

**UNIVERSIDADE DO EXTREMO SUL CATARINENSE – UNESC
CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL**

JÚLIA VITTO BONGIOLO

**VIABILIDADE DO USO DO EFLUENTE TRATADO PROVENIENTE DE
ABATEDOURO DE FRANGOS COMO FONTE DE FERTILIZAÇÃO EM
LAVOURA DE ARROZ IRRIGADO. ESTUDO DE CASO:
AGROVÊNETO INDÚSTRIA DE ALIMENTOS S.A**

CRICIÚMA, JUNHO DE 2011.

JÚLIA VITTO BONGIOLO

**VIABILIDADE DO USO DO EFLUENTE TRATADO PROVENIENTE DE
ABATEDOURO DE FRANGOS COMO FONTE DE FERTILIZAÇÃO EM
LAVOURA DE ARROZ IRRIGADO. ESTUDO DE CASO:
AGROVÊNETO INDÚSTRIA DE ALIMENTOS S.A**

Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado para obtenção de grau de Engenheira Ambiental no curso de Engenharia Ambiental da Universidade do Extremo Sul Catarinense –UNESC.

Orientadora: Prof.^a MSc. Nadja Zim Alexandre

CRICIÚMA, JUNHO DE 2011

JÚLIA VITTO BONGIOLO

**VIABILIDADE DO USO DO EFLUENTE TRATADO PROVENIENTE DE
ABATEDOURO DE FRANGOS COMO FONTE DE FERTILIZAÇÃO EM
LAVOURA DE ARROZ IRRIGADO. ESTUDO DE CASO:
AGROVÊNETO INDÚSTRIA DE ALIMENTOS S.A**

Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado para
obtenção de grau de Engenheira Ambiental no curso
de Engenharia Ambiental da Universidade do
Extremo Sul Catarinense –UNESC.

Criciúma, 21 de junho de 2011.

BANCA EXAMINADORA

Prof.^a Nadja Zim Alexandre – Mestra – IPAT/UNESC - Orientadora

Prof.^o Marcos Back – Mestre – IPAT/UNESC

Prof.^o Jader Lima Pereira – Mestre – IPAT/UNESC

Dedico este trabalho a minha família, em especial aos meus pais, meu marido e minha filha que sempre estiveram ao meu lado.

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer primeiramente aos meus pais, que me proporcionaram os estudos e sempre me incentivaram.

Ao meu marido Marcos Nunes e minha filha Maria Laura pela compreensão e paciência durante esses anos de vida acadêmica.

Aos meus irmãos, minha sogra e minha cunhada que de alguma forma contribuíram para que eu conseguisse concluir meus estudos.

Aos meus colegas de faculdade, em especial a Vaneide, Sheila, Ana Paula e a Ângela.

Aos professores do curso de Engenharia Ambiental, pelos ensinamentos.

A Agrovêneto por ter me proporcionado oportunidade de estágio, e a Engenheira Daiane Bif, por ter confiado em mim na realização de atividades e ter me ajudado em todas minhas dúvidas.

A minha orientadora, professora Nadja Zim Alexandre, por ter contribuído de forma muito significativa na construção deste trabalho.

A todos que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho.

E por fim, a Deus que colocou essas pessoas na minha vida e permitiu que tudo isso acontecesse.

“A natureza é o único livro que oferece um conteúdo valioso em todas as suas folhas.”

Johann Goethe

RESUMO

O presente trabalho apresenta um estudo de viabilidade de utilização do efluente tratado proveniente de abatedouro de frangos da Agrovêneta Indústria de Alimentos S.A em lavoura de arroz irrigado. O reúso da água é uma alternativa para minimizar o consumo de água doce, e ao mesmo tempo evitar o despejo de efluentes nos corpos receptores. A técnica de reúso é vista como uma opção inteligente, pois se baseia no conceito de sustentabilidade. Uma das atividades que mais consome água no mundo é a agricultura, e a prática do reúso da água para essa atividade ainda é pouco difundida no Brasil. Com o intuito de aproveitar o efluente gerado no processo industrial, a Agrovêneta realizou dois experimentos utilizando efluente na plantação de arroz. O primeiro utilizava efluente tratado no período de entressafra do arroz, no segundo experimento o efluente foi utilizado para irrigar o arroz durante o período da safra. Para desenvolver essa atividade o efluente foi monitorado semanalmente, e o arroz mantido sempre com uma lâmina d'água. Ao fim do experimento, através de estudos estáticos pode-se concluir que o tratamento que recebeu efluente desde a entressafra até a maturação dos grãos foi o que obteve melhor resultado em termos de produtividade, e com os dados obtidos pode-se fazer uma simulação para aplicação em campo.

Palavras-chave: Tratamento de efluente. Reúso da água. Nutrientes do solo.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Distribuição de reservas de água no planeta.	16
Figura 2: Consumo de água no mundo.	18
Figura 3: Tipos de reúso.	25
Figura 4: Parte da planta do arroz.	33
Figura 5: Crescimento e desenvolvimento do arroz.	34
Figura 6: Localização do empreendimento: Brasil, Santa Catarina e Nova Veneza.	36
Figura 7: Vista aérea das instalações industriais da Agrovêneto Indústria de Alimentos SA.	37
Figura 8: Fluxograma do processo produtivo, com os pontos de entrada de água tratada, saída de efluente e resíduo orgânico.	39
Figura 9: Local do experimento.	41
Figura 10: Preparação do solo para composição dos experimentos, onde a) peneiramento e b) pesagem.	42
Figura 11: Submersão do solo nos diferentes tipos de tratamentos que compõe o experimento 1 - entressafra.	44
Figura 12: Início da fase de maturação das plantas.	47
Figura 13: Medição da altura da maior panícula.	48
Figura 14: Corte dos pés de arroz.	48
Figura 15: Distribuição da normalidade (Shapiro-Wilk) entre os dados do experimento, onde: a) normalidade do nº de panículas da entressafra; b) normalidade da estatura da entressafra; c) normalidade do nº de panículas da safra; d) normalidade da estatura da safra.	54
Figura 16: Comparação entre os valores médios, limite inferior e superior considerando confiança de 95% para a estatura das plantas nos 12 tratamentos na entressafra (e) e 12 na safra (s).	55
Figura 17: Comparação entre os valores médios, limite inferior e superior considerando confiança de 95% para o número de panículas nos 12 tratamentos da entressafra (e) e 12 da safra (s).	55

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Forma de absorção e funções de macro e micronutrientes na planta.....	30
Tabela 2: Período de submersão dos 12 tratamentos que compõe o experimento 1 – entressafra.....	43
Tabela 3: Composição da irrigação do experimento 2 (safra) e período que o experimento recebeu a irrigação.	45

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Estimativa da eficiência esperada nos diversos níveis de tratamento incorporados numa ETE.....	23
Quadro 2: Classificação de culturas em relação à tolerância aos sais.	28
Quadro 3: Características do efluente tratado da Agrovêneto Indústria de Alimentos SA e limites estabelecidos pela resolução Conama 430/2011 e pela Lei 14.675/09 do estado de Santa Catarina.	51
Quadro 4: Média da estatura das plantas e do número de panículas nos tratamentos da entressafra considerando intervalo de confiança 95%.	52
Quadro 5: Média da estatura das plantas e do número de panículas nos tratamentos da safra considerando intervalo de confiança de 95%.	53
Quadro 6: Concentração média de alumínio, cálcio, magnésio, fósforo, nitrogênio, potássio, zinco e matéria orgânica no efluente e carga anual incorporada à unidade experimental T12 da entressafra, considerando 42,8 litros de efluente utilizado na irrigação.....	57
Quadro 7: Área passível de receber irrigação com efluente tratado da Agrovêneto, considerando-se as quantidades individualizadas dos macronutrientes no efluente e características do solo.	59

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABES - Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente

DBO - Demanda Bioquímica de Oxigênio

DQO- Demanda Química de Oxigênio

EPAGRI – Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina

ETE - Estação de Tratamento de Efluentes

ETA - Estação de Tratamento de Água

FAD – Flotação por Ar Dissolvido

FAFA- Filtros Anaeróbios de Fluxo Ascendente

FINEP- Financiadora de Estudos e Projetos do Ministério de Ciência e Tecnologia

IPH – Instituto de Pesquisas Hidráulicas

PROSAB – Programa de Pesquisas em Saneamento Básico

PSI - Porcentagem de Sódio Intercambiável

RAFA- Reatores Anaeróbios de Fluxo Ascendente

SABESP - Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo

SD – Sólidos Sedimentáveis

SS - Sólidos Suspensos

SST- Sólidos Suspensos Totais

ST- Sólidos Totais

TAS – Taxa de Aplicação Superficial

UNESCO – United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	13
2. OBJETIVOS	15
2.1. OBJETIVO GERAL	15
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	15
3.REFERENCIAL TEÓRICO	16
3.1. DISPONIBILIDADE DE ÁGUA.....	16
3.2. GERAÇÃO E TRATAMENTO DE EFLUENTES	18
3.3 REÚSO DA ÁGUA.....	23
3.3.1. <i>Tipos de Reúso</i>	24
3.3.2. <i>Reúso na Agricultura</i>	26
3.4 CULTURA DO ARROZ	31
3.4.1. <i>Fases de Desenvolvimento do Arroz</i>	32
3.4.2. <i>Doenças</i>	34
4. METODOLOGIA.....	36
4.1. DESCRIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO - AGROVÊNETO INDÚSTRIA DE ALIMENTOS S.A	36
4.1.1. <i>Descrição do Processo Industrial</i>	38
4.2. DESCRIÇÃO DO EXPERIMENTO – IRRIGAÇÃO DE ARROZ COM EFLUENTE	40
4.2.1. <i>Experimento 1 - Entressafra</i>	42
4.2.2. <i>Experimento 2 - Safra</i>	44
4.2.3. <i>Caracterização do Efluente Utilizado para Irrigação</i>	45
4.2.4. <i>Manutenção da Lâmina d'Água</i>	46
4.2.5. <i>Observação do Período de Maturação</i>	46
4.2.6. <i>Colheita dos Grãos</i>	47
4.2.7. <i>Variáveis Consideradas na Pesquisa</i>	49
4.2.7.1. <i>Carga de Material em Função da Irrigação</i>	49
4.3. UTILIZAÇÃO DO EFLUENTE PARA IRRIGAÇÃO DO ARROZ - ESCALA DE CAMPO	50
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	51
5.1. DADOS EXPERIMENTAIS.....	52
5.2. SIMULAÇÃO PARA ESCALA DE CAMPO	58
6. CONCLUSÃO.....	62
REFERÊNCIAS	64
ANEXO A- LAUDO DE ANÁLISE DO SOLO	70
ANEXO B- LAUDO DA ANÁLISE DO EFLUENTE TRATADO	72

1. INTRODUÇÃO

O volume de água doce e limpa está se reduzindo em todas as regiões do mundo, inclusive no Brasil. O consumo exagerado das reservas naturais de água por causa do alto crescimento populacional está sendo maior do que a natureza pode oferecer, e a poluição produzida pelo homem está contaminando e diminuindo cada vez mais essas reservas.

O uso racional da água é uma das saídas para combater a escassez do produto. Uma forma de racionalizar o consumo de água é fazendo a sua reutilização.

O reúso reduz a demanda sobre os mananciais de água devido à substituição da água potável por uma água de qualidade inferior.

A reutilização da água pode ser direta ou indireta, decorrentes de ações planejadas ou não e dependendo da qualidade que se deseja. Ela pode ser utilizada para diversos fins, como: uso urbano não potável, recarga de aquíferos, uso em indústrias e uso na agricultura.

Toda atividade que utiliza água é potencialmente capaz de gerar efluentes. O tratamento adequado desse efluente pode resultar em água de reúso de boa qualidade.

A atividade que mais consome água no mundo é a agricultura. No entanto a água para esse fim não necessita ser de boa qualidade, como no caso da água para abastecimento público.

O reúso de água na agricultura vem sanar dois problemas, primeiro o controle da poluição dos cursos d'água, evitando o despejo dos resíduos das estações de tratamento, e segundo, o fornecimento de água e nutrientes para as culturas.

A empresa em estudo gera um volume de efluente equivalente a 3.600 m³/dia durante cinco dias por semana. Além disso, o efluente apresenta em sua composição elevadas concentrações de nutrientes, utilizados como fertilizantes em lavouras de arroz, como é o caso do nitrogênio, fósforo e potássio.

Considerando o grande volume de água utilizado e de efluente gerado e por se encontrar inserida em uma área onde há escassez de água com boa qualidade para utilização na agricultura, a empresa iniciou em parceria com a Epagri um experimento em escala piloto com objetivo de aplicar o efluente tratado do

abatedouro na irrigação do arroz, avaliando o desenvolvimento e a produtividade das plantas.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo Geral

Avaliar a possibilidade de utilização de efluente proveniente da lavagem de frangos do abatedouro da Agrovêneta Indústria de Alimentos S.A., como fonte de fertilização orgânica em lavoura de arroz.

2.2. Objetivos Específicos

- Analisar os dados experimentais e definir a dose ideal para aplicação do efluente tratado em campo;
- Analisar as características do solo e determinar a concentração de nutrientes (N, P, K) do solo;
- Avaliar a possibilidade de utilização dos nutrientes presentes no efluente tratado para irrigar arroz, minimizando assim o consumo de adubo químico;
- Estudar a produtividade do arroz e a estatura das plantas.

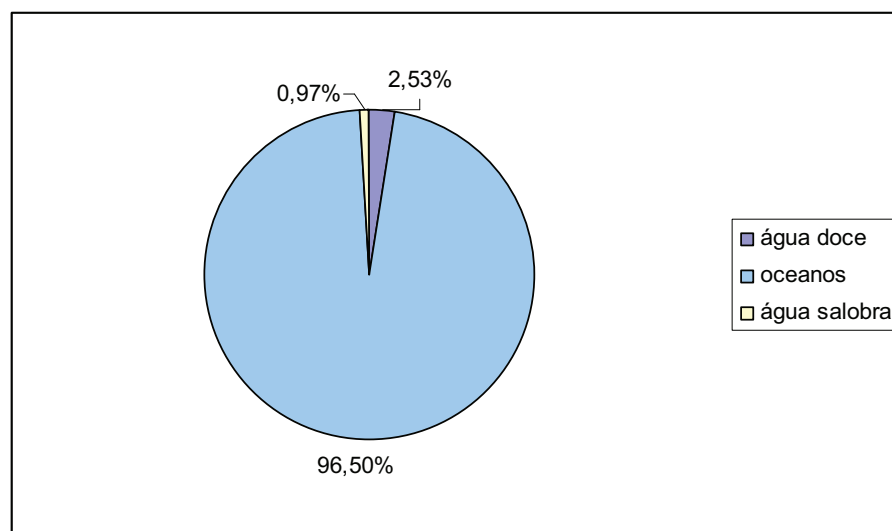
3. REFERENCIAL TEÓRICO

3.1. Disponibilidade de Água

A disponibilidade de água potável vem diminuindo consideravelmente e é um problema que atinge grande parte da população. A crescente demanda de água pelas indústrias, pela agricultura e pelo abastecimento público tem se tornado motivo de preocupação em muitas regiões do mundo.

Sabe-se que a superfície da terra é composta por 75% de água, porém desse valor apenas uma pequena parcela é de água doce. A figura 1 mostra a distribuição das reservas de água no planeta.

Figura 1: Distribuição de reservas de água no planeta.



Fonte: Adaptado de Mierzwa e Hespanhol, (2005, p. 9).

Observa-se que a disponibilidade de água em qualquer local varia de acordo com as condições climáticas e com a época do ano, e pode ser afetada pelas atividades humanas, seja pela demanda excessiva ou por problemas de poluição.

A água é considerada como recurso natural de valor econômico, essencial para a vida do homem e a manutenção do meio ambiente. Ela é utilizada na geração de energia, no saneamento básico, agricultura, pecuária, indústrias, navegação, aquicultura, entre outros (TUNDISI, 2003).

Para Fink e Santos (2003) estas prerrogativas passaram a ser consideradas como fundamentos da Política Nacional dos Recursos Hídricos, estabelecida pela Lei nº 9.433/97.

Art. 1º - A Política Nacional de Recursos Hídricos baseia-se nos seguintes fundamentos: I - a água é um bem de domínio público; II - a água é um recurso natural limitado, dotado de valor econômico; III - em situações de escassez, o uso prioritário dos recursos hídricos é o consumo humano e a dessedentação de animais; IV - a gestão dos recursos hídricos deve sempre proporcionar o uso múltiplo das águas; V - a bacia hidrográfica e a unidade territorial para implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos; VI - a gestão dos recursos hídricos deve ser descentralizada e contar com a participação do Poder Público, dos usuários e das comunidades (BRASIL, 1997).

A resolução Conama nº 357/05 classifica a água doce de acordo com o uso preponderante, dividido-as em classe especial, classe 1, classe 2, classe 3 e classe 4. De acordo com o tipo de uso, a água deve apresentar características físicas, químicas e biológicas que garantam a segurança dos usuários, a qualidade do produto final e a integridade dos componentes com os quais entrará em contato (MIERZWA e HESPANHOL, 2005. p. 12).

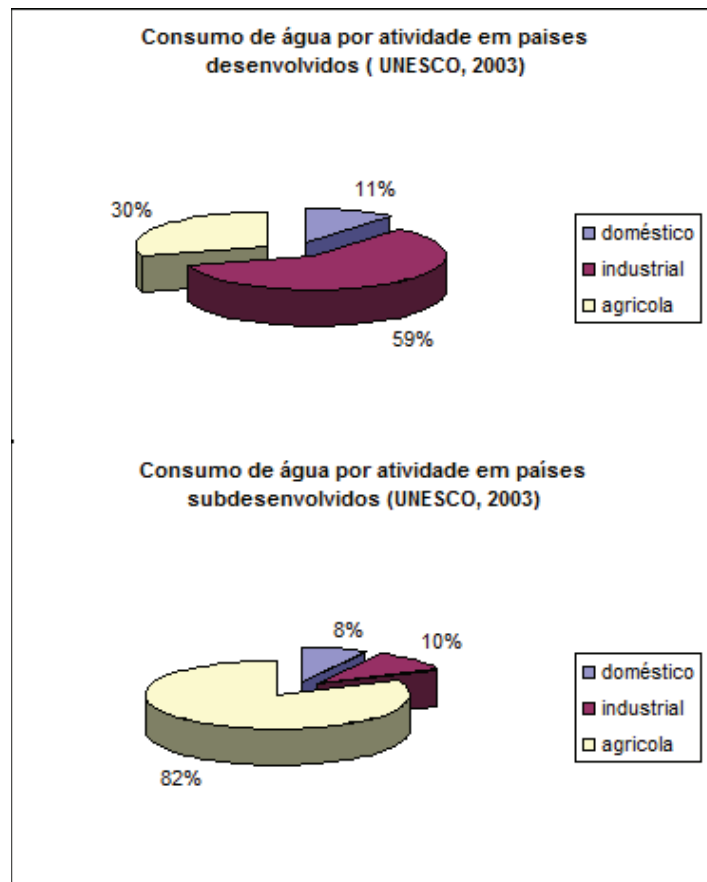
Telles e Costa (2007) distinguem o consumo de água em três áreas: agrícola, industrial e urbano ou doméstico.

Consumo doméstico: a qualidade da água destinada ao abastecimento público deve obedecer, aos padrões exigidos pela legislação. As atividades domésticas que mais consomem água são lavar roupas, lavar louça e banho.

Consumo industrial: a qualidade da água aplicada no setor industrial pode variar de acordo com o uso que se pretende. Segundo TELLES e COSTA (2007, p.18), “as características de impureza mais consideradas neste setor são: turbidez, cor, odor, alcalinidade, salinidade, dureza, teor em sílica e gases dissolvidos na água”.

Consumo na agricultura: a qualidade da água para a agricultura vai depender do tipo de cultura a ser irrigada e da técnica a ser adotada. De acordo com Telles (2002 apud Telles e Costa, 2007, p. 31) a especificação da qualidade da água para irrigação deve considerar: efeitos sobre o solo e sobre o desenvolvimento da cultura, efeitos sobre os equipamentos e efeitos sobre a saúde.

A figura 2 apresenta um comparativo entre os países desenvolvidos e subdesenvolvidos no consumo de água por atividade.

Figura 2: Consumo de água no mundo.

Fonte: UNESCO (2003 apud Telles e Costa, 2007 p.14).

Shiklomanov (1997 apud SCHOENHALS, 2006, p.13) diz que “o percentual requerido pelo setor industrial encontra-se na faixa de 20%, perdendo apenas para a agricultura que requer 70% de toda água captada dos rios, lagos e aquíferos do mundo”.

Nos países desenvolvidos devido ao número maior de indústrias, o consumo de água é mais alto, enquanto que nos países subdesenvolvidos a agricultura necessita de pelo menos 80% de toda água doce captadas nos corpos hídricos, pelo fato de apresentar áreas maiores destinadas a agricultura.

3.2. Geração e Tratamento de Efluentes

Qualquer atividade que envolva a utilização ou o tratamento de água é potencialmente capaz de gerar efluentes. O gerenciamento adequado do efluente é importante, pois minimiza os impactos causados no meio ambiente.

PROSAB (2011 A) diz que no Brasil a coleta de esgotos sanitários atende apenas 40% da população urbana, e desse volume, apenas 40% recebe tratamento adequado.

Do mesmo modo que ocorre com o esgoto doméstico e efluentes industriais, a remoção de poluentes das águas residuárias geradas em atividades agroindustriais, a fim de torná-las em condições adequadas, de acordo com os padrões estabelecidos pela legislação ambiental, só pode ser obtida se eficientes sistemas de tratamento forem implantados e adequadamente operados (MATOS, 2005, p. 01).

Em âmbito Federal a resolução do Conama nº 357/05 trata da classificação das águas doces, salobras e salinas em função com o uso pretendido, e de acordo com este uso, estabelece os padrões de qualidade da água. A resolução Conama nº 430/2011 regulamenta os procedimentos para o lançamento de efluentes em corpos d'água e define as concentrações máximas para o lançamento de algumas substâncias.

Esta resolução estabelece em seu artigo 16 que os efluentes de qualquer fonte poluidora somente poderão ser lançados, direta ou indiretamente, nos corpos de água desde que obedeçam as condições e os padrões de lançamento de efluente (BRASIL, 2011).

Art. 16 - Os efluentes de qualquer fonte poluidora somente poderão ser lançados, direta ou indiretamente, nos corpos de água desde que obedeçam as condições e padrões previstos neste artigo, resguardadas outras exigências cabíveis:

I - Condições de lançamento de efluentes:

a) pH entre 5 a 9;

b) temperatura: inferior a 40°C, sendo que a variação de temperatura do corpo receptor não deverá exceder a 3°C no limite da zona de mistura;

c) materiais sedimentáveis: até 1 mL/L em teste de 1 hora em cone Imhoff. Para o lançamento em lagos e lagoas, cuja velocidade de circulação seja praticamente nula, os materiais sedimentáveis deverão estar virtualmente ausentes;

d) regime de lançamento com vazão máxima de até 1,5 vezes a vazão média do período de atividade diária do agente poluidor, exceto nos casos permitidos pela autoridade competente;

e) óleos e graxas:

1. óleos minerais: até 20 mg/L;

2. óleos vegetais e gorduras animais: até 50 mg/L;

f) ausência de materiais flutuantes; e

g) Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO5 dias a 20°C): remoção mínima de 60% de DBO sendo que este limite só poderá ser reduzido no caso de

existência de estudo de autodepuração do corpo hídrico que comprove atendimento às metas do enquadramento do corpo receptor;

Como padrão para lançamento de efluentes no corpo receptor, a mesma resolução estabelece concentrações máximas para contaminantes inorgânicos e orgânicos.

No estado de Santa Catarina a Lei nº 14.675 de 2009 que instituiu o Código Estadual do Meio Ambiente, determina em seu artigo 177 as condições para lançamento de efluentes em corpo receptor, entre estas se destaca as condições para o parâmetro DBO₅:

XI - DBO 5 dias, 20°C no máximo de 60 mg/L, sendo que este limite somente pode ser ultrapassado no caso de efluente de sistema de tratamento biológico de água residuária que reduza a carga poluidora em termos de DBO 5 dias, 20°C do despejo em no mínimo 80% (oitenta por cento) (ESTADO DE SANTA CATARINA, 2009).

Para que os efluentes industriais atendam as determinações legais relacionadas às condições e padrões para lançamento de efluentes nos corpos d'água, se faz necessário que os mesmos sejam tratados e condicionados em estações de tratamento de efluentes industriais (CAVALCANTI, 2009).

Conforme esclarece Giordano (2004), os processos de tratamento a serem adotados, as suas formas construtivas e os materiais a serem empregados são considerados em função de vários fatores, sendo que o mais importante entre estes é o atendimento à legislação ambiental. O autor cita ainda, que não podem ser desprezados os fatores associados ao clima; à cultura local; aos custos de investimento e operacionais; a quantidade e a classificação do lodo gerado na estação de tratamento; à segurança operacional relativa aos vazamentos de produtos químicos utilizados ou dos efluentes; geração de odores; a interação com a vizinhança e a possibilidade de reúso dos efluentes tratados.

Malheiros e Philippi Jr. (2005) definem quatro níveis de tratamento para efluentes: preliminar, primário, secundário e terciário.

O tratamento preliminar de águas residuárias equivale à primeira fase de separação de sólidos. Removem sólidos grosseiros, detritos minerais, materiais flutuantes, óleos e graxas (TELLES e COSTA, 2007, p.52). O tipo de tratamento nesta fase é basicamente físico, como o peneiramento e a sedimentação simples, realizada através das grades e peneiras e dos desarenadores.

Os métodos físicos abrangem a remoção de sólidos flutuantes de dimensões relativamente grandes, de sólidos em suspensão, areias, óleos e gorduras. Para essa finalidade são utilizadas grades, peneiras simples ou rotativas, caixas de areia ou tanques de remoção de óleos e graxas, decantadores, filtros de areia, e outros (BRAILE e CAVALCANTI, 1979, p.11).

Além das unidades de remoção de sólidos grosseiros, incluem-se também uma unidade de tratamento primário os dispositivos para medição de vazão e de homogeneização dos efluentes.

Nuvolari e Costa (2007) explicam ainda que o tratamento primário consiste na passagem do efluente por uma unidade de sedimentação após as unidades de tratamento prévio. O tratamento primário prevê ainda a adição de produtos químicos com objetivo de aumentar a eficiência na clarificação do efluente, atuando na remoção de sólidos suspensos sedimentáveis.

Telles e Costa (2007, p. 53) destacam que:

O tratamento primário consiste na passagem do esgoto por uma unidade de sedimentação logo após as unidades de tratamento prévio, atuando na remoção de sólidos sedimentáveis. As unidades de tratamento preliminar e primária, somadas, removem cerca de 60 a 70% de sólidos em suspensão (SS) e cerca de 20 a 45% da DBO e 30 a 40% de coliformes.

Uma alternativa para tanques de clarificação adotados na etapa de tratamento primária é a flotação por ar dissolvido (FAD).

De acordo com [Teunissen,20--], o processo de flotação ocorre por diferença de densidade, permitindo flotar (levar à superfície) sólidos com densidades iguais ou superiores às do líquido em que estão suspensos.

Borges e Santos, (2009) definem flotação por ar dissolvido como:

“A flotação é a operação inversa à sedimentação, ou seja, ela separa a fração sólida da fase líquida por ascensão. Esta ascensão é obtida introduzindo-se microbolhas de ar no efluente a ser tratado. A fração sólida adere às microbolhas, formando um combinado bolha+partícula, que sobe até a superfície da água, de onde é removido por um raspador.”

O ar pode ser introduzido através de difusores ou um processo de dissolução do ar no líquido (fase de compressão) seguido por uma fase de decompressão em que “nasce” o ar de novo em forma de microbolhas com diâmetro entre 40-70 μ m [TEUNISSEN, 20--]. Essas microbolhas tendem a subir até a superfície, arrastando as partículas sólidas que houver em sua trajetória.

Conforme Nuvolari e Costa (2007) no tratamento secundário visam-se a remoção de matéria orgânica dissolvida (DBO solúvel) e da matéria orgânica em suspensão (DBO suspensa ou particulada) não removida no tratamento primário.

Enquanto nos tratamentos preliminar e primário predominam mecanismos de ordem física, no tratamento secundário, a remoção do material orgânico, medida em termos de DBO é, predominantemente, decorrente de transformações bioquímicas proporcionadas pelos microrganismos (MATTOS, 2005, p. 15).

Segundo Sperling (1996) os processos de tratamento secundário são concebidos de forma a acelerar os mecanismos de degradação que ocorrem naturalmente nos corpos receptores. Assim, a decomposição dos poluentes orgânicos degradáveis é alcançada, em condições controladas, em intervalos de tempo menores do que nos sistemas naturais.

Este princípio de tratamento é aplicado em todas as variantes de lodos ativados e lagoas aeradas, nos quais o oxigênio é introduzido artificialmente, ou em filtros biológicos, onde o oxigênio entra no processo naturalmente. Nas lagoas de estabilização, facultativas, a presença de luz e algas induz o incremento de oxigênio dissolvido no meio através da fotossíntese e, no lodo de fundo (sólidos orgânicos sedimentados), ocorre a decomposição anaeróbica. O processo aeróbico produz maior quantidade de lodo do que o processo anaeróbico (NUVOLARI; COSTA, 2007).

Os autores informam ainda que o processo anaeróbio baseia-se na ação de bactérias que sobrevivem na ausência de oxigênio, sendo aplicados em reatores anaeróbios de fluxo ascendente (RAFA ou UASB), filtros anaeróbios de fluxo ascendente (FAFA, digestores de lodo, e tanques sépticos). Geram gases que podem produzir energia (biogás) e por isso tendem a gerar menor volume de lodo do que os processos aeróbios, uma vez que parte da matéria orgânica decomposta é transformada em gases (NUVOLARI; COSTA, 2007).

O Quadro 1 apresenta a faixa de eficiência esperada para cada nível de tratamento (preliminar, primário, secundário e terciário) nos parâmetros DBO, nitrogênio, fósforo e bactérias do tipo coliformes.

Quadro 1: Estimativa da eficiência esperada nos diversos níveis de tratamento incorporados numa ETE.

Tipo de tratamento	Matéria Orgânica (% remoção de DBO)	Sólidos em Suspensão (% remoção SS)	Nutrientes (% remoção nutrientes)	Bactérias (% remoção)
Preliminar	5 – 10	5 – 20	Não remove	10 – 20
Primário	25 - 50	40 - 70	Não remove	25 - 75
Secundário	80 – 95	65 – 95	Pode remover	70 – 99
Terciário	40 – 99	80 – 99	Até 99	Até 99,999

Fonte: Telles e Costa (2007, p. 53).

O tratamento terciário é projetado para maior eficiência na remoção de nutrientes, principalmente o fósforo e o nitrogênio, que resultam como principal estímulo no processo de eutrofização de corpos d'água, e também na remoção de compostos tóxicos ou não biodegradáveis, insuficientemente removidos nas etapas anteriores do tratamento (NUNES, 2004).

Com o tratamento terciário objetiva-se a remoção de poluentes específicos (nitrogênio, fósforos, metais pesados ou outras substâncias tóxicas ou compostos biodegradáveis), agentes patogênicos ou ainda a remoção complementar de poluentes não suficientemente removidos no tratamento secundário, sendo por isso, geralmente utilizados processos químicos ou físico-químicos de remoção (MATTOS, 2005, p. 16).

Exemplos de tratamento terciário incluem a troca iônica, osmose reversa, ultrafiltração, ultravioleta, ozonização, adsorção em leito de carvão ativado, macrofiltração, microfiltração, ultrafiltração, nanofiltração, entre outros.

3.3. Reúso da Água

O conjunto das atividades humanas, cada vez mais diversificadas, associado ao crescimento demográfico, vem exigindo atenção maior às necessidades de uso da água para as mais diversas finalidades (PHILLIPI JUNIOR, 2003, p. XIII).

Telles e Costa (2007, p. 93), definem o reúso como “o aproveitamento do efluente após uma extensão de seu tratamento, com ou sem investimentos adicionais”. Asano (1991 *apud* Mierzwa e Hespanhol, 2005, p.110) citam as tendências e fatores que motivam a recuperação e o reúso de água:

- A redução da poluição dos cursos d'água;
- A disponibilidade de efluentes tratados com elevado grau de qualidade;
- A promoção, em longo prazo, de uma fonte confiável de abastecimento de água;
- O gerenciamento da demanda de água em períodos de seca, no planejamento global dos recursos hídricos;
- O encorajamento da população para conservar e adotar práticas de reúso.

Devido às técnicas avançadas de tratamento de efluentes, as características físicas, químicas e biológicas do efluente tratado muitas vezes são melhores do que as características da água bruta, o que favorece o reúso do efluente (Hespanhol, 2008). O autor esclarece ainda que o reúso da água pode se dar de forma direta ou indireta, por meio de ações planejadas ou não.

O reúso da água é considerado uma opção inteligente no mercado mundial, a aplicação desta tecnologia leva ao conceito de sustentabilidade dos recursos ambientais. Com a política do reúso, importantes volumes de água potável são poupados, usando-se a água de qualidade inferior, geralmente efluentes secundários, pós-tratados, para atendimento de finalidades que podem prescindir de potabilidade (ABES *apud* TELLES e COSTA, 2007, p. 96).

Além disso, a Política Nacional de Recursos Hídricos ao estabelecer as diretrizes para gestão do uso da água por bacias hidrografias e o conceito do usuário pagador conduzem a um novo enfoque que começa a ser efetivamente implantado a partir da promulgação da lei nº 9.433/97 (FINK e SANTOS, 2003, p. 262).

3.3.1. Tipos de Reúso

A água de reúso pode ser aplicada em diferentes setores, exigindo tratamento específico para cada um de acordo com o grau de qualidade que se deseja obter. A Organização Mundial da Saúde (1973 *apud* Brega Filho e Mancuso, 2003, p. 23) esclarece os tipos de reúso da água.

- Reúso indireto: ocorre quando a água já usada, uma ou mais vezes para uso doméstico ou industrial, é descarregada nas águas superficiais ou subterrâneas e utilizada novamente a jusante, de forma diluída;
- Reúso direto: é o uso planejado e deliberado de esgotos tratados para certas finalidades como irrigação, uso industrial, recarga de aquífero e água potável;
- Reciclagem interna: é o reúso da água internamente às instalações industriais, tendo como objetivo a economia de água e o controle da poluição (BREGA FILHO e MANCUSO, 2003).

De acordo com Macêdo (2001), no setor industrial a reciclagem já vem sendo utilizada, pois economicamente se torna viável em função da redução dos gastos que estão envolvidos com a própria água e também por diminuir o volume de efluente a ser lançado no corpo receptor. Conforme Westerhoff (1984) *apud* Brega Filho e Mancuso (2003) a classificação do reuso da água é feita em duas grandes categorias: potável e não potável. Esta classificação, por ser prática e de fácil entendimento, foi adotada pela Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental (ABES).

Reúso potável direto: quando o esgoto recuperado, por meio de tratamento avançado, é diretamente reutilizado no sistema de água potável.

Reúso potável indireto: caso em que o esgoto, após tratamento, é disposto na coleção de águas superficiais ou subterrâneas, para diluição, purificação natural e subsequente captação, tratamento e finalmente utilizado como água potável.

Reúso não potável para fins agrícolas: o objetivo é a irrigação de plantas alimentícias, tais como árvores frutíferas, cereais, etc., plantas não alimentícias, tais como pastagens e forrações, além de ser aplicável para dessedentação de animais.

Reúso não potável para fins industriais: abrange os usos industriais de refrigeração, águas de processo, para utilização em caldeiras, etc.

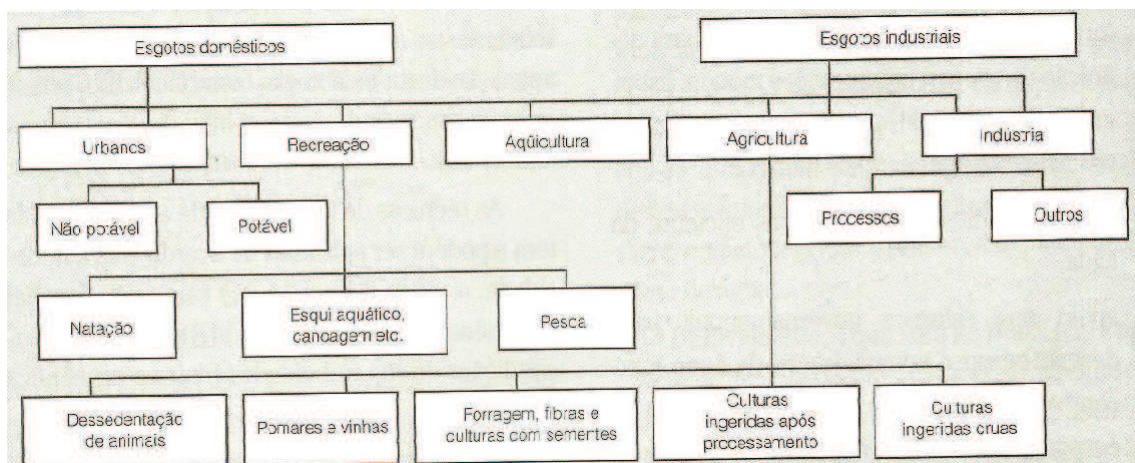
Reúso não potável para fins recreacionais: classificação reservada à irrigação de plantas ornamentais, campos de esportes, parques e também para enchimentos de lagoas ornamentais, recreacionais.

Reúso não potável para fins domésticos: são considerados aqui os casos de reúso de água para rega de jardins residenciais, para descargas sanitárias e utilização desse tipo de água em grandes edifícios.

Reúso para manutenção de vazões: a manutenção de vazões de cursos d'água de promove a utilização planejada de efluentes tratados, visando a uma adequada diluição de eventuais cargas poluidoras a eles carreadas, incluindo-se fontes difusas, além de propiciar uma vazão mínima na estiagem (FILHO e MANCUSO, 2003).

Hespanhol (1997) estabelece os tipos de reúso considerando a origem da água residuária como esgotos domésticos e efluentes industriais (Figura 3).

Figura 3: Tipos de reúso.



Fonte: Hespanhol (1997).

BLUM (2003) alerta que os critérios gerais de qualidade no planejamento de sistemas de reúso devem considerar as possibilidades de contato do usuário com a água, levando em conta principalmente o risco sanitário e o risco de rejeição ao uso de água. O autor apresenta as maneiras com a qual o homem pode ter contato com a água de reúso, destacando: a) contato por ingestão direta da água; b) contato por ingestão de alimentos crus e verduras irrigadas e consumidas cruas; c) contato por ingestão de alimentos processados; d) contato pela pele por banho em lagos contendo água de reúso; e) contato por inalação de aerossóis formados e f) contato por meio da visão e do olfato, como no caso das descargas sanitárias (BLUM, 2003).

3.3.2. Reúso na Agricultura

Hespanhol (2003A) alerta que devido às grandes vazões envolvidas na produção agrícola de alimentos, chegando a até 80% do uso consuntivo em alguns países, especial atenção deve ser atribuída ao reúso da água para fins agrícolas. Tundisi (2006) informa que no Brasil a porcentagem de uso da água para fins agrícolas chega muito próxima a 70%, devendo merecer a atenção dos tomadores de decisão, quando forem decididas as prioridades para reúso.

A agricultura depende, atualmente, de suprimento de água em um nível tal que a sustentabilidade da produção de alimentos não poderá ser mantida, sem o desenvolvimento de novas fontes de suprimento e a gestão adequada dos recursos hídricos convencionais (HESPANHOL, 2003 A).

Hespanhol (2008) informa ainda que a utilização de efluentes tratados é uma prática pouco difundida no Brasil, embora a Política Nacional dos Recursos Hídricos, em vários momentos acena para a importância da racionalização do uso da água como forma de garantir o abastecimento para as futuras gerações.

A classificação das águas é outro instrumento utilizado pela Política de Recursos Hídricos que está intimamente ligada ao reúso. Em primeiro lugar, porque, se reúso é o reaproveitamento de águas já utilizadas, qualquer utilização que não seja primária constitui reúso. Assim, classes inferiores de águas podem ser chamadas de águas para reúso. Em segundo, porque, se as águas comportam classes definidas segundo os usos preponderantes, se leva em consideração o reúso para estabelecer as classes (FINK e SANTOS, 2003, p. 276).

Os critérios de tratamento para reúso agrícola devem ser associados à manutenção da DBO até 100 miligramas por litro (valor máximo), manutenção de nutrientes e eliminação de organismos patogênicos em níveis estabelecidos pela legislação local, se disponível, ou de acordo com as diretrizes da Organização Mundial da Saúde (HESPANHOL, 2003 B).

A falta de legislação específica relacionada à qualidade da água para o setor agrícola no Brasil faz com que se utilize a resolução n. 357/05 do Conama para tal finalidade.

Segundo esta resolução, entre outros usos, as águas com condições de qualidade em conformidade como classe 1 poderão ser destinadas “à irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película”. As águas de classe 2 poderão ser utilizadas “à irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto”; enquanto que água de classe 3 podem ser utilizadas para irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageira (BRASIL, 2005).

O reúso de água na agricultura vem sanar dois problemas, primeiro o controle da poluição dos cursos d’água, evitando o despejo dos resíduos das estações de tratamento, e segundo, o fornecimento de água e nutrientes para as culturas cultivadas (GONÇALVES et al, 2006, p.2).

A água, o tipo de solo, e o clima da região são os responsáveis pela viabilização do desenvolvimento agrícola. A quantidade de água necessária para o plantio varia de acordo com cada tipo de cultura a ser desenvolvida, mas seu uso sempre será imprescindível (TELLES e COSTA, 2007. p. 102).

Hespanhol (2003 A, p. 58) apresenta como razões pela qual o uso de esgotos para irrigação de culturas aumentou nos últimos anos, a dificuldade crescente de identificar fontes alternativas de água para irrigação; o custo elevado de fertilizantes e a segurança de que o risco à saúde pública e impactos sobre o solo são mínimos, se as precauções adequadas são efetivamente tomadas.

Para Paganini (2003, p. 353) existem aspectos e detalhes importantes que devem ser considerados quando se pretendem implantar um sistema de reúso da água para fins agrícolas, destacando o risco de aumento da salinidade no solo, da contaminação por metais tóxicos, contaminação biológica e a possibilidade de lixiviação de elementos através do solo até os lençóis freáticos. Com relação a este

último aspecto, o autor destaca como efeito negativo a poluição por nitratos de águas subterrâneas, através da infiltração da água de reúso utilizada na irrigação.

Por outro lado, Tundisi (2006) esclarece que este problema não é relevante quando o reúso da água na agricultura é realizado de forma controlada, uma vez que as plantas assimilam o nitrogênio reduzindo a possibilidade de contaminação por nitrato.

Paganini (2003) informa que a irrigação com água contendo elevada concentração de sais solúveis, como é o caso de alguns tipos de efluentes, prejudicam o solo de diversas maneiras. O autor alerta para os casos de efluentes com *“alta Porcentagem de Sódio Intercambiável (PSI), ou seja, com significativa predominância de íon sódio, pode promover a dissolução das partículas de argila, provocando a diminuição da permeabilidade do solo, causando também a redução de sua aeração e a inibição do desenvolvimento do sistema radicular das plantas, com a conseqüente perda da produtividade”* (PAGANINI, 2003, p. 354).

Paganini (2003) informa ainda que alguns autores subdividem culturas de acordo com a tolerância aos sais (Quadro 2).

Quadro 2: Classificação de culturas em relação à tolerância aos sais.

Sensível	Moderadamente Sensível	Moderadamente Tolerante	Tolerante
Feijão	Milho	Aveia	Algodão
Cebola	Cana de açúcar	Gramma Rhodes	Arroz
Morango	Alfafa	Gramma Italian Rye	Gramma bermuda
Maçã	Girassol	Figo	Aspargo
Abacate	Alface	Mamão	Jojoba
Limão	Brócolis	Soja	Cevada
Lima	Pepino	Sorgo	Gramma Kallar
Manga	Pimenta	Cevada	Gramma Alkali
Laranja	Tomate	Trigo	Arroz Silvestre
Pêssego	Espinafre	Tall Fescue	Gramma Trigo
Pêra	Batata	Gramma Canary	
Tangerina	Melancia	Nabo	
Grapefruit	Berinjela	Romã	
Cenoura	Aveia (forragem)	Jujuba	
Amora	Couve flor		
Nêspera	Repolho		
Ervilha	Gramma azul		
Gergelim	Trevo vermelho		

Fonte: Gheyi et al (1997 apud Paganini, 2003, p.360).

Os metais pesados podem ser tóxicos às plantas e animais. No caso dos esgotos, a literatura especializada não relata casos de toxicidade, pois esse tipo de efluente apresenta baixas concentrações desses elementos.

Na infiltração e na percolação, os metais são retidos pela maioria dos tipos de solo, principalmente quando estes são ricos em matéria orgânica e apresentam pH maior que 7,0. (PAGANINI, 2003, p. 366).

Com relação à contaminação microbiológica em função do reúso de água ou de lodo proveniente da estação de tratamento de esgotos na agricultura, o PROSAB – Programa de Pesquisas em Saneamento Básico da FINEP – Financiadora de Estudos e Projetos do Ministério de Ciência e Tecnologia tem financiado vários estudos.

O Instituto de Pesquisas Hidráulicas (IPH) da Universidade do Rio Grande do Sul desenvolveu um projeto em parceria com o PROSAB. Este projeto está baseado na necessidade de adequação da qualidade de efluentes líquidos domésticos frente às exigências dos órgãos ambientais e, principalmente, da crescente necessidade de reutilizar a água para diversos fins. Pretende-se combinar técnicas biológicas consolidadas de remoção de poluentes com tecnologias compactas de separação entre sólido e líquido, para obtenção de água com diferentes níveis de qualidade para irrigação de culturas de cereais, com possibilidade de aumento da produtividade agrícola (PROSAB, 2011 B).

Outro estudo financiado pelo FINEP aconteceu na Universidade Federal do Ceará. O objetivo do projeto é desenvolver estudos sobre a utilização de esgotos domésticos tratados em irrigação, observando os seus impactos do ponto de vista sanitário e quanto aos riscos de salinização do solo e da ocorrência de danos às plantas cultivadas. Os trabalhos acontecem em área adjacente à estação de tratamento de esgotos da cidade de Aquiraz, na região metropolitana de Fortaleza. (PROSAB, 2011 C).

A remoção de microrganismos, como bactérias, vírus, protozoários e helmintos (ovos), contidos nos esgotos, por meio da disposição no solo, é efetuada através da sedimentação, filtração na camada orgânica superficial do terreno e da vegetação, por adsorção às partículas do solo, por dessecação durante os períodos secos, pela radiação, pela predação e pela exposição a outras condições adversas (PAGANINI, 2003, p. 383).

Fageria e Barbosa Filho (2006) destacam que para o crescimento e produção as plantas necessitam dos nutrientes, sendo que dezesseis elementos são considerados nutrientes essenciais: carbono (C), hidrogênio (H), oxigênio (O), nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), enxofre (S),

zinco (Zn), ferro (Fe), cobre (Cu), manganês (Mn), boro (B), molibdênio (Mo) e cloro (Cl). Na Tabela 1 são apresentados os nutrientes essenciais e a forma de absorção dos mesmos pelas plantas.

Tabela 1: Forma de absorção e funções de macro e micronutrientes na planta.

Nutriente	Forma de absorção	Funções
Carbono (C)	CO ₂	O componente básico de carboidratos, proteínas, lipídios e ácido nucléico.
Hidrogênio (H)	H ₂ O	Manter balanço iônico e principal agente redutor de energia para células.
Oxigênio (O)	H ₂ O, O ₂	Faz parte do composto orgânico da planta.
Nitrogênio (N)	NH ₄ ⁺ , NO ₃ ⁻	Componente de clorofila, aumenta o número de panículas e número de grãos.
Fósforo (P)	H ₂ PO ₄ ⁻ , HPO ₄ ²⁻	Papel principal é transferência de energia e metabolismo de proteínas na planta.
Potássio (K)	K ⁺	Ajuda na regulação iônica e osmótica e regula muitas enzimas de carboidratos e metabolismo de proteínas.
Cálcio (Ca)	Ca ²⁺	Interfere na divisão de células, na manutenção de integridade de membrana e na neutralização de ácidos tóxicos.
Magnésio (Mg)	Mg ²⁺	Componente de clorofila e ativar diversas reações enzimáticas.
Enxofre (S)	SO ₄ ²⁻	Interfere nas reações energéticas das células da planta
Ferro (Fe)	Fe ²⁺ , Fe ³⁺	Ativa diversas enzimas, que entram em reações na planta, como formação de clorofila, transporte de elétrons na fotossíntese e síntese de proteína.
Zinco (Zn)	Zn ²⁺	Componentes de várias enzimas.
Manganês (Mn)	Mn ²⁺	Transportador de elétrons na fotossíntese, é essencial na formação da clorofila.
Cobre (Cu)	Cu ²⁺	Ativador de enzimas de óxido-redução.
Boro (B)	B(OH) ₃ ⁰	Essencial para a formação das células e atividades de certas enzimas.
Molibdênio (Mo)	Mo	Diretamente ligado ao metabolismo do N.
Cloro (Cl)	Cl ⁻	Essencial para a fotossíntese e atua como ativador de enzimas.

Fonte: Fageria e Barbosa Filho (2006, p. 1).

Ainda conforme Fageria e Barbosa Filho (2006) a deficiência de um dado nutriente pode ocorrer sob três condições diferentes: i) quando o teor do nutriente no solo não é suficiente para satisfazer as necessidades da planta; ii) quando a quantidade do nutriente é suficiente, mas não se encontra na forma disponível para a planta; e iii) quando não há equilíbrio entre as espécies de nutriente, por exemplo a relação 2:1 na concentração de cálcio e magnésio no solo é considerada adequada para a maioria das culturas em solos brasileiros.

Outro problema que pode ocorrer quando se utiliza água de reúso é a concentração excessiva de determinado nutriente, que pode causar danos as plantas. Nuvolari (2003, p. 476) destaca que “altas concentrações de nitrogênio provocam excessivo crescimento vegetativo, o retardamento na maturação das culturas e sua tendência ao acamamento”.

No Brasil, o reúso de água na agricultura tem poucos exemplos. Rino (2002) descreve o estudo sobre disposição de efluentes de tratamento de esgoto no solo, apresentando o caso do município de Lins no estado de São Paulo, onde a SABESP- Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo implantou uma Estação de Tratamento de Efluentes, constituída por um conjunto de lagoas de estabilização anaeróbias e facultativas. Uma parte do efluente final é utilizada para irrigação das culturas de milho e de café, dentro do Projeto de Efluentes Sanitários para Uso Agrícola.

No município de Russas, no estado do Ceará, um estudo comprovou que a utilização do efluente proveniente da carcinicultura para irrigar lavouras de arroz e melão, proporciona produções iguais ou até superiores quando comparada com a água do rio Jaguaribe, utilizado para irrigação das culturas locais e criação de camarão (MIRANDA et al, 2007).

3.4. Cultura do Arroz

No sistema de cultivo de arroz pré-germinado a irrigação é feita pelo método de inundação ou alagamento. Este método, além de suprir a necessidade de água das plantas de arroz, auxilia no preparo do solo e no controle das plantas daninhas. No preparo do solo, a água é utilizada para a formação da lama, como referência para o nivelamento e para facilitar o alisamento do solo (EPAGRI, 2011). Os solos mais indicados são os argilosos hidromórficos, com camada

superficial pouco permeável, que facilitem a manutenção da lâmina d'água sobre a superfície e dificultam a lixiviação de nutrientes (DARELLA, 2001, p. 14).

Com relação à acidez do solo, a faixa mais indicada está entre 5,7 e 6,2; porém com menor produtividade, poderá ser cultivado em solos que tenham alto índice de acidez e baixo teor em nutrientes (DARELLA, 2001, p. 14).

Quanto à melhor época de semeadura, a Epagri (2011) recomenda aquela em que o período reprodutivo das plantas de arroz coincide com a maior disponibilidade de radiação e temperatura, favorecendo desta forma a maior produção e acúmulo de energia na forma de carboidratos. Na maioria das regiões de cultivo de Santa Catarina a maior incidência de radiação solar ocorre no período de dezembro a fevereiro.

3.4.1. Fases de Desenvolvimento do Arroz

A planta de arroz passa por três períodos durante seu desenvolvimento: período vegetativo, reprodutivo e de maturação.

A fase vegetativa é caracterizada pelo crescimento das folhas, colmos e raízes, em número e tamanho. Ocupa a maior parte do ciclo da planta, indo da germinação da semente até o início da diferenciação do primórdio floral. Sua duração é característica da variedade, sendo influenciada pela temperatura e fotoperíodo (ROSSO, 2007).

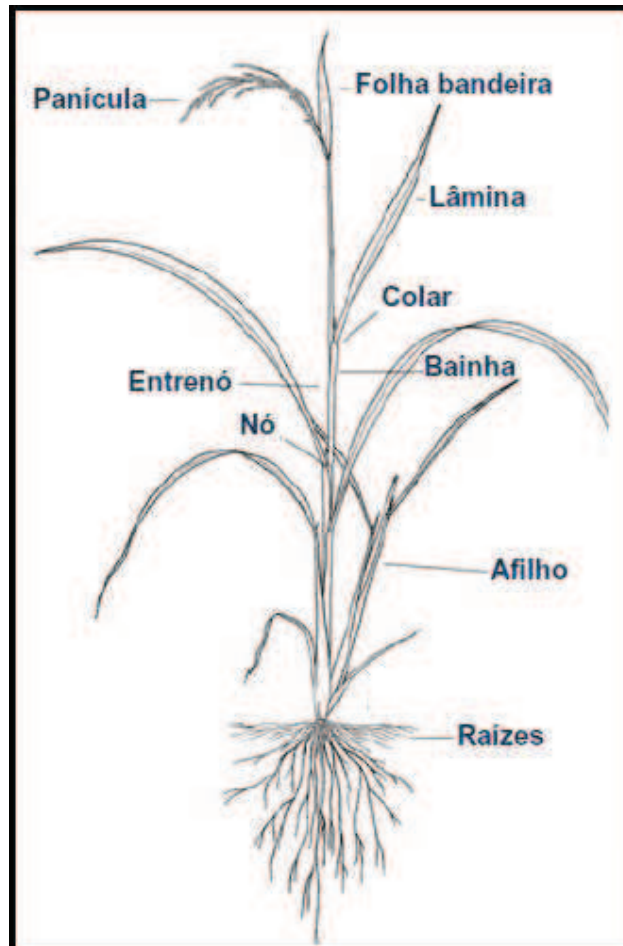
Os dois fatores principais que afetam a germinação das sementes são a umidade e a temperatura. De acordo com Rosso (2007) a temperatura mínima de germinação se situa entre 10 - 12°C e máxima entre 40 - 42°C, enquanto a ótima se situa entre 30 - 37 °C. Em temperaturas ótimas, o tempo de germinação das sementes varia entre 3 a 8 dias. A fase vegetativa dura em torno de 50 a 60 dias.

A fase reprodutiva inicia-se com a diferenciação dos órgãos reprodutivos, indo até a floração. Sua duração é mais ou menos constantes de cultivar para cultivar, durando 30 a 35 dias (ROSSO, 2007, p. 9). Ao final do período reprodutivo está determinado o número de grãos por panículas.

A fase de maturação inicia-se com floração, indo até a completa maturação. Ocupa um período de 25 a 35 dias. Após a maturação fisiológica pode levar ainda de uma a duas semanas até atingir condições de colheita.

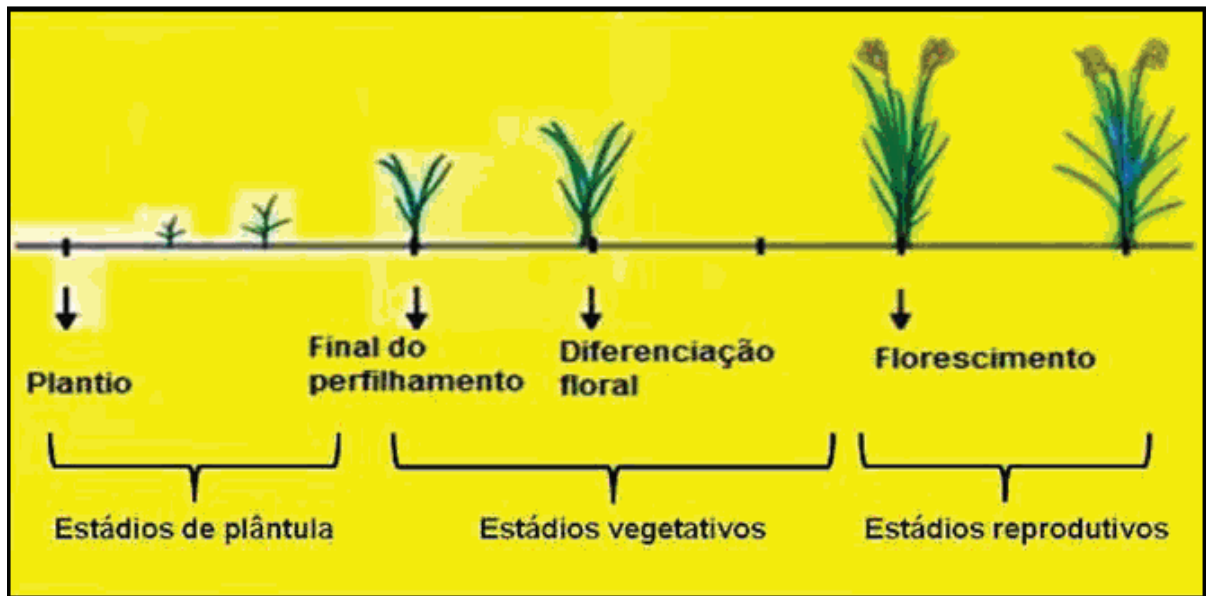
As figuras 4 e 5 apresentam as partes da planta de arroz e os estágios de desenvolvimento do arroz, respectivamente.

Figura 4: Parte da planta do arroz.



Fonte: Marchioro (2011).

Figura 5: Crescimento e desenvolvimento do arroz.



Fonte: Marchioro (2011).

3.4.2. Doenças

Como em toda lavoura, o arroz também tem doenças específicas que o atingem e prejudicam o desenvolvimento e a qualidade do arroz. Abaixo estão descritas as doenças mais comuns encontradas em cultura de arroz, de acordo com a Epagri (2011):

Brusone: é considerada a doença mais importante para cultura do arroz, por provocar perdas que podem chegar a 60%. Esta doença se manifesta em toda a parte aérea da planta, desde os estádios iniciais de desenvolvimento até a fase final de produção de grãos. Entretanto, os sintomas são observados principalmente nas folhas no início do perfilhamento e nas panículas a partir do pleno florescimento.

Mancha parda: a mancha parda manifesta-se principalmente nas folhas e nas glumas, podendo ocorrer também no coleótilo, bainhas e espiguetas. As sementes infectadas apresentam redução significativa na germinação e a ocorrência do fungo nos grãos resulta em queda acentuada no rendimento de engenho.

Escaldadura: a escaldadura do arroz manifesta-se a partir do pleno perfilhamento até a fase final do ciclo da cultura. A doença ocorre predominantemente nas folhas, podendo ser observada também na bainha, partes da panícula e grãos.

Queima das bainhas: é uma das principais doenças fúngicas que ocorrem no colmo e na bainha de plantas arroz em cultivos comerciais. Tem-se observado o aumento na incidência da doença em cultivares de alto rendimento. As plantas adultas são mais suscetíveis que as jovens, principalmente na época de formação da panícula.

Falso carvão: infecta as plantas de arroz principalmente durante o estágio de emborrachamento. É uma doença de ocorrência esporádica cujos danos são insignificantes.

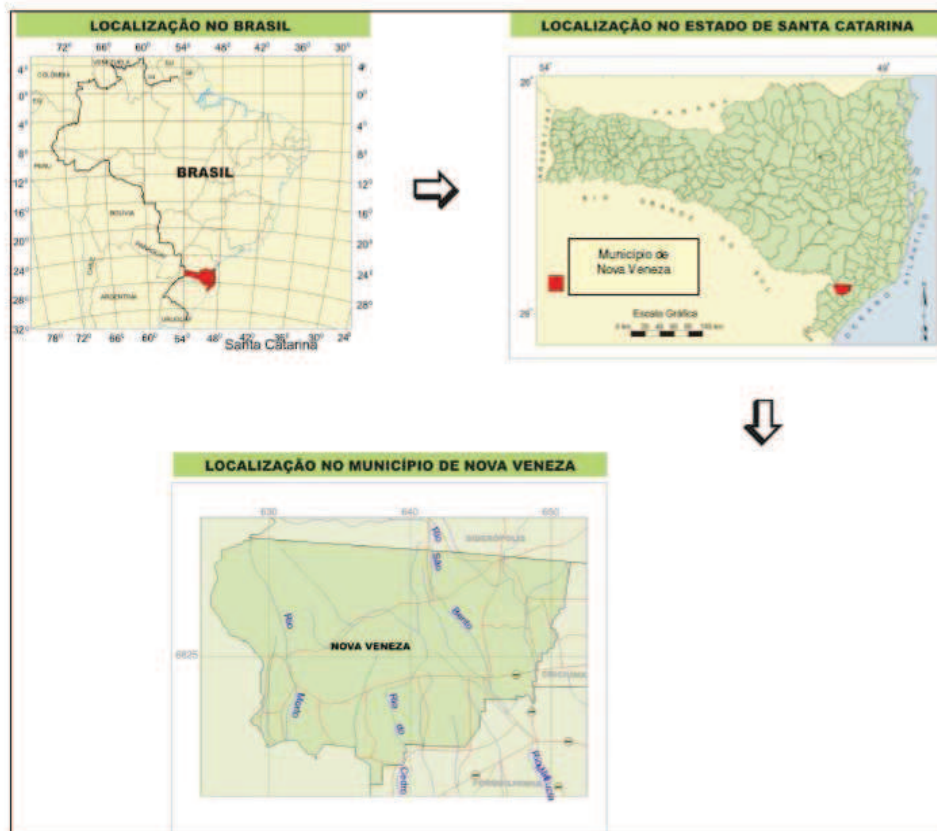
Mancha estreita: mancha estreita é uma doença que causa poucos danos, embora seja de ocorrência comum.

4. METODOLOGIA

4.1. Descrição da Área de Estudo - Agrovêneto Indústria de Alimentos S.A

A indústria de alimentos Agrovêneto S.A localiza-se no município de Nova Veneza, no sul de Santa Catarina, como mostra a Figura 6. A escolha deste município para instalação da indústria se deu pelo fato de ter disponibilidade de água, mão de obra, área adequada para instalação da empresa, além dos criadores integrados poderem se instalar nas proximidades do abatedouro (BIF, 2006).

Figura 6: Localização do empreendimento: Brasil, Santa Catarina e Nova Veneza.



Fonte: IPAT (2006 apud BIF, 2006).

A empresa iniciou suas atividades de abate de frango em 28/04/1997 com 250 funcionários, sendo que atualmente conta com 1.700 funcionários diretos. O pátio da empresa possui 82.900 m², sendo que as instalações industriais ocupam uma área de 14.073 m², compreendendo: prédio administrativo, abatedouro, casa de máquinas, estação de tratamento de água, estação de tratamento de efluentes,

manutenção, fábrica de rações, fábrica de farinha, caldeiraria e manutenção (Figura 7).

Figura 7: Vista aérea das instalações industriais da Agrovêneto Indústria de Alimentos S.A



Fonte: Agrovêneto (2003).

Com regime de trabalho de segunda a sexta e operando 24 horas por dia, a Agrovêneto abate diariamente cerca de 128.000 frangos dos quais 75% destina-se ao mercado externo.

Os principais mercados consumidores são o Japão, Itália, Alemanha, Rússia, China, Inglaterra, Espanha, Hong Kong, Canadá, África do Sul, Bélgica e Suíça. No Brasil seus produtos são encontrados nos estados de São Paulo, Paraná, Santa Catarina, Rio Grande do Sul, Rio de Janeiro e Espírito Santo.

Para minimizar os impactos ambientais decorrentes de suas atividades, a empresa possui uma estação de tratamento de água (ETA), estação de tratamento de efluente (ETE), gerenciamento dos resíduos sólidos, tratamento e controle das emissões atmosféricas, programa de educação ambiental com colaboradores e estudantes de algumas escolas do município.

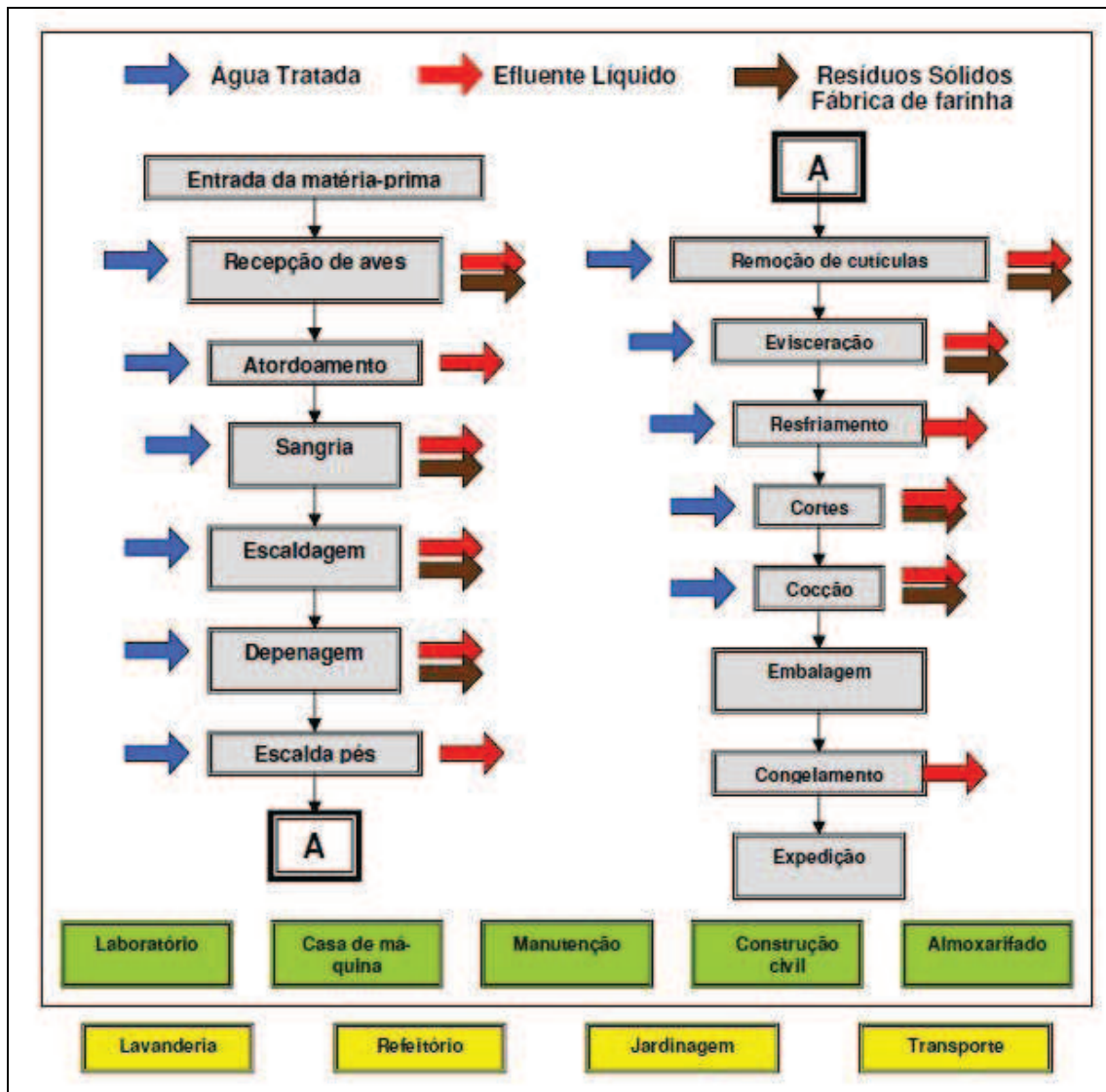
4.1.1. Descrição do Processo Industrial

O abate de frangos é uma atividade que envolve 14 etapas. A água utilizada na fábrica, num total de 4.000 m³ por dia, provém dos rios São Bento e Dândalo, sendo necessária a realização de tratamento físico-químico para atingir os padrões de qualidade.

Após o uso da água, o efluente contendo as impurezas provenientes do processo industrial é encaminhado para a estação de tratamento de efluente líquido, ETE, onde é tratado para posteriormente ser descartado no corpo receptor.

O processo do abate de aves está apresentado na Figura 8, onde se destaca a entrada de água tratada, a saída do efluente e as etapas onde são gerados os resíduos sólidos orgânicos.

Figura 8: Fluxograma do processo produtivo, com os pontos de entrada de água tratada, saída de efluente e resíduo orgânico.



Fonte: Bif (2006).

A utilização de água na indústria de abate de frangos vai desde a recepção das aves até as etapas de limpeza dos equipamentos, do chão da fábrica e das gaiolas utilizadas no transporte das aves. Além disso, a água é utilizada ainda nos banheiros, no refeitório e para a lavagem de caminhões.

O consumo de água em um frigorífico é função direta de capacidade de abate. Segundo o DIPOA (1978 *apud* Schoenhals, 2006, p. 6), em geral, “o consumo médio de água, em matadouros avícolas, pode ser calculado tomando como base o volume de 30 (trinta) litros por ave abatida”.

Segundo FORESTI *et al.* (1978 *apud* Schoenhals, 2006, p.6), um aumento da produção de frangos, por si só, acarreta no aumento do volume de despejos líquidos resultantes do processo de industrialização e, conseqüentemente, no aumento geral dos problemas de poluição ocasionados por esse tipo de despejo.

Após sua utilização a água suja que agora passa a ser chamado de efluente, escoar por gravidade até as unidades de pré-tratamento, localizadas nas proximidades da fábrica de farinhas. A primeira etapa do pré-tratamento conta com uma peneira estática, que possibilita a separação dos resíduos sólidos grosseiros que são utilizados na fabricação de farinha.

O efluente isento de sólidos grosseiros é conduzido a caixa de separação de sólidos arenosos e em seguida passa pela calha Parshall com objetivo de medir a vazão. Após passar pelo medidor de vazão o efluente, com vazão aproximada de 150 m³ por hora é drenado por gravidade ao tanque de recalque e deste para o tanque de equalização.

O efluente equalizado é tratado por um sistema de flotação por ar dissolvido (FAD) e envolve etapas de condicionamento químico para auxiliar a flotação das partículas, flotação por ar dissolvido propriamente dito, sistema de geração de microbolhas, armazenamento do lodo flotado e adensamento de lodo.

O efluente tratado com uma vazão diária de 3.600 m³ é lançado no rio Mãe Luzia, considerado segundo a resolução do Conama nº 357/05 como corpo hídrico de água doce e classe 2.

4.2. Descrição do Experimento – Irrigação de Arroz com Efluente

A metodologia do presente trabalho consiste na análise ambiental dos dados obtidos em projeto de pesquisa desenvolvido pela Agrovêneto em parceria com a Epagri e que teve início em 02 de junho de 2010.

O projeto de pesquisa consistiu na experimentação em pequena escala, da utilização do efluente tratado do abatedouro de aves como fonte de fertilização do arroz, a fim de obter parâmetros para aplicação em campo.

O projeto foi dividido em dois experimentos, chamados pela Epagri de safra e entressafra, no primeiro a irrigação com efluente ocorreu em diferentes dosagens e apenas durante o período da safra do arroz, ou seja, após o plantio. No experimento chamado de entressafra, a irrigação iniciou antes do plantio, sendo o

efluente tratado em diferentes dosagens aplicado diretamente no solo (antes do plantio), continuando-se a irrigação com água após o plantio, estendendo-se até a colheita.

O projeto totalizou 24 tratamentos, sendo 12 considerados de safra e 12 entressafra. Cada tratamento foi realizado com 4 repetições permitindo o tratamento estatístico.

Os tratamentos ou unidades experimentais foram conduzidos em vasos com capacidade de 8 litros, cada vaso foi preenchido com 7 kg de solo proveniente de lavoura de arroz localizada próxima à empresa. Os experimentos foram mantidos na rua, mas protegidos parcialmente da água da chuva como pode ser visto na Figura 9.

Figura 9: Local do experimento.



Fonte: Agrovêneto (2010).

Previamente ao preenchimento dos vasos, o solo foi peneirado para atingir a granulometria uniforme e em seguida foi pesado (Figura 10).

Figura 10: Preparação do solo para composição dos experimentos, onde a) peneiramento e b) pesagem.



Fonte: Agrovêneto (2010).

Segundo a descrição dos técnicos da Epagri, o solo utilizado no experimento é considerado de classe 3, ácido (pH 4,4), com 22% de argila, alta capacidade de troca de cátions e baixa capacidade de troca por bases. Apresenta elevada concentração de alumínio e baixa concentração de matéria orgânica. Apresenta ainda alta concentração de cálcio e de magnésio; e média concentração de fósforo e potássio. A análise do solo foi realizada apenas no início do experimento como mostra o anexo A.

Em cada unidade experimental foram utilizadas inicialmente dez sementes de arroz pré-germinadas, sendo que após o estabelecimento das plântulas foi realizado o desbaste, mantendo três plantas por vaso. Os baldes ou vasos (num total de 96) foram devidamente etiquetados, identificando o experimento (safra ou entressafra), o tratamento aplicado e a repetição.

4.2.1. Experimento 1 - Entressafra

No experimento 1 o solo proveniente da lavoura arrozeira localizada nas proximidades da Agrovêneto foi colocado nos vasos, permanecendo inundado com o efluente tratado ou apenas com água em diferentes períodos que antecederam o plantio, razão pela qual os tratamentos que compõem este experimento foram denominados pela Epagri como entressafra. A Tabela 2 mostra o período de submersão do solo para cada tratamento do experimento 1 - entressafra. Nos 12 tratamentos do experimento 1 o plantio do arroz foi realizado no dia 06 de outubro de 2010.

Diferentemente dos demais tratamentos do experimento 1, o tratamento 12 recebeu efluente desde o período da entressafra até a colheita dos grãos, ou seja, entre os 24 tratamentos experimentados, o tratamento 12 foi o que recebeu maior quantidade de efluente tratado.

Tabela 2: Período de submersão dos 12 tratamentos que compõe o experimento 1 – entressafra.

Tratamentos	Tempo de submersão do solo	Época da Submersão do solo	Irrigação
1	1 mês	Junho	Efluente
2	1 mês	Setembro	Efluente
3	2 meses	Junho a julho	Efluente
4	2 meses	Agosto a setembro	Efluente
5	3 meses	Junho a agosto	Efluente
6	4 meses	Junho a setembro	Efluente
7	1 mês	Setembro	Água limpa
8	2 meses	Agosto a setembro	Água limpa
9	3 meses	Junho a agosto	Água limpa
10	4 meses	Junho a setembro	Água limpa
11	4 meses	Junho a setembro	Solo drenado
12	9 meses	Julho até final	Efluente

Fonte: Epagri (2010).

Após o plantio do arroz, os tratamentos de 1 a 11 do experimento 1 passaram a ser irrigados com água até a colheita dos grãos, sendo que o tratamento 12 foi irrigado com o efluente tratado também até a colheita. A Figura 11 mostra os vasos do experimento 1, cuja inundação do solo iniciou no mês de junho/2010.

Figura 11: Submersão do solo nos diferentes tipos de tratamentos que compõe o experimento 1 - entressafra.



Fonte: Agrovêneto (2010.)

4.2.2. Experimento 2 - Safra

No experimento 2 foi utilizado o mesmo solo do experimento 1, porém a irrigação com efluente tratado em diferentes diluições com água teve início após o plantio do arroz, motivo pelo qual foi denominado pela Epagri como experimento de safra. A tabela 3 mostra a diluição do efluente nos diferentes tratamentos que compõe o experimento da safra, sendo que cada tratamento foi realizado com 4 repetições.

O experimento 2 teve início em 06 de outubro de 2010 com a inundação do solo seguido do plantio de arroz.

Tabela 3: Composição da irrigação do experimento 2 (safra) e período que o experimento recebeu a irrigação

Tratamento	Efluente (%)	Água limpa (%)	Período de irrigação com efluente
1	0	100	--
2	20	80	Até a DPF
3	40	60	Até a DPF
4	60	40	Até a DPF
5	80	20	Até a DPF
6	100	0	Até a DPF
7	0	100 + NPK	--
8	20	80	Até a maturação
9	40	60	Até a maturação
10	60	40	Até a maturação
11	80	20	Até a maturação
12	100	0	Até a maturação

Onde: NPK: adubação química com nitrogênio, fósforo e potássio.

Fonte: Epagri (2010).

Para os tratamentos 2, 3, 4, 5 e 6 foram utilizados o efluente com diferentes diluições com água durante o período vegetativo. Desta forma, cada balde destes tratamentos recebeu o efluente em diferentes concentrações desde a germinação da semente até a diferenciação do primórdio floral (DPF). A DPF é a transição do período vegetativo e o período reprodutivo da planta. Nos tratamentos 8, 9, 10, 11 e 12 a irrigação com o efluente em diferentes diluições estendeu-se até a fase de maturação, ou seja, até a planta se mostrar apta para a colheita dos grãos.

No tratamento 1 foi utilizado somente água durante todo o experimento, enquanto que o tratamento 7 recebeu o tratamento convencionalmente adotado pelos rizicultores da região, ou seja, irrigação com água e fertilização química com NPK. Assim, o tratamento 7 do experimento 2 serve como referência para fins de comparação com o método produtivo convencional.

4.2.3. Caracterização do Efluente Utilizado para Irrigação

O efluente tratado utilizado para irrigação dos experimentos 1 e 2, foi analisado semanalmente durante a pesquisa, totalizando 28 campanhas de amostragem, cujos resultados serviram de base para caracterizar o efluente utilizado nos experimentos. As amostras foram analisadas no laboratório Green Lab, localizado em Porto Alegre, no estado do Rio Grande do Sul. No anexo B encontra-

se um dos laudos referente ao monitoramento do efluente tratado.

Os parâmetros monitorados foram os mesmos adotados regularmente pela empresa: alumínio, cálcio, DBO, DQO, fósforo total, magnésio, nitrogênio amoniacal, nitrogênio total, óleos e graxas animais e vegetais, pH, potássio, sólidos sedimentáveis (SD), sólidos suspensos totais (SST), sólidos totais (ST), sulfato, sulfeto, surfactantes, temperatura e zinco total. Para descrever a composição do efluente utilizado nos experimentos, calcularam-se as concentrações médias de cada parâmetro. Possível incremento destes parâmetros associados ao volume de água limpa utilizada no experimento foi desprezado.

4.2.4. Manutenção da Lâmina d'Água

Para cultura do arroz é necessário que o solo esteja sempre inundado, por isso foi mantida em todos os baldes ou vasos uma lâmina de água ou de efluente diluído (conforme recomendação do tratamento) de aproximadamente 3 cm. A reposição da água ou de efluente era realizada de duas a três vezes por semana dependendo da necessidade de cada vaso. Foi utilizado para essa atividade um recipiente para a realização das diluições do efluente e um becker graduado. Os volumes adicionados em cada vaso foram anotados em planilha desde o início dos experimentos 1 e 2, até o final dos mesmos o que ocorreu no dia 28 de março de 2011.

4.2.5. Observação do Período de Maturação

Através da observação visual foi registrado o período de maturação da planta em cada tratamento, o que se evidenciou pela coloração amarelada das folhas. Foi considerado que quanto mais amarelada encontrava-se a planta, mais próxima da maturação esta se encontrava (Figura 12).

Figura 12: Início da fase de maturação das plantas.



Fonte: Agrovêneto (2011).

4.2.6. Colheita dos Grãos

Após o arroz atingir o grau de maturidade realizou-se a colheita, o que ocorreu no dia 01 de abril de 2011. A colheita foi realizada por profissionais da Epagri, sendo que o experimento da entressafra foi colhido primeiro.

Com auxílio de uma régua foi medida a altura da maior panícula de cada vaso (Figura 13). Em seguida realizou-se a contagem do número total de panículas por vaso, registrando-se também o número de panículas com algum tipo de doença. A forma de colheita se deu através do corte dos pés de arroz rente ao solo (Figura 14).

Figura 13: Medição da altura da maior panícula.



Fonte: Agrovêneto (2011).

Figura 14: Corte dos pés de arroz.



Fonte: Agrovêneto (2011).

As plantas foram colocadas em sacos plásticos individuais de acordo com o tipo de tratamento e devidamente etiquetados. Os mesmos foram encaminhados juntamente com os baldes contendo o solo para análise no laboratório da Epagri, localizado em Itajaí.

4.2.7. Variáveis Consideradas na Pesquisa

No presente estudo, a produtividade de cada tratamento levou em conta o número de panículas e a suscetibilidade das plantas com relação às doenças, visto que não foi utilizado fungicida em nenhum tratamento. O tamanho das plantas foi utilizado para avaliar o desenvolvimento vegetativo, porém esta variável não foi considerada com a finalidade de se avaliar a produtividade de cada sistema ou tratamento.

Como cada um dos 12 tratamentos que compuseram os 2 experimentos (entressafra e safra) foram realizados com quatro repetições, os dados passaram por uma análise estatística com objetivo de selecionar o melhor resultado.

Os dados foram registrados em banco de dados utilizando-se o programa Excel 07 (ambiente Windows) e o programa Statistica (versão 5.0). Efetuou-se o tratamento dos dados através do cálculo de médias, desvio padrão, limites superior e inferior considerando uma significância de 95% ($p < 0,05$). Foi verificada também a correlação de Spearman entre as variáveis consideradas no presente estudo, ou seja, estatura das plantas e número de panículas.

4.2.7.1. Carga de Material em Função da Irrigação

O volume de efluente utilizado nos diferentes tratamentos e as características do efluente final da Agrovêneta possibilitam o cálculo da carga de material incorporada ao experimento em função da irrigação realizada em uma safra (equação 1).

$$\text{Carga (mg/safra)} = \text{Concentração Média por parâmetro (mg/L)} \times \text{volume de efluente (L/safra)} \quad \text{Eq. [1]}$$

O cálculo de carga incrementada por irrigação foi calculada para alumínio, cálcio, fósforo, magnésio, nitrogênio total, potássio e zinco total.

4.3. Utilização do Efluente para Irrigação do Arroz - Escala de Campo

Os parâmetros relativos ao tratamento que resultou na maior produtividade de arroz (com base no número de panículas) foram utilizados como referência para simular as condições a serem aplicadas em campo.

Para isso, calculou-se a taxa de aplicação superficial (TAS) de efluente no experimento em $\text{m}^3 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{safra}^{-1}$. A TAS foi obtida em função do volume de efluente utilizado na irrigação e da área da unidade experimental (área do balde).

Com a área passível de ser irrigada com o efluente tratado da Agrovêneto (estimada em função da taxa de aplicação) e com base nas características físico-químicas do solo foi possível avaliar as condições de fertilização da área.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A Agrovêneto Indústria de Alimentos S.A com capacidade para abater 128.000 aves diariamente, capta dos rios São Bento e Dândalo 4.000 m³ por dia de água que é utilizada nas várias etapas de processamento industrial. O elevado consumo de água se reflete na vazão de 938.415 m³ de efluente tratado que é despejado durante um ano no rio Mãe Luzia.

O quadro 3 apresenta a característica do efluente da Agrovêneto Indústria de Alimentos S.A após passar pelo sistema de tratamento. São apresentados os valores médio, mínimo e máximo com base em 28 campanhas de monitoramento realizadas entre junho de 2010 e março de 2011. Para efeito de comparação constam os limites estabelecidos para lançamento de efluentes em corpos receptores, estabelecidos pela resolução Conama nº 430/2011, que dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a resolução 357/05; e pela Lei nº 14.675/2009 que institui o Código Ambiental para Santa Catarina.

Quadro 3: Características do efluente tratado da Agrovêneto Indústria de Alimentos SA e limites estabelecidos pela resolução Conama 430/2011 e pela Lei 14.675/09 do estado de Santa Catarina.

PARÂMETROS	valor médio	valor mínimo	valor máximo	Conama 430/2011	Lei nº 14.675/09
Alumínio Total (mgAl/L)	1,227	0,009	11,500		
Cálcio Total (mgCa/L)	9,23	3,21	15,40		
DBO ₅ (mg/L)	183	3	1050	redução de 60%	60 ou redução de 80%
DQO (mg/L)	587	10	2987		
Fósforo Total (mg P/L)	5,87	0,11	17,00		
Magnésio (mg Mg/L)	4,67	1,54	8,36		
Nitrogênio Amoniacal (mg/L)	24,85	0,84	125,00	20	
Nitrogênio Total (mgN/L)	83,7	27,3	751,0		
Óleos e graxas (mg/L)	23,8	< 1,0	326,0	50	30
pH	6,30	5,70	7,20	5 a 9	entre 6 e 9
Potássio (mgK/L)	40,70	1,07	73,10		
Sólidos Sedimentáveis (mL/L)	1,63	< 0,10	15,00	< 1	< 1
Sólidos Suspensos (mg/L)	63	3	265		
Sólidos Totais (mg/L)	482	80	822		
Sulfato (mgSO ₄ /L)	58,6	< 4,0	194,0		
Sulfeto (mg S ⁻² /L)	0,090	< 0,002	0,545	1	1,00
Surfactantes (mg/L)	<0,1	< 0,1	< 0,1		
Temperatura (°C)	20	15	25	<40	< 40
Zinco Total (mgZn/L)	0,077	0,004	0,377	5,0	1,0

Considerando-se os valores médios do efluente tratado, observa-se discordância com relação à emissão de sólidos sedimentáveis, que excede o valor máximo de 1 mL/L estabelecido pela resolução do Conama e pelo Código Ambiental de Santa Catarina.

O nitrogênio amoniacal se encontra acima do valor recomendado pela resolução do Conama nº 430/2011, lembrando que a Lei estadual não fixa padrão de emissão de efluente para este parâmetro.

Com relação à concentração de matéria orgânica biodegradável, medida em termos de demanda bioquímica de oxigênio (DBO) apesar da média dos resultados acusar valor superior a 60 mg/L, a eficiência da estação de tratamento em operação na Agrovêneto apresenta eficiência superior a 90% na remoção deste parâmetro, em conformidade com o que estabelece a resolução do Conama e a legislação ambiental de Santa Catarina.

As análises de efluente tratado considerou apenas os parâmetros citados no quadro 3. Uma análise mais detalhada poderia ser realizada para verificar se existem outros parâmetros que possivelmente contaminariam o solo ou a água.

5.1. Dados Experimentais

Os resultados obtidos considerando o crescimento das plantas e a produção do número de panículas em vinte e quatro tratamentos se encontram nos Quadros 4 e 5 que representam, respectivamente, os resultados de doze tratamentos com irrigação de efluente na entressafra e doze tratamentos com irrigação de efluente durante a safra.

Quadro 4: Média da estatura das plantas e do número de panículas nos tratamentos da entressafra considerando intervalo de confiança 95%.

Experimento: Utilização de efluentes Agrovêneto em arroz: ENTRESSAFRA												
Trat.	estatura (cm)			Inter Conf 95%			n. panículas			Inter Conf 95%		
	média	min	max	DP	Min	Máx	média	min	max	DP	Min	Máx
T1	79,0	75,0	82,0	3,2	75,9	82,1	7,5	7,0	9,0	1,0	6,5	8,5
T2	90,8	86,0	96,0	4,3	86,6	94,9	16,0	13,0	18,0	2,4	13,6	18,4
T3	96,5	95,0	98,0	1,7	94,8	98,2	13,0	11,0	16,0	2,2	10,9	15,1
T4	100,8	97,0	105,0	3,5	97,3	104,2	13,5	12,0	15,0	1,3	12,2	14,8
T5	93,5	91,0	100,0	4,4	89,2	97,8	15,5	13,0	20,0	3,3	12,2	18,8
T6	98,3	90,0	103,0	5,7	92,7	103,8	15,8	13,0	18,0	2,2	13,6	17,9
T7	86,3	83,0	88,0	2,4	83,9	88,6	8,5	7,0	10,0	1,3	7,2	9,8
T8	86,5	80,0	92,0	5,0	81,6	91,4	11,8	8,0	14,0	2,9	8,9	14,6
T9	87,5	83,0	90,0	3,3	84,2	90,8	9,5	8,0	11,0	1,3	8,2	10,8
T10	87,0	85,0	88,0	1,4	85,6	88,4	9,8	8,0	11,0	1,5	8,3	11,2
T11	82,8	80,0	89,0	4,2	78,6	86,9	8,5	7,0	10,0	1,3	7,2	9,8
T12	106,0	103,0	111,0	3,5	102,6	109,4	23,3	20,0	28,0	3,4	19,9	26,6

Quadro 5: Média da estatura das plantas e do número de panículas nos tratamentos da safra considerando intervalo de confiança de 95%.

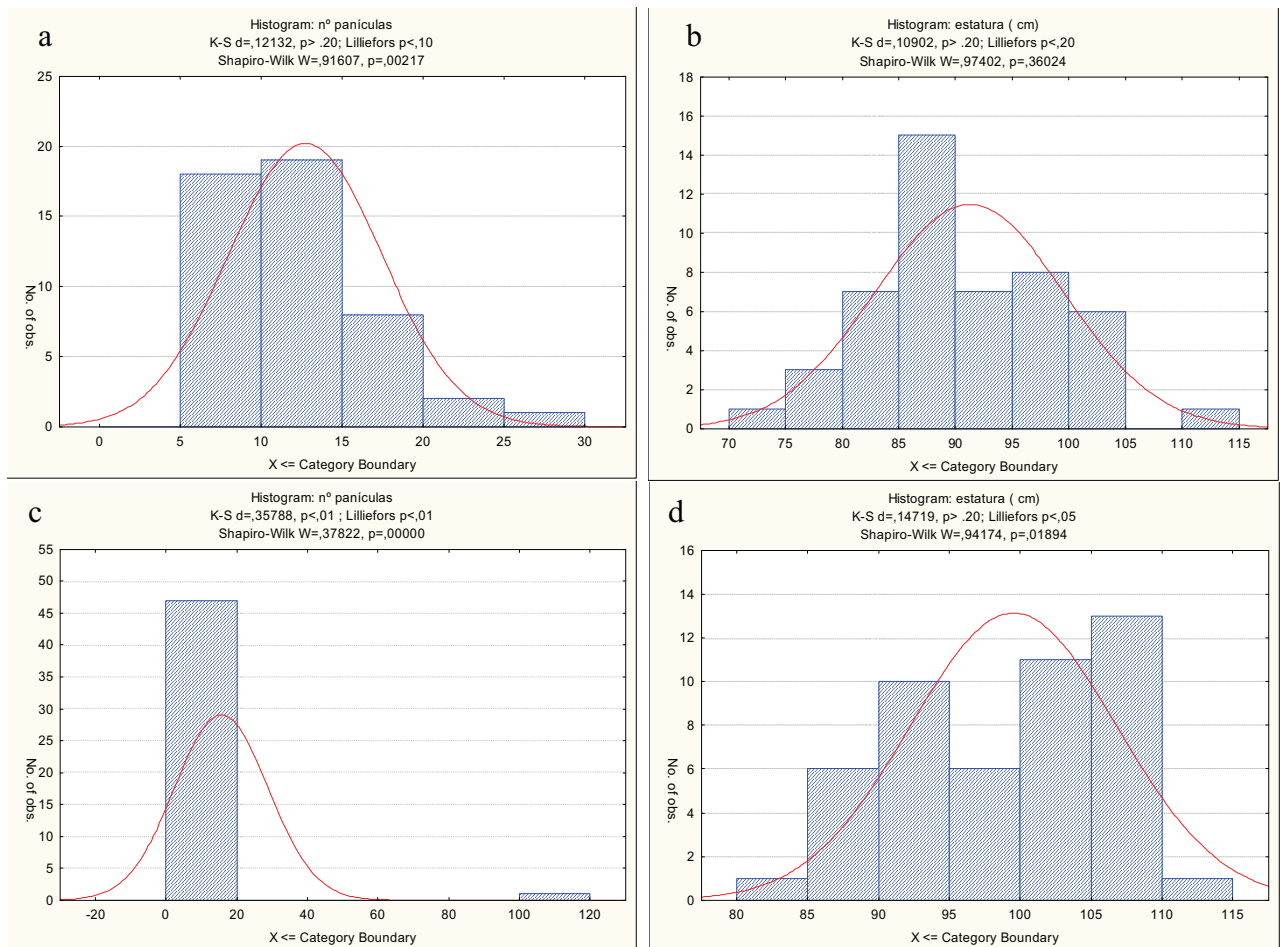
Experimento: Utilização de efluentes Agroveneto em arroz: SAFRA												
Trat.	estatura (cm)			Inter Conf 95%			n. panículas			Inter Conf 95%		
	média	min	max	DP	Min	Máx	média	min	max	DP	Min	Máx
T1	88,0	84,0	91,0	2,9	85,1	90,9	6,3	5,0	9,0	1,9	4,4	8,1
T2	92,5	89,0	96,0	3,5	89,1	95,9	10,8	9,0	12,0	1,5	9,3	12,2
T3	94,5	87,0	102,0	6,5	88,2	100,8	15,0	12,0	19,0	3,2	11,9	18,1
T4	98,3	94,0	103,0	4,4	93,9	102,6	16,3	13,0	19,0	2,5	13,8	18,7
T5	98,3	91,0	104,0	6,7	91,8	104,9	17,7	16,0	19,0	1,5	16,2	19,2
T6	102,5	98,0	107,0	4,7	97,9	107,1	17,8	17,0	18,0	0,5	17,3	18,2
T7	93,0	89,0	96,0	3,2	89,9	96,1	17,0	15,0	20,0	2,4	14,6	19,4
T8	99,0	94,0	105,0	5,4	93,8	104,2	9,5	9,0	11,0	1,0	8,5	10,5
T9	105,5	105,0	106,0	0,6	104,9	106,1	12,0	9,0	16,0	2,9	9,1	14,9
T10	107,5	106,0	110,0	1,9	105,6	109,4	13,0	12,0	14,0	0,8	12,2	13,8
T11	108,3	104,0	111,0	3,1	105,2	111,3	17,0	16,0	18,0	0,8	16,2	17,8
T12	106,3	104,0	108,0	1,7	104,6	107,9	14,8	12,0	18,0	2,8	12,1	17,4

A média dos tratamentos da entressafra para estatura das plantas e número de panículas foi de 94,98 cm de altura e 14,94 panículas para as plantas que receberam efluente e 86,02 cm e 9,62 panículas para as plantas que receberam água. No tratamento da safra a média para estatura das plantas e número de panículas foi de 97,22 cm de altura e 15,52 panículas para as plantas que receberam efluente até a dpf e 105,32 cm e 13,26 panículas para as plantas que receberam efluente até a maturação.

No entanto, para apontar o melhor resultado entre os vinte e quatro tratamentos realizados no experimento, sendo 12 tratamento com irrigação na entressafra e 12 com irrigação na safra, se faz necessário à utilização de ferramentas estatísticas mais apuradas.

O tratamento estatístico envolvendo a estatura das plantas e o número de panículas mostra anormalidade nos dados experimentais, exceto para a estatura das plantas na entressafra como mostra a figura 15.

Figura 15: Distribuição da normalidade (Shapiro-Wilk) entre os dados do experimento, onde: a) normalidade do nº de panículas da entressafra; b) normalidade da estatura da entressafra; c) normalidade do nº de panículas da safra; d) normalidade da estatura da safra.



Os dados obtidos no experimento irrigado na entressafra apresentam correlação entre a estatura das plantas e o número de panículas ($r = 0,659$), enquanto que os tratamentos que receberam irrigação apenas durante a safra, não apresentam correlação entre estas variáveis ($r = 0,105$). Ao avaliar o crescimento das plantas, observa-se que há diferença significativa entre os dados considerando 95% de confiança; porém quanto à produção de panículas, não há diferença entre os tratamentos.

As figuras 16 e 17 apresentam os resultados do experimento considerando os tratamentos com irrigação na safra e entressafra representando as médias e os limites mínimos e máximos com 95% de confiança.

Figura 16: Comparação entre os valores médios, limite inferior e superior considerando confiança de 95% para a estatura das plantas nos 12 tratamentos na entressafra (e) e 12 na safra (s).

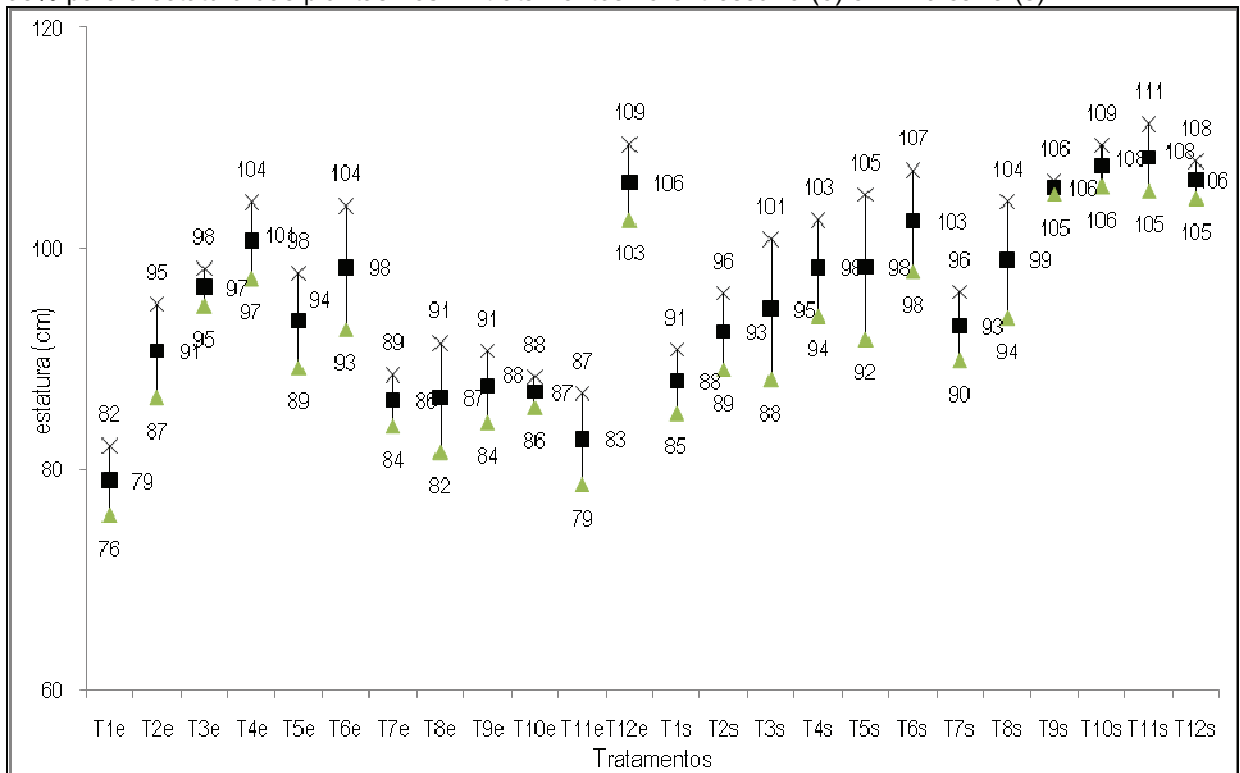
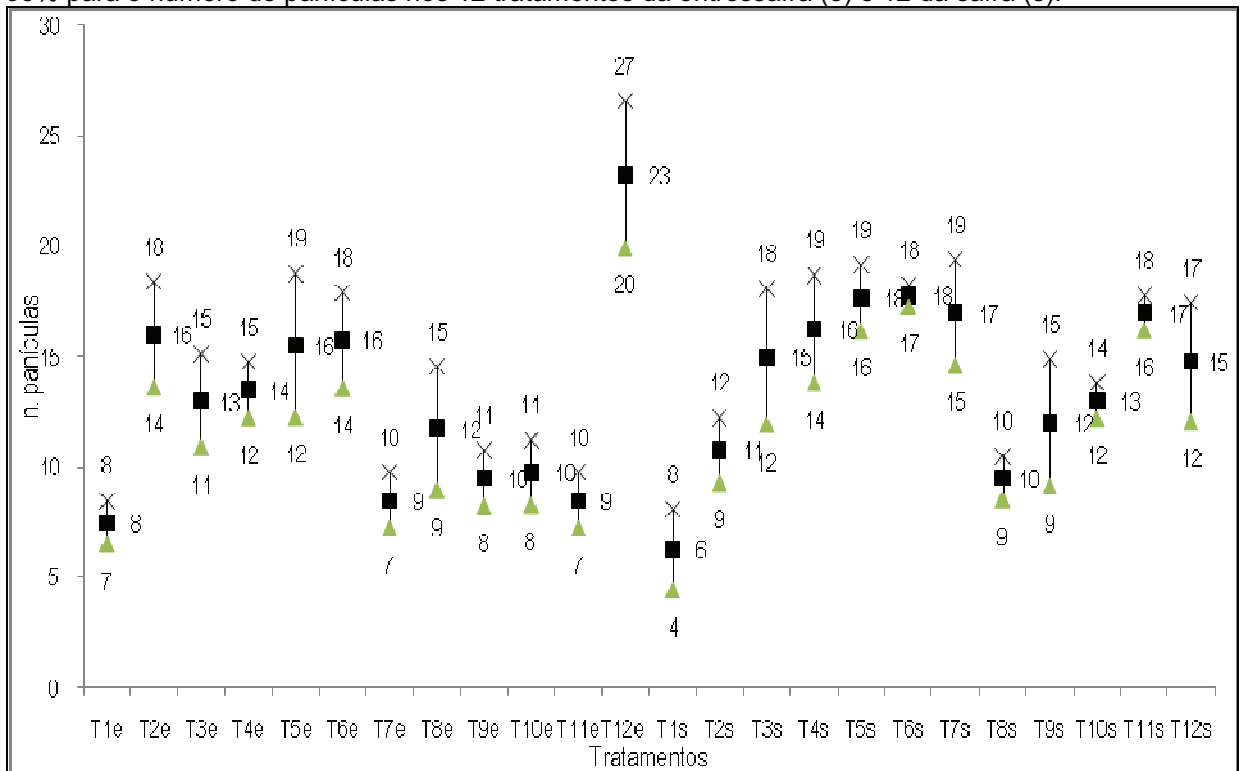


Figura 17: Comparação entre os valores médios, limite inferior e superior considerando confiança de 95% para o número de panículas nos 12 tratamentos da entressafra (e) e 12 da safra (s).



De forma geral, parece não haver influência significativa com relação à produtividade nos tratamentos que utilizaram efluente antes do plantio (T1 a T6 da

entressafra), sendo que o T1 cujo solo manteve-se submerso com efluente apenas no mês de junho, foi o que apresentou pior resultado. Também os tratamentos com submersão do solo em água no período que antecedeu o plantio (T7 a T11 da entressafra) não apresentaram diferenças significativas com relação à produtividade considerando limite de confiança de 95%.

No entanto, a análise estatística dos dados permite apontar que o tratamento 12 da entressafra apresentou o melhor resultado, uma vez que este foi o que produziu maior quantidade de panículas, que de acordo com a metodologia estabelecida no presente estudo é a variável relacionada à produtividade da planta. Em contrapartida, o tratamento 1 da safra, que recebeu somente água, foi o que apresentou pior resultado em termos de produtividade, lembrando que a análise do solo utilizada nos experimentos apontaram deficiências com relação principalmente à matéria orgânica e conseqüentemente de nitrogênio.

Quando comparado com o tratamento de referência (T7 da safra), ou seja, aquele que recebeu fertilização química na dosagem recomendada para suprir as deficiências do solo, observa-se melhor rendimento no T12 da entressafra. Vale lembrar que este tratamento foi o que recebeu maior volume de efluente da Agrovêneta, sendo que no período que antecedeu ao plantio, o solo foi mantido submerso com efluente sem diluição durante os meses de julho a setembro, e durante a safra, esta unidade experimental foi irrigada apenas com efluente.

Em termos de desenvolvimento vegetativo, observou-se de forma geral que a maior estatura das plantas se refere aos tratamentos que receberam efluente tanto na entressafra (T1 a T6 e T12) quanto na safra (T2 a T6 e T8 a T12). Praticamente pode se afirmar que não há diferença significativa entre a estatura das plantas destes tratamentos. Destacam-se ainda que nestes tratamentos as folhas apresentavam-se mais viçosas e com tonalidade mais verde, características estas de plantas que recebem elevada dosagem de nitrogênio. Conforme comenta Nuvolari (2003) o excesso de nitrogênio estimula o crescimento vegetativo, no entanto contribui para o retardo na maturação das culturas e aumenta a tendência ao acamamento.

As plantas do tratamento 12 da entressafra necessitaram de um tempo maior para atingir a maturação, enquanto as plantas dos demais tratamentos da entressafra estavam prontas para colheita na metade do mês de março. As plantas

do tratamento 12 da entressafra e as que receberam efluente na safra atingiram a maturação somente no início do mês de abril.

Com relação às doenças identificadas, a brusone esteve presente em todos os tratamentos, mas com incidência maior nas plantas que receberam efluente durante mais tempo. No entanto as plantas do tratamento 1 da safra que receberam somente água e as do tratamento 7 da safra que receberam adubo químico também apresentaram brusone em algumas panículas. Além da brusone, foram identificadas algumas plantas com exerceção incompleta e um caso de falso carvão.

Os dados de volume irrigado no tratamento 12 da entressafra e com base nas características do efluente utilizado durante o experimento resultaram no cálculo da carga de material incorporado ao solo. O volume total de efluente utilizado para irrigar as plantas do tratamento 12 da entressafra foi de 42,8 litros distribuídos durante todo o período do experimento.

Utilizando a Equação 1 que leva em conta a concentração média dos indicadores de qualidade do efluente, obteve-se os resultados que constam do Quadro 6.

Quadro 6: Concentração média de alumínio, cálcio, magnésio, fósforo, nitrogênio, potássio, zinco e matéria orgânica no efluente e carga anual incorporada à unidade experimental T12 da entressafra, considerando 42,8 litros de efluente utilizado na irrigação.

Parâmetro	Concentração média no efluente	Carga incorporada à unidade experimental
Alumínio	1,23 mg/L	52,5 mg/ano
Cálcio	9,23 mg/L	395,0 mg/ano
Magnésio	4,67 mg/L	199,9 mg/ano
Fósforo total	5,87 mg/L	251,0 mg/ano
Nitrogênio total	83,7 mg/L	3.582 mg/ano
Potássio	40,7 mg/L	1.742 mg/ano
Zinco total	0,08 mg/L	3,3 mg/ano
Matéria orgânica (DBO)	187 mg/L	8.004 mg/ano

Como o tratamento 12 da entressafra recebeu efluente durante todo o período experimental, ou seja, durante um ciclo produtivo, a carga incorporada a esta unidade experimental foi considerada em termos de massa do elemento em miligramas incorporada em um ano.

Entre os nutrientes presentes no efluente o nitrogênio é adicionado em maior quantidade, o que pode ter ocasionado o maior crescimento vegetativo nos tratamentos que receberam efluente e um retardamento no período de maturação (como observado no T12 da entressafra). Também deve ser considerado representativo o incremento de potássio e principalmente de matéria orgânica.

Conforme descrito anteriormente, o solo utilizado para o experimento apresentou-se com baixa concentração de matéria orgânica e concentração média de fósforo e potássio. Neste sentido, Seganfredo [20--] comenta que o nitrogênio disponível do solo é praticamente todo proveniente da decomposição e mineralização da matéria orgânica, lembrando que uma avaliação simplista do grau de disponibilidade de nitrogênio no solo é baseada na análise do teor de matéria orgânica.

O fato de o efluente apresentar em sua composição uma quantidade apreciável de matéria orgânica, nitrogênio e potássio pode ter contribuído para a maior produtividade observada no T12 da entressafra.

5.2. Simulação para Escala de Campo

A Agrovêneto gera anualmente 938.415 m³ de efluente líquido que é descartado no rio Mãe Luzia após o tratamento. Se fosse viável a separação dos macronutrientes nitrogênio, fósforo e potássio contidos neste efluente, a empresa produziria aproximadamente 78,5 toneladas/ano de nitrogênio; 5,5 toneladas/ano de fósforo e 38,2 toneladas/ano de potássio.

Esses resultados despertam a atenção de quem trabalha com a terra, uma vez que se trata de valores elevados de elementos essenciais para a agricultura, ou seja, a água e os fertilizantes.

As recomendações de adubação para o arroz irrigado em Santa Catarina e no Rio Grande do Sul são estabelecidas com base nos teores de matéria orgânica (para nitrogênio), de fósforo e de potássio no solo (Comissão de Fertilidade - RS/SC da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo).

A necessidade de adubação com NPK para o plantio de arroz irrigado em Santa Catarina, considerando-se as características do solo utilizado no experimento e na produtividade regional (6 a 9 toneladas de arroz por hectare) é de 90 kg de nitrogênio por ha; 40 kg de P₂O₅ por ha (ou o equivalente a 18 kg de fósforo); e 40

kg de K_2O por ha (ou o equivalente a 33 kg de potássio).

Desta forma, a relação entre os nutrientes recomendada pela Comissão de Fertilidade - RS/SC da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo é de aproximadamente 5:1:2, relação esta diferente daquela encontrada no efluente que é de 14:1:7. Assim, verifica-se que há excesso de nitrogênio e de potássio no efluente da Agