns}	0,000147 _{ns}
Resíduo	18	0,003	0,000075	0,000053	0,021	0,006	0,000463

ns- não significativo;*** significativo de 0 a 0,1% de probabilidade; ** significativo a 1% de probabilidade; * significativo a 5% de probabilidade; GL – Graus de Liberdade; QM – Quadrado médio.

Fonte: Autoria própria (2017).

Em relação aos teores de Zinco (Zn) nas folhas, verificou-se que houve efeito significativo em relação ao solo, e em relação ao tratamento com a utilização do efluente de laticínio.

Já em plantio de *Dalbergia Sissoo* (*indian rosewood*) com 2 anos de idade, Singh e Bhati (2005) observaram maiores teores foliares de zinco nas mudas fertirrigadas com efluente de esgoto municipal do que nas mudas irrigadas com água de canal superficial. Os teores de manganês considerado adequado para cultura é em torno de 100-600 mg kg⁻¹ por Martinez (1999).

Augusto et al. (2007), verificou que os teores médios de zinco em folhas de *E. grandis* ficaram dentro da faixa considerada adequada para cultura (55 mg kg⁻¹); porém maiores teores de zinco foram obtidos com a utilização de água com fertilizantes (131,75 mg kg⁻¹).

O zinco é essencial para a síntese do triptofano, que por sua vez é um precursor do AIA (ácido indol acético), o qual é um dos responsáveis pelo aumento no volume celular. Um dos sintomas da carência de zinco consiste no encurtamento dos internódios e na produção de folhas novas, pequenas, cloróticas e lanceoladas (Malavolta, 1980).

O Boro (B) é um nutriente que satisfaz apenas o critério indireto de essencialidade, pois ainda não se encontrou nenhum composto vital no qual ele participe, ou qualquer reação crucial do metabolismo que é interrompida na sua ausência (MARSCHNER, 2012).

Embora não seja completamente esclarecida a precisão da função do elemento no metabolismo dos vegetais, evidências sugerem que ele executa funções importantes no alongamento da célula, na síntese de ácidos nucleicos, nas respostas a hormônios e na integridade estrutural da parede celular (FAGERIA, 2001).

Tabela 10 - Resumo da análise de variância para os teores de micronutrientes nas folhas irrigadas com água de abastecimento e diferentes lâminas de efluente tratado de laticínio em função do Solo Não Fertirrigado (SNF) e Solo Fertirrigado (SF)

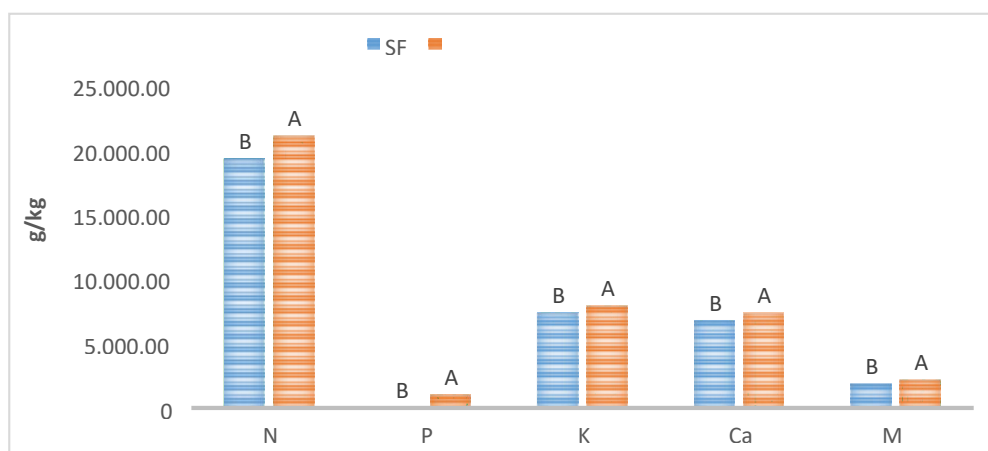
Fonte de variação	GL	Zn	Fe	Mn	Cu	B
		--mg/kg--	--mg/kg --	--mg/kg --	--mg.dm3--	--mg/kg --
QM						
Solos	1	0,80 *	9,72 *	2,91 *	0,13 ns	3,29 *
Blocos	2	0,03	0,34	0,007	0,83	0,09
Doses de efluente	4	0,009 ns	0,0007 ns	0,005 ns	0,01 ns	0,01 ns
Solos: Doses de efluente	4	0,03 *	0,10 ns	0,02 ns	0,05 ns	0,05 ns
Resíduo	18	0,004	0,06	0,01	0,03	0,04

ns- não significativo; *** significativo de 0 a 0,1% de probabilidade; ** significativo a 1% de probabilidade; * significativo a 5% de probabilidade; GL – Graus de Liberdade; QM – Quadrado médio.

Fonte: Autoria própria (2017).

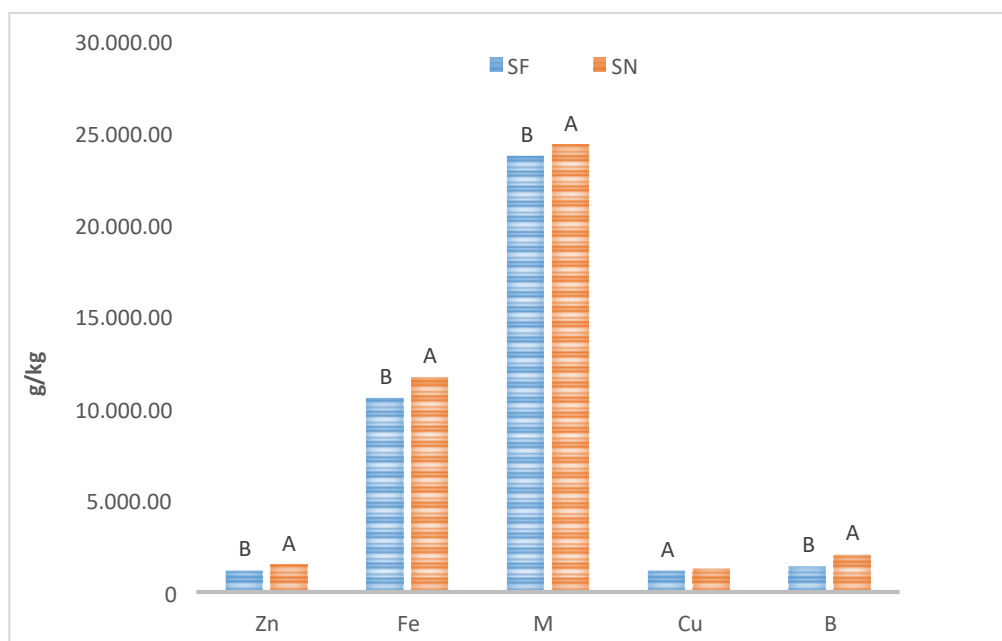
De acordo com o Teste de Tukey para os macronutrientes, os teores de Nitrogênio, Fósforo, Potássio, Cálcio e Magnésio diferiram entre si para o fator Solo, aos níveis de 5% de probabilidade.

Gráfico 3 - Teores médios de macros nutrientes nas folhas de *Eucalyptus urograndis* ao final do experimento



Fonte: Autoria própria (2017)

Gráfico 4 - Teores médios de micronutrientes presente nas folhas de *Eucalyptusurograndis* ao final do experimento



Fonte: Autoria própria (2017)

Já para os micronutrientes, houve diferença para os teores de Zinco, Ferro, Manganês e Boro.

Os teores de Nitrogênio nas folhas das mudas cultivadas na parcela de Solo Não Fertirrigada foram maiores do que quando cultivadas na parcela de Solo Fertirrigada. Isso é possível verificar para os demais macronutrientes, que se

comportaram da mesma foram em relação ao solo.

Tabela 11 - Interação do Nitrogênio nas folhas de *Eucalyptus urograndis* dentro de cadatratamento

Solo	T0	T1	T2	T3	T4
SF	19,32 b	19,33 b	19,34 b	19,35 b	19,36 b
SNF	21,04 a	21,08 a	21,11 a	21,15 a	21,18 a
CV(%)	0,31				

As médias seguidas de letras diferentes na coluna diferem estatisticamente entre si.

Fonte: Autoria própria (2017).

Comparando o teor de Nitrogênio obtido na análise (Tabela 9), observam-se, que após a utilização das diferentes lâminas de efluente, teores de nitrogênio nas folhas das mudas irrigadas com efluente tratado de laticínio ficaram acima da faixa considerada adequada para o eucalipto para ambos os solos (13 e 18 gkg⁻¹) por Gonçalves et al. (1997).

Augusto et al. (2007) observaram que a utilização de efluente de esgoto doméstico tratado em sistema de subirrigação de mudas de *E. grandis*, proporcionou maior teor de nitrogênio amoniacal nas folhas das mudas do que utilização de água com fertilizantes minerais, não sendo observado nenhum efeito de toxicidade.

Já em sua pesquisa, Augusto et al. (2003), utilizando efluente de esgoto doméstico tratado e água com fertilizantes em sistema de subirrigação de mudas de *Croton floribundus* (capixingui), não observaram diferença nos teores de nitrogênio nas folhas das mudas.

Tabela 12 - Interação do Fósforo nas folhas de *Eucalyptus urograndis* dentro de cada tratamento

Solo	T0	T1	T2	T3	T4
SF	0,95 b	0,94 b	0,94 b	0,95 b	0,95 b
SNF	1,04 a	1,04 a	1,05 a	1,05 a	1,05 a
CV(%)	0,87				

As médias seguidas de letras diferentes na coluna diferem estatisticamente entre si.

Fonte: Autoria própria (2017).

Os teores de Fósforo nas mudas foram diferentes para a utilização dentro de cada tratamento (Tabela 12), apesar do efluente de laticínio ter apresentado maior teor de Fósforo ($1,86 \text{ mg L}^{-1}$) os teores ainda são considerados dentro do aceitável para cultura ($1,0$ a $1,2 \text{ g kg}^{-1}$) por Martinez et al. (1999).

Tabela 13 - Interação do Potássio nas folhas de *Eucalyptus urograndis* dentro de cada tratamento

Solo	T0	T1	T2	T3	T4
SF	7,42 b	7,41 b	7,41 b	7,42 b	7,42 b
SNF	7,92 a	7,92 a	7,92 a	7,93 a	7,93 a
CV(%)	0,09				

As médias seguidas de letras diferentes na coluna diferem estatisticamente entre si.

Fonte: Autoria própria (2017).

Os teores de potássio nas folhas diferiram com a utilização das diferentes lâminas de efluente, sendo o valor maior obtido no Solo Não Fertirrigado.

Diferente do presente trabalho, Singhe & Bhati (2005) observaram que os teores de potássio nas folhas de *Dalbergia sissoo* (indian rosewood) foram iguais tanto com a utilização de efluente de esgoto municipal, como com água de fontes superficiais. No entanto, Augusto et al. (2007), utilizando efluente de esgoto e água de abastecimento com fertilizantes minerais na irrigação de mudas de *Eucalyptus grandis* via subirrigação, verificaram maior teor de potássio com a utilização do efluente de esgoto.

Tabela 14 - Interação do Cálcio nas folhas de *Eucalyptus urograndis* dentro de cadatratamento

Solo	T0	T1	T2	T3	T4
SF	6,94 b	6,88 b	6,81 b	6,75 b	6,68 b
SNF	7,27 a	7,32 a	7,36 a	7,41 a	7,45 a
CV(%)	2,06				

As médias seguidas de letras diferentes na coluna diferem estatisticamente entre si.

Fonte: Autoria própria (2017).

Os teores de cálcio nas folhas foram menores no Solo Fertirrigado (SF) do que no Solo Não Fertirrigado (SNF).

Levando-se em consideração que o teor de cálcio inicial no Solo Fertirrigado era superior do que no Solo Não Fertirrigado, é provável tenha havido um efeito de diluição do cálcio e uma melhor absorção pela cultura.

No entanto, o teor de cálcio nas mudas fertirrigadas com efluente de laticínio encontra-se na faixa considerada inferior para a cultura (8 a 12 g kg⁻¹) por Martinez et al. (1999).

Tabela 15 - Interação do Magnésio nas folhas de *Eucalyptus urograndis* dentro de cadatratamento

Solo	T0	T1	T2	T3	T4
SF	1,96 b	1,94 b	1,91 b	1,89 b	1,86 b
SNF	2,17 a	2,20 a	2,22 a	2,25 a	2,27 a
CV(%)	3,96				

As médias seguidas de letras diferentes na coluna diferem estatisticamente entre si.

Fonte: Autoria própria (2017).

Os teores de magnésio nas folhas das mudas foram superiores no Solo Não Fertirrigado do que comparado aos valores encontrados ao Solo Fertirrigado. Augusto et al (2007) obteve diferente resultado no trabalho em folhas de mudas de *E. grandis* fertirrigadas com efluente de esgoto e água com fertilizantes minerais, cujos teores foram iguais entre si. Porém Singh & Bhati (2005) observaram maior teor de magnésio em plantios de *Dalbergia Sissoo* (*indian rosewood*) com 2 anos de idade fertirrigadas com efluente de esgoto municipal do que nas mudas irrigadas com

água de fonte superficial.

Tabela 16 - Interação do Enxofre nas folhas de *Eucalyptus urograndis* dentro de cada tratamento

Solo	T0	T1	T2	T3	T4
SF	1,42 b	1,41 b	1,41 b	1,41 b	1,40 b
SNF	1,48 a	1,48 a	1,49 a	1,49 a	1,49 a
CV(%)	1,48				

As médias seguidas de letras diferentes na coluna diferem estatisticamente entre si.

Fonte: Autoria própria (2017).

Houve interação do Enxofre em todos os tratamentos com relação ao solo. Teores de enxofre entre 1,5 a 2,0 g kg⁻¹ são considerados baixos para o eucalipto, segundo Martinez et al. (1999); sendo, portanto, verificados baixos teores de enxofre nas folhas das mudas.

Tabela 17 - Interação do Zinco nas folhas de *Eucalyptus urograndis* dentro de cada tratamento

Solo	T0	T1	T2	T3	T4
SF	1,30 b	1,23 b	1,16 b	1,08 b	1,01 b
SNF	1,43 a	1,46 a	1,48 a	1,51 a	1,53 a
CV(%)	5,03				

As médias seguidas de letras diferentes na coluna diferem estatisticamente entre si.

Fonte: Autoria própria (2017).

Comparando os teores de zinco obtidos nas análises feitas, e após realização do Teste de Tukey, observam-se após a utilização do efluente de laticínio no Solo Fertirrigado, um decréscimo de teores de zinco. Do contrário acontece no Solo Não fertirrigado. De acordo com os valores de referência apresentados por Martinez et al. (1999), os teores estão bem abaixo da faixa considerada adequada para o eucalipto (40 a 60 mg kg⁻¹).

Embora, no presente trabalho o teor de zinco no efluente do laticínio não tenha sido suficiente para suprir a demanda das mudas, os teores obtidos por Augusto et al. (2007) em mudas de *E. grandis*, com a utilização de efluente de esgoto doméstico

tratado, ficaram dentro da faixa considerada adequada para cultura (55 mg kg^{-1}); porém maiores teores de zinco foram obtidos com a utilização de água com fertilizantes ($131,75 \text{ mg kg}^{-1}$).

Tabela 18 - Interação do Ferro nas folhas de *Eucalyptus urograndis* dentro de cadatratamento

Solo	T0	T1	T2	T3	T4
SF	10,71 b	10,62 b	10,53 b	10,44 b	10,35 b
SNF	11,52 a	11,60 a	11,67 a	11,75 a	11,82 a
CV(%)	2,36				

As médias seguidas de letras diferentes na coluna diferem estatisticamente entre si.

Fonte: Autoria própria (2017).

Os teores de ferro nas folhas das mudas foram maiores com a utilização do efluente tratado de laticínio no Solo Não Fertirrigado do que no Solo Não Fertirrigado. Singh & Bhati (2005), em plantios de *Dalbergia Sissoo* (*indian rosewood*) com 2 anos de idade, também observaram maior teor foliar de ferro nas mudas fertirrigadas com efluente de esgoto municipal do que nas mudas irrigadas com água de canal superficial.

Tabela 19 - Interação do Manganês nas folhas de *Eucalyptus urograndis* dentro de cadatratamento

Solo	T0	T1	T2	T3	T4
SF	23,80 b	23,74 b	23,69 b	23,63 b	23,58 b
SNF	24,28 a	24,29 a	24,31 a	24,33 a	24,35 a
CV(%)	0,52				

As médias seguidas de letras diferentes na coluna diferem estatisticamente entre si.

Fonte: Autoria própria (2017).

Os teores de manganês nas folhas das mudas foram maiores com a utilização do efluente no SNF. Comparando os teores de manganês nas folhas cultivadas no SF nota-se um decréscimo nos valores, ao contrário do que acontece no SNF.

Tabela 20 - Interação do Boro nas folhas de *Eucalyptus urograndis* dentro de cada tratamento

Solo	T0	T1	T2	T3	T4
SF	1,58 b	1,48 b	1,39 b	1,29 b	1,20 b
SNF	2,00 a	2,03 a	2,05 a	2,08 a	2,10 a
CV(%)	12,84				

As médias seguidas de letras diferentes na coluna diferem estatisticamente entre si.

Fonte: Autoria própria (2017).

Os teores de boro nas folhas das mudas foram maiores para o SNF do que para o SF. Comparando os teores de boro obtidos nas análises observa-se que, conforme aumenta a lâmina de efluente menor é o teor de boro nas folhas das mudas do Solo Fertirrigado.

Tabela 21 - Interação do Cobre nas folhas de *Eucalyptus urograndis* dentro de cada tratamento

Solo	T0	T1	T2	T3	T4
SF	1,35 a	1,26 a	1,16 a	1,06 a	0,97 b
SNF	1,24 a	1,27 a	1,29 a	1,32 a	1,34 a
CV(%)	15,65				

As médias seguidas de letras diferentes na coluna diferem estatisticamente entre si.

Fonte: Autoria própria (2017).

Os teores de cobre nas folhas das mudas foram iguais para quatro dos cinco tratamentos, sendo diferente apenas para o tratamento T4.

Os teores de cobre nas folhas das mudas ficaram abaixo da faixa considerada adequada para o eucalipto, que segundo Martinez et al. (1999) é de 8,0 a 10 mg kg⁻¹.

Segundo Malavolta (1980), excesso de nitrogênio, fósforo e zinco na adubação são condições para carência de cobre. Assim como no presente trabalho, Augusto et al. (2007) também verificaram baixos teores de cobre (7,0 mg kg⁻¹) em mudas de *E. grandis* fertirrigadas com efluente. Porém sendo verificado o mesmo para as mudas fertirrigadas com água e fertilizantes minerais.

4.4. APLICAÇÃO DO ETL NO SOLO

4.4.1. Características gerais do solo

O solo das duas parcelas usadas na área experimental é um Latossolo Vermelho eutroférico de textura argilosa (EMBRAPA, 2006). Antes do início da etapa experimental, foi coletada uma amostra de cada parcela do Solo Fertirrigado e Solo Não Fertirrigado que foi encaminhada ao laboratório para análise. Os valores das características: pH, Fósforo, Potássio, Cálcio, Magnésio, Alumínio, Acidez potencial, Sódio, Carbono, Matéria Orgânica, Ferro, Cobre, Zinco, Manganês, Enxofre e Boro são apresentados na Tabela 21. E na mesma Tabela, são apresentados o teor de argila, areia, silte, e Condutividade Elétrica, na camada 0-0,20 m. De acordo com as características físico-químicas iniciais do solo, e as diretrizes do Manual de Adubação e Calagem para o Estado do Paraná (2017), o solo não apresentava acidez elevada (pH variando de 6,34 — 7,35). Nas amostras foram realizadas também a determinação da análise granulométrica, pH e condutividade elétrica.

Tabela 22 – Atributos químicos do Solo Fertirrigado (SF) e Solo Não Fertirrigado (SNF)

Atributos	Valores Médios	
	SNF	SF
pH	6,34	7,35
Enxofre (mg dm ⁻³)	6,72	2,41
Fósforo (mg dm ⁻³)	5,00	30,30
Potássio (mg dm ⁻³)	0,51	0,74
Cálcio (cmolc.dm ⁻³)	7,97	5,19
Magnésio (cmolc.dm ⁻³)	2,19	1,79
Alumínio (cmolc.dm ⁻³)	0,00	0,00
Acidez Potencial (cmolc.dm ⁻³)	3,42	2,36
Sódio (mg dm ⁻³)	0,00	0,00
Carbono (g/Kg ⁻¹)	14,56	16,91
Matéria Orgânica (g/Kg ⁻¹)	25,10	29,15
CTC (T) (cmolc.dm ⁻³)	14,09	10,08
Soma de bases (cmolc.dm ⁻³)	10,67	7,72
Saturação de bases (%)	75,73	75,59
Ferro (mg dm ⁻³)	38,19	214,70
Cobre (mg dm ⁻³)	9,24	13,24
Zinco (mg dm ⁻³)	17,35	30,76
Manganês (mg dm ⁻³)	21,58	4,29
Boro (mg dm ⁻³)	1,00	1,22

Fonte: Autoria própria (2017).

Tabela 23 – Atributos físicos do solo fertirrigado (SF) e não fertirrigado (SNF)

Parâmetro	Unidade	Valores Médios	
		SNF	SF
Argila	g kg ⁻¹	31,25	25,35
Areia	g kg ⁻¹	41,50	42,40
Silte	g kg ⁻¹	27,25	32,25
Condutividade elétrica	µS/cm	512,0	675,0

Fonte: Autoria própria (2017).

Os resumos da análise de variância dos macros e micronutrientes encontrados para as características do solo analisadas demonstram que são solos de textura média, e encontram-se nas Tabela 23 e 24

Tabela 24 - Resumo da análise de variância dos macronutrientes avaliados nas amostras de solo após a utilização de água de abastecimento e diferentes lâminas de efluente tratado de laticínio em função do Solo Não Fertirrigado (SNF) e Solo Fertirrigado (SF)

Fonte de variação	GL	N	P	K	Ca	Mg	S
		--mg dm-3-	--mg dm-3-	--mg dm-3-	-cmolc dm-3-	-cmolc dm-3-	--mg dm-3-
		QM					
Solos	1	0,0002 ns	4799,66 *	0,71 *	186,80 *	0,45 *	0,63 *
Blocos	2	0,06	195,66	0,0006	11,07	0,01	0,0007
Doses de efluente	4	0,56 ns	28,06 ns	0,002 ns	3,41 ns	0,008 ns	0,002 ns
Solos: Doses de efluente	4	0,01 ns	16,41 ns	0,002 ns	3,07 ns	0,01 ns	0,01 *
Resíduo	18	0,04	51,44	0,006	3,26	0,06	0,003

ns- não significativo;*** significativo de 0 a 0,1% de probabilidade; ** significativo a 1% de probabilidade; * significativo a 5% de probabilidade; GL – Graus de Liberdade; QM – Quadrado médio.

Fonte: Autoria própria (2017).

Tabela 25 - Resumo da análise de variância dos micronutrientes avaliados nas amostras de solo após a utilização de água de abastecimento e diferentes lâminas de efluente tratado de laticínio em função do Solo Não Fertirrigado (SNF) e Solo Fertirrigado (SF)

Fonte de variação	GL	Fe	Cu	Zn	Mn	B
		--mg dm-3-	--mg dm-3-	--mg dm-3-	--mg dm-3-	--mg dm-3-
		QM				
Solos	1	7377,12 *	0,03 ns	20,35 *	0,50 *	0,40 *
Blocos	2	33,35	0,81	0,02	0,01	-1,7
Doses de efluente	4	39,30 ns	0,09 ns	0,09 ns	0,02 *	-8,67 ns
Solos: Doses de efluente	4	37,61 ns	0,02 ns	0,04 ns	0,009 ns	-1,73 ns
Resíduo	18	62,38	0,16	0,07	0,005	7,70

ns- não significativo; *** significativo de 0 a 0,1% de probabilidade; ** significativo a 1% de probabilidade; * significativo a 5% de probabilidade; GL – Graus de Liberdade; QM – Quadrado médio.

Fonte: Autoria própria (2017).

Pela análise de variância (Tabela 24 e 25), verificou-se interação significativa ($p < 0,05$) do fator em estudo Solo, para os teores de macronutrientes Fósforo, Potássio, Cálcio, Magnésio e Enxofre e para os micronutrientes Ferro Zinco Manganês e Boro. Resultado semelhante foi obtido por ERTHAL et al. (2010) após fertirrigação do capim Tifton 85 com água Residuária de Bovinocultura.

Tabela 26 - Comparação dos teores de Fósforo (P), Potássio (K), Cálcio (Ca), Magnésio (Mg), Enxofre (S), Ferro (Fe), Zinco (Zn), Manganês (Mn) e Boro (B) em função do Solo Não Fertirrigado (SNF) e Solo Fertirrigado (SF)

Solo	P	K	Ca	Mg	S	Fe	Zn	Mn	B
	--mg dm-3--	--cmolc-	-cmolc-	-cmolc-	--mg dm-3	--mg dm-3	--mg dm-3	--mg dm-3	--mg dm-3
SNF	9,64 b	0,58 b	16,15 a	2,41 a	0,62 b	92,51 b	8,47 b	15,92 b	1,00 b
SF	34,94 a	0,89 a	11,16b	2,16 b	0,92 a	123,88a	10,12a	16,18a	1,232 a
CV(%)	32,17	11,27	13,23	10,89	7,55	7,30	3,02	0,45	0,00

As médias seguidas de letras diferentes na coluna diferem estatisticamente entre si.

Fonte: Autoria própria (2017).

Os teores de alumínio, embora tenham sido avaliados, não constam na Tabela 26 porque em todas as amostras de solo, os resultados foram sempre iguais a zero (alumínio não disponível).

Observa-se pela Tabela 26 que os teores de macro e micronutrientes apresentaram maiores valores quase que na maioria para o Solo Fertirrigado, exceto para os teores de Cálcio e Magnésio que apresentaram valores maiores para o Solo Não Fertirrigado. Os teores de Cobre e Nitrogênio não diferiram em relação ao solo.

Em relação as doses de efluente, verificou-se interação significativa, para as variáveis Enxofre e Manganês, sendo que as demais variáveis não tiveram interação significativa dos fatores nos solos.

Santos et al. (2007) utilizando água de abastecimento e efluente de esgoto doméstico tratado na produção de mudas de *Anadenanthera macrocarpa* (angico preto) observaram que o efluente de esgoto proporcionou maiores teores de fósforo nos substratos do que a água de abastecimento.

O Solo Fertirrigado também já apresentou valor inicial alto (30,30 mg/dm³), e após a condução do período do experimento, com acréscimo de efluente, este solo já saturado, faz com que o elemento se torne lábil, enquanto o Solo Não Fertirrigado precisa ser saturado para depois tornar o elemento lábil.

O teor inicial do P nos solos alterou mais de 1 mg dm⁻³, visto a absorção de P pela planta. QUEIROZ et al. (2004) verificaram aumento na concentração deste elemento no solo após a incorporação de 10.881 kg ha⁻¹ de fósforo em rampas de escoamento que receberam Água Residuária de Suinocultura — ARS. Maiores valores deste nutriente foram observados na camada mais superficial. Tal fato está associado à baixa mobilidade do Fósforo no perfil do solo (ERTHAL et al., 2010). MEDEIROS et al., observaram aumento de fósforo disponível nas camadas superficiais do solo após a aplicação de água residuária.

Algumas implicações são esperadas quando se verifica a saturação do solo por fósforo. A maior preocupação está na contaminação de águas superficiais e subsuperficiais, pois o solo mais saturado por fósforo pode ser erodido e com isso carregar junto a ele uma maior quantidade do elemento. Neste caso, a contaminação das águas pelo fósforo é um problema ambiental muito estudado, pois causa a sua

eutrofização.

O efeito da aplicação do efluente de laticínio, para complementar a nutrição das plantas do *Eucalypto urograndis*, pode ser observado no teor de Potássio, na amostra do Solo Fertirrigado, o qual foi maior, em relação ao teor observado no experimento com Solo Não Fertirrigado. Como o K tem alto potencial de lixiviação, é importante considerar a necessidade de K da cultura e a capacidade sortiva do solo, na tomada de decisão da dose de efluente de laticínio a ser aplicado, a fim de minimizar os impactos ambientais ocasionados pelo uso agrícola do resíduo (SILVA et al. 2011).

Assim como no presente trabalho, Lucena et al. (2006), ao simularem o ambiente de produção de mudas de essências florestais em um Neossolo Quartzarênico, observaram menor teor de Potássio com a utilização de água de abastecimento do que com efluente de esgoto.

Comparando o teor inicial de cálcio no solo com os teores verificados após a utilização do efluente tratado de laticínio (Tabela 22 e Tabela 26), observa-se que houve aumento no teor de cálcio. Verificou-se que os tratamentos que receberam água residuária apresentaram acréscimo deste íon no solo à medida que se aumentava as lâminas do efluente. Este comportamento já era esperado devido ao efluente tratado apresentar um alto teor deste íon, e é um fator importante para a fertilidade do solo.

Os teores de magnésio no Solo Não Fertirrigado foram maiores do que para o Solo Fertirrigado. O mesmo foi observado por Lucena et al. (2006) com a utilização de água de abastecimento e efluente de esgoto municipal tratado na simulação de ambiente de formação de mudas de espécies florestais, em que os teores de magnésio no solo foram iguais. Da mesma forma, Singhe & Bhati (2005), observaram teores iguais de magnésio no solo após a utilização de água de abastecimento e de efluente de esgoto municipal em plantio de *Dalbergia sissoo* (indian rosewood) durante 12 meses.

A adição de efluente de laticínio, no solo já fertirrigado por um período de 2,5 anos, proporcionou maiores valores dos teores de Enxofre, Ferro, Zinco, Manganês e Boro, quando comparada com a área de SNF (Tabela 26).

Tabela 27 - Resultado estatístico para os parâmetros avaliados em relação ao Solo Fertirrigado (SF) e Solo Não Fertirrigado (SNF) e diferentes tratamentos

Solo - Trat.	(H+Al)	M.O.	CTC	SB	(V%)	C.E.	pH	
	Méd.	Méd.	Méd.	Méd.	Méd.	Méd.	Méd.	
SNF	T0	2,88 b	47,46 b	23,97 a	18,85 a	78,55 a	152,33 b	6,93 b
	T1	3,60 a	43,56 b	22,71 a	16,79 b	73,88 b	126,66	6,68 b
	T2	2,95 a	48,85 b	25,25 a	19,12 a	78,40 a	211,33 b	7,24 b
	T3	2,88 a	48,85 b	25,25 a	19,98 a	79,07 a	383,33b	7,34 b
	T4	2,42 b	49,43 a	25,28 a	20,34 a	80,39 a	520,00b	7,60 b
SF	T0	2,60 b	49,25 b	18,07 b	13,28 b	75,50 b	374,00 a	8,46 a
	T1	2,42 b	45,74 b	19,13 b	14,54 b	75,99 b	251,33	8,71 a
	T2	2,48 b	48,23 b	18,80 b	14,12 b	75,07 b	417,33 a	8,50 a
	T3	2,36 b	45,33 b	18,88 b	14,35 b	75,64 b	526,33b	8,25 a
	T4	2,54 a	50,17 a	19,51 b	14,84 b	75,75 b	530,33b	8,02 b
CV(%)	6,47	8,46	10,32	11,85	2,10	32,28	3,44	

As médias seguidas de letras diferentes na coluna diferem estatisticamente entre si.

Fonte: Autoria própria (2017).

A acidez potencial e a capacidade de troca catiônica apresentaram comportamento iguais nos tratamentos T1, T2 e T3 em ambos os solos com a utilização das três lâminas diferentes de efluente tratado de laticínio, porém no T4 houve redução da acidez potencial com o aumento da CTC a pH 7. Resultados semelhantes foram obtidos por Lucena et al. (2006), que observaram que a utilização de água de abastecimento e de efluente de esgoto no solo, aumentou a CTC a pH 7 e reduziu a acidez potencial em relação a análise inicial de solo.

A CTC efetiva aumentou gradativamente em função das doses do efluente tratado de laticínio, o que seria esperado devido ao aumento linear da SB e MO.

Para o elemento Matéria Orgânica, não houve efeito entre a relação solo/tratamentos.

A soma de bases teve aumento linear com o aumento das lâminas de efluente tratado de laticínio, apenas não apresentou interação no tratamento T1. Assim como no presente trabalho, Lucena et al. (2006) simulando o ambiente de formação de mudas de espécies florestais observaram aumento da soma de bases com a utilização a utilização de água de abastecimento e efluente de esgoto municipal tratado.

Comparando a saturação de bases inicial do Solo Não Fertirrigado com a verificada após a utilização do ETL, observa-se que a saturação aumentou, sendo considerada alta (71 a 90%).

O mesmo foi observado por Lucena et al (2006) com a utilização de água de abastecimento e efluente de esgoto municipal tratado em Neossolo Quartzarênico, simulando o ambiente de formação de mudas de essências florestais. Entretanto, ao contrário do presente trabalho, o efluente de esgoto proporcionou maior saturação de bases no solo.

Em relação a Condutividade Elétrica observou-se que o Solo Fertirrigado apresentou maiores valores quando comparado ao Solo Não Fertirrigado (Tabela 27). Tal fato pode estar associado a lixiviação dos sais presentes no efluente de laticínio no solo que já recebia este efluente por um período de 2,5 anos. Do mesmo modo, SOUZA e MOREIRA (2010) verificaram que a adubação química da cultura do tomateiro, em geral, proporcionou aumento na condutividade elétrica do extrato de saturação do que a água residuária de suinocultura. No entanto, FREITAS et al. (2005) ao avaliarem o efeito da aplicação de água residuária da suinocultura nas características químicas do solo, verificaram um aumento da condutividade elétrica do extrato de saturação em relação ao tratamento manejado com água potável. LO MONACO et al. (2009) verificaram aumento na condutividade elétrica do extrato de saturação à medida que aumentaram a dose de aplicação de água residuária do beneficiamento do fruto do cafeeiro. Os autores afirmam que tal comportamento está associado ao aumento do íon potássio na solução do solo, quando elevadas doses da água residuária do beneficiamento do fruto do cafeeiro eram aplicadas. INOUE et al. (2010) e MELO et al. (2005) realizaram a aplicação de manipueira no solo e verificaram um aumento da condutividade elétrica em virtude da presença de sódio e potássio no solo, considerando a aplicação de até $300 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ de sódio no solo.

Na interação do pH nos solos dentro de cada tratamento, pode verificar que apenas o solo T4 não houve diferença de valores.

A aplicação de efluente de laticínio, proporcionou elevação do pH dentro dos tratamentos para o Solo Não Fertirrigado (Tabela 26). Já para o solo Fertirrigado notou-se que a partir do tratamento T1, houve uma diminuição relativa. De acordo com RODELLA et al. (1983), os efeitos de elevação do pH do solo podem ser efêmeros, podendo retornar aos valores originais, após determinado período de tempo. No presente trabalho, houve efeito do efluente de laticínio sobre o pH do solo, sendo o Solo Fertirrigado apresentado valores maiores em relação ao Solo Não Fertirrigado. No entanto, o valor médio de pH no Solo Fertirrigado encontra-se dentro da faixa de 5 a 9, estabelecida pela Resolução CONAMA nº430/2011 (BRASIL, 2011) que delimita os padrões para lançamento de efluentes tratados em corpos hídricos receptores.

5 CONCLUSÕES

- De modo geral, a utilização do efluente tratado de laticínio em relação ao parâmetro crescimento, proporcionou maior diâmetro e altura no SNF do que no SF, e houve diferença em relação aos tratamentos usando lamina de efluente ao tratamento utilizando apenas água de abastecimento;
- Em relação ao estado nutricional das folhas, apenas o Cu não apresentou interação significativa. Os demais elementos tiveram aumento do teor foliar com a aplicação do efluente;
- A irrigação com efluente na proporção do dobro usado como base que é o valor referência que a empresa já utiliza (100 ml) que é o T3 apresentou um bom desenvolvimento da planta para a variável altura.
- Já o tratamento T4 sendo o quádruplo do valor base da indústria, apresentou melhor desenvolvimento da planta para a variável diâmetro.
- Em relação ao solo, no que tange cada parcela utilizada no experimento, o SNF apresentou melhor desempenho na absorção de nutrientes pelas plantas, podendo ser comprovado pelos valores de altura, diâmetro e nutrição foliar, em que foi maior se comparado com o SF

Logo, o reúso do efluente tratado de laticínio na irrigação da cultura das mudas de eucalipto mostrou-se viável, devendo ser considerado como uma possibilidade de atendimento à esta cultura, observando o uso do solo anterior à disposição do mesmo.

REFERÊNCIAS

- ACHON, C.L.; BARROSO, M. M.; CORDEIRO, J.S.; **Resíduos de estações de tratamento de água e a ISO 24512: desafio do saneamento brasileiro**. Revista Engenharia Sanitária Ambiental, v.18, n.2, 2013.
- ALFENAS, A. C.; ZAUZA, E. A. V.; MAFIA, R. G. ASSIS, T. F. de. **Clonagem e doenças do eucalipto**. Viçosa: UFV, 2004.
- ALMEIDA, O. A. **Qualidade da água de irrigação**. Cruz das Almas/BA, EMBRAPA, 2010.
- ANDRIOLO, J. L.; DUARTE, T. S.; LUDKE, L.; SKREBSKY, E. C. **Caracterização e avaliação de substratos para o cultivo do tomateiro fora do solo**. Revista Horticultura Brasileira, Brasília, DF, v. 17, n. 3, 1999.
- ARAÚJO, F. F.; BETTIOL, W. **Supressividade dos nematóides *Meloidogyne javanica* e *Heterodera glycines* em soja por adição de lodo de esgoto ao solo**. Ciência Rural, Santa Maria, v. 35, n. 4, 2009.
- APHA, AWWA, WEF. Standard Methods for examination of water and wastewater. 22nd ed. Washington: American Public Health Association; 2012.
- AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. **A qualidade da água na agricultura**. 2.ed. Campina Grande: UFPB, 1991.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9898: preservação e técnicas de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores - Procedimento**. Rio de Janeiro, 1987.
- AUGUSTO, D. C. C.; GUERRINI, I. A.; ENGEL, V. L.; ROUSSEAU, G. X. **Utilização de águas residuárias provenientes do tratamento biológico de esgotos domésticos na produção de mudas de *Eucalyptus grandis* Hill**. Ex. Maiden. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 31, n. 4, 2007.
- BARROSO, M.M. & CORDEIRO, J.S. **Problemática dos metais nos resíduos gerados em estações de tratamento de águas**. In: Anais do 21º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, ABES, 2002.
- BASTOS, R.K.X. **Fertirrigação com águas residuárias**. In: Folegatti, M.V. (Coord.) — **Fertirrigação: citrus, flores e hortaliças**. Guaíba, Livraria e Editora Agropecuária LTDA, 1999.
- BATISTA, R. O.; SOUZA, J. A. R.; FERREIRA, D. C. **Influência da aplicação de esgoto doméstico tratado no desempenho de um sistema de irrigação**. Revista Ceres, v.57, 2010.
- BAPTISTA, J. R. V.; SUGAMOSTO, M.; WAVRUK, P. **Caracterização da**

indústria de processamento e transformação do leite no Paraná. 2010.

BRASIL. Resolução nº 357, de 17 de março de 2005. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 2005.

BRASIL. Resolução nº 430, de 13 de maio de 2011. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 2011.

BRIÃO, V. B.; TAVARES, C. R. G. **Ultrafiltração de efluente da indústria de laticínios para recuperação de nutrientes: efeito da pressão e da velocidade tangencial**. Brazilian Journal Food Technology, v.15, p.352-362, 2012.

BRITZ, T. J.; VAV SCHALKWYK C.; HUNG Y, **Treatment of dairy processing wastewaters**. Waste Treatment on the food processing Industry, 2006.

BRITZ, T. J.; LAMPRECHT, C.; SIGGE, G. O. **Dealing with environmental issues**. In: BRITZ, T. J.; ROBINSON, R. K. (coord). Advanced dairy science and technology. Oxford: Blackwell Publishing Ltd, 2008.

CAMMAROTA, M. C.; FREIRE, D. M. G. **A review on hydrolytic enzymes in the treatment of wastewater with high oil and grease content**. Bioresource Technology, v. 97, n. 17, 2006.

CETESB. Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. **Guia técnico ambiental da indústria de produtos lácteos (Série P + L)**. São Paulo: CETESB, 2006.

CORSI, M. **Adubação nitrogenada das pastagens**. In: PEIXOTO, A.M.; MOURA, J.C.; FARIA, V.P. (Eds.) Pastagens: fundamentos da exploração racional. Piracicaba: FALQ. 1986.

DIAS, O. de A.; AGUIAR, F. S.; SILVA, T.de P.C.; VELOSO, V. H. S.; LIMA, P. A. C.; **Lodos De Indústrias De Laticínios: Requisitos Para Disposição No Solo**, p. 967-977. In: São Paulo: Blucher, 2017.

DUARTE A. S., AIROLDI R.P. S., FOLEGATTI M.V., BOTREL T.A., SOARES T. M. **Efeitos da aplicação de efluente tratado no solo: pH, matéria orgânica, fósforo e potássio**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.12,n.3, Campina Grande, PB, 2008

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Embrapa Informação Tecnológica. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Brasília, DF. 2009.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro: EMBRAPA -CNPS, 2011.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro: EMBRAPA, 2013.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Floresta. **Cultivo de eucalipto em propriedades rurais: diversificação da produção e renda**. Brasília, DF: EMBRAPA, 2014.

ERTHAL, V. J. T. et al. **Características fisiológicas, nutricionais e rendimento de forrageiras fertirrigadas com água residuária de bovinocultura**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v. 14, n. 5, 2010.

FAGERIA, V. D. **Nutrient interactions in crop plants**. Journal of Plant Nutrition, v. 24, n.8, 2001.

FERNANDES, C.; ARAÚJO, J. A. C.; CORÁ, J. E. **Impacto de quatro substratos e parcelamento da fertirrigação na produção de tomate sob cultivo protegido**. Revista Horticultura Brasileira, Brasília, DF, v. 20, n. 4, 2002.

FERREIRA, D.F. Sisvar: **A computer statistical analysis system**. Ciência e Agrotecnologia, Lavras, v.35, n.6, 2011.

FONSECA, E. P. **Padrão de qualidade de mudas de *Trema micrantha* (L.)Blume, *Cedrella fissilis* Veli. E *Aspidosperma polyneuron* Mull Arg. produzidas sob diferentes períodos de sombreamento**. Revista Árvore, v.26,n.4, 2002.

FONSECA, A. F. et al. **Agricultural use of treated sewage effluents: Agronomic and environmental implications and perspectives for Brazil**. Scientia agricola, Piracicaba, v. 64, n. 2, 2007.

FONSECA, A. F.; MELFI, A. J.; MONTES, C. R. **Maize growth and changes in soil fertility after irrigation with treated sewage effluent. II. Soil acidity, exchangeable cations, and sulfur, boron and heavy metals availability**. Communications in soil science and plant analysis, Athens, v. 36, 2005.

FIGUEIREDO, T.C.F.; SOUZA, L.; OLIVEIRA, R. B. de; ALVES, S. M. C.; SANTOS, A. P. B. dos.; **"Caracterização físico-química dos efluentes de uma indústria de laticínios"**. In: **Anais do V Encontro Regional de Química & IV Encontro Nacional de Química [Blucher Chemistry Proceedings]**. São Paulo: Blucher, 2015.

GHEYI, H. R.; DIAS, N. S. D.; LACERDA, C. F. **Manejo da salinidade na agricultura: Estudo básico e aplicados**. Fortaleza, INCT Sal, 2010.

GOMES, J. M.; COUTO, L.; LEITE, H. G.; XAVIER, A.; GARCIA, S. L. R. G. **Crescimento de mudas de *Eucalyptus grandis* em diferentes tamanhos de tubetes e fertilização N-P-K**. Revista Árvore, Viçosa, v. 27, n. 2, 2003.

GOMES, T. M.; MELFI, A. J.; MONTES, C. R.; SILVA, E. da; SUNDEFELD JUNIOR, G. C.; DEON, M. D.; PIVELI, R. P. **Aporte de nutrientes e estados nutricionais da cana-de-açúcar irrigada com efluente de estação de tratamento de esgoto com e sem desinfecção**. Revista DAE, v.60, 2009.

GONÇALVES, J.L.M.; RAIJ, B. van; GONÇALVES, J.C. Florestais. In: RAIS, B.van; CANTARELLA, H; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C.; (Ed.) **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2.Ed. Campinas: Instituto Agrônômico de Campinas & Fundação IAC, 1997.

GRANT, C.A.; FLATEN, D.N.; TOMASIEWICZ, D.J.; SHEPPARD, S.C. **A** importância do fósforo no desenvolvimento inicial da planta. Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato - POTAFOS. Informações Agrônômicas, 2001.

HESPANHOL, I. **Potencial de Reúso de Água no Brasil: Agricultura, Indústria, Municípios, Recarga de Aquíferos**. Rev. Bras. Rec. Hid., Porto Alegre, v. 7, n. 4, 2002.

HIGASHI, E. N; SILVEIRA, R. L V. de A.; GONÇALVES, A.N. **Curso de capacitação em nutrição mineral e adubação de Eucalyptus**: Minijardimclonal, viveiro e campo. Série técnica IPEF, Piracicaba, 2001.

HIGASHI, E. N.; SILVEIRA, R. L. A. **Fertirrigação em viveiros de mudas de Eucalyptus e Pinus**. In: BOARETTO, A. E.; VILLAS BOAS, R. L.; SOUZA, W. F. PARRA, L. R. V. (Eds.) 1ed. **Fertirrigação: teoria e prática**. Piracicaba, 2004.

HIGA, A.R. **Eucalipto: sua evolução e contribuição no Brasil**. Silvicultura, SãoPaulo, v.16, n.63, 2004.

IBGE – **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 25 outubro. 2018.

INOUE, K. R. A. et al. **Características do solo submetido a tratamentos com biofertilizantes obtidos na digestão da manipueira**. Tecnologia & ciência agropecuária, João Pessoa, v. 4, n. 2, jun. 2010.

IPA - INSTITUTO AGRONÔMICO DE PERNAMBUCO (2008). **Recomendações de adubação para o Estado de Pernambuco**: 2ª. aproximação. Recife: IPA.

IPCC - **Intergovernmental Panel for Climate Change**, 2007. Climate Change — Fourth Assessment Report.

JACOBY, B. **Nutrient uptake by plants**. In: PESSARAKLI, M. (Ed.) **Handbook of plant and crop physiology**. New York: Marcel Dekker. 1994.

KUNZ, A.; MIELE, M.; STEINMETZ, R. L. R. **Advanced swine manure treatment and utilization in Brazil**. Bioresource Technology, Essex, v. 100, n.22, Nov. 2009.

LEITE, F.P. **Manejo nutricional para produção de mudas**. Belo Oriente: CENIBRA, 2003.

LO MONACO, P. A.; GARCIA, G. O.; MATOS, A. T. **Caracterização da água residuária da lavagem e despolpa dos frutos dos cafeeiros Arábica e Conilon**. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 3, 2003,

Porto Seguro, BA. **Anais...** Porto Seguro, BA; 2003.

LO MONACO, P. A.; MATOS, A. T.; MARTINEZ, H. E. P.; FERREIRA, P. A.; MOTA, M. M. **Características químicas do solo após a fertirrigação do cafeeiro com águas residuárias da lavagem e descascamento de seus frutos.** Irriga, Botucatu, v. 14, n. 3, 2009.

LO MONACO, P. A.; MATOS, A. T. de.; VIEIRA, G. H. S.; EUSTÁQUIO JR, V.; **Avaliação do efeito da irrigação no estado nutricional do cafeeiro (*Coffea arábica* L.) após fertirrigação com água residuária.** Coffee Science, lavras v.6, 2011.

LOPES, J. L. W. **Produção de mudas de *Eucalyptus grandis* W. (Hill ex. Maiden) em diferentes substratos e lâminas de irrigação.** 2004. 100 p. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) - Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2004.

LUCENA, A. M. A. de; GUERRA, H. O. C.; CHAVES, L. H. G.; COSTA, F. X. **Análise de um efluente de esgoto tratado e seu efeito em propriedade química de um neossolo quartzarênico.** Revista Caatinga, Mossoró, v. 19, n.4,2006.

MACHADO, R. M. G.; FREIRE, V. H.; SILVA, C.; FIGUEREDO, D. V.; **Alternativas tecnológicas para o controle ambiental em pequenas e médias indústrias de laticínios.** In: XVII CONGRESSO INTERAMERICANO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, Anais... Porto Alegre, 2000.

MACHADO, R. M. G.; FREIRE, V. H.; SILVA, C.; FIGUEREDO, D. V.; FERREIRA, P.E. **Controle ambiental em pequenas e médias indústrias de laticínios.** Belo Horizonte: Projeto Minas Ambiente, 2002.

MAGANHA, M.F.B. **Guia técnico ambiental da indústria de produtos lácteos.** São Paulo: CETESB, 2006.

MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas** São Paulo: Agronômica Ceres, 1980.

MARSCHNER, P. **Marchner's mineral nutrition of higher plants.** (3rd ed.). New York, Academic Press, 2012.

MARTINEZ, H. E. P.; CARVALHO, J. G.; SOUZA, R. B. **Diagnose foliar.** In: Ribeiro, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVARES, V. V. H. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª Aproximação.** Viçosa: CFSEMG/UFV, 1999.

MATOS, A. T. **Curso sobre tratamento de resíduos agroindustriais.** Departamento de Engenharia Agrícola e Ambiental / UFV. Fundação Estadual do Meio Ambiente. 2005.

MATOS, A.T. de. **Disposição de águas residuárias no solo.** Viçosa, MG: AEAGRI. 140p. (Caderno Didático, 38). 2007.

MATOS, A. T.; ABRAHÃO, S. S.; LO MONACO, P. A. V.; SARMENTO, A. P.; MATOS, M. P. **Capacidade extratora de plantas em sistemas alagados utilizados no tratamento de águas residuárias de laticínios.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.14, 2010.

MATOS, A.T.; FREITAS, W.S.; LO MONACO, P.A.V. **Eficiência de sistemas alagados construídos na remoção de poluentes de águas residuárias da suinocultura.** *Ambi-Água*, v.5, 2010.

MATOS, A. T. **Tratamento e aproveitamento agrícola de resíduos sólidos.** Viçosa, MG: Ed. UFV, 2014.

MEDEIROS, S.S.; SOARES, A.A.; FERREIRA, P.A.; SOUZA, J.A.A.; SOUZA, J.A. e MATOS, A.T. **Comportamento dos atributos químicos do solo em resposta à aplicação de água residuária de origem doméstica.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, vol. 9 (suplemento), 2005.

MEDEIROS, S. de S. SOARES, A. A.; FERREIRA, P. A.; NEVES, J. C. L. SOUZA, J. A de; **Utilização de água residuária de origem doméstica na agricultura: estudo do estado nutricional do cafeeiro.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v. 12. 2008.

MELO, R. F. et al. **Alterações físicas e químicas em três solos tratados com água residuária de mandioca.** Irriga, Botucatu, v. 10, n. 4, nov. /dez. 2005.

MEURER, E. J.; BISSANI, C. A.; SELBACH, P. A. **Poluentes do solo e do ambiente.** In: Meurer, E. J. (Ed.). Fundamentos de química do solo. Porto Alegre: Genesis, 2000.

MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e bioquímica do solo.** 2. ed. Lavras: UFLA, 2006.

NOVAES, A. B.; CARNEIRO, J. G. A.; BARROSOS, D. G.; LELES, P. S. S. **Avaliação do potencial de regeneração de raízes de mudas de *Pinus taeda*L., produzidas em diferentes tipos de recipientes, e o seu desempenho no campo.** Revista Árvore, Viçosa, v. 26, 2002.

OLIVEIRA, S. L. de; COELHO, E. F.; BO. **Irrigação e fertirrigação. Frutas do RGES, A. L Brasil-** Banana Produção, v.1, 2007.

OLIVEIRA, M. V. A. M., VILLAS BOAS, R. L.; **Uniformidade de distribuição do potássio e do nitrogênio em sistema de irrigação por gotejamento.** *Engenharia Agrícola*, vol.28, n.1, 2008.

ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD. **Diretrizes sanitarias sobre el usode aguas residuales en agricultura y acuicultura.** Ginebra: OMS, 1989.

PARVIAINEN, J. V. **Qualidade e avaliação de qualidade de mudas florestais.** In: Seminário de Sementes e Viveiros Florestais, 1., 1981, Curitiba. Anais... Curitiba: FUPEF, 1981.

PELLISSARI, R. A. Z.; 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, 2009.

REZENDE, A. A. P.; MATOS, A. T. de.; SILVA, C. M. **Aplicação da água residuária do processo de fabricação da celulose Kraft Branqueada na fertirrigação de eucalipto.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 2003, Viçosa: ABES, p.15.

RIBAS, T.B.C.; NETO, P. F. **Disposição no solo de efluentes de esgoto tratado visando à redução de coliformes termotolerantes.** Ambi-Agua, Taubaté, v. 3, n. 3, 2008.

RODAS, M. A. B.; RODRIGUES, R. M. M. S.; SAKUMA, H.; TAVARES, L. Z.; SGARBI, C. R.; LOPES, W. C. C. **Caracterização físico-química, histológica e viabilidade de bactérias lácticas em iogurtes com frutas.** Ciência e Tecnologia de Alimentos, v. 21, n. 3, 2001

RODELLA, A. A.; ZAMBELLO JR., E.; ORLANDO FILHO, J. O. **Calibração de análises de fósforo e potássio no solo em cana-de-açúcar: 2ª aproximação.** *Saccharum*, São Paulo, v. 28, n. 1, 1983.

RODRIGUES, M. B.; VILAS BOAS, M. A.; SAMPAIO, S. C.; REIS, C. F.; GOMES, S. D. **Efeitos de fertirrigações com águas residuárias de laticínio e frigorífico no solo e na produtividade da alface.** Engenharia Ambiental, v.8, 2011.

SANTOS, J. S. dos; ARAÚJO, B. A. de; LIMA, V. L. A.; DANTAS NETO, J. **Plantas nativas do bioma caatinga produzidas com esgoto doméstico tratado.** Revista Científica da UFPA, Curitiba, ano 7, v. 6, n. 1, 2007.

SILVA, A.R.; PAIVA, H.N. **Implantação da cultura do eucalipto.** Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v.18, n.185, 2005.

SILVA, I, J. da.; **Aspectos legais e técnicos dos efluente e resíduos em sistema intensivo de produção de leite.** In: VIII CONGRESSO BRASILEIRO DE BUIATRIA, 2009, Anais... Belo Horizonte. 2009.

SILVA, D. J. P., **Resíduos na Indústria de Laticínios.** Universidade Federal de Viçosa: Departamento de Tecnologia de Alimentos, 20 p. Viçosa, Minas Gerais, 2011.

SILVA, L.V.C e et al. **Bioremoção de matéria orgânica e nutrientes por meio de batelada repetida com *Aspergillus niger* AN400 de Efluente Sintético de Laticínio.** Revista Engenharia Sanitária Ambiental, v.18, n.4, Fortaleza, 2013.

SILVEIRA, R. L. V. A.; HIGASHI, E. N.; MOREIRA, A. **Monitoramento Nutricional** Lwarcel. Piracicaba: IPEF, 1999.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO (SBCS). Núcleo Estadual do Paraná. **Manual de adubação e calagem para o Estado do Paraná.** 1ª ed, SBCS, Núcleo Estadual do Paraná, 2017

SOUZA, S. R.; FERNANDES, M. S. Nitrogênio. In: FERNANDES, M. S. (Eds.). **Nutrição mineral de plantas**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006.

STURION, J. A.; GRACA, L. R.; ANTUNES, J. B. M. **Produção de mudas de espécies de rápido por pequenos produtores**. Colombo: EMBRAPA florestas, 2000. (Circular Técnica, 37).

SARZI, I.; VILLAS-BOAS, R. L.; SILVA, M. R. da. **Composição química e aspectos morfológicos de mudas de *Tabebuia chrysotricha* (Standl.) produzidas em diferentes substratos e soluções de fertirrigação**. Revista Scientia Forestalis, Piracicaba, v. 36, 2008

SOUZA, L. O. C.; MANTOVANI, E. C.; SOARES, A. A.; Ramos, M. M.; FREITAS, P. S. L. **Avaliação de sistemas de irrigação por gotejamento, utilizados na cafeicultura**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.10, 2006.

SOUZA, J. A. R.; MOREIRA, D. A. **Efeitos do uso da água residuária da suinocultura na condutividade elétrica e hidráulica do solo**. Engenharia Ambiental, Espírito Santo do Pinhal, v. 7, n. 3, 2010.

SPERLING, E. Von. **Qualidade da água**. In: SILVA, D.D. da; PRUSKI, F.F. Recursos hídricos e desenvolvimento sustentável da agricultura. Brasília: UFV, 1997.

TABEBUIA CHRYSOTRICHIA **em função de substratos e de soluções de fertirrigação**. Cerne, Lavras, v. 14, n. 2, p. 153-162, abr./jun. 2008.

USEPA. US Environmental Protection Agency. **Guidelines for Water Reuse**. Washington, 1992.

VILLAS BOAS, R. L. & SOUZA, T. R. **Fertirrigação: uso e manejo**. In: SIMPÓSIO EM SISTEMAS AGROSILVIPASTORIS, 1., 2008, Campina Grande. Anais... Campina Grande: PPGZ/CSTR/UFCG, 2008.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 3 ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Minas Gerais, 2005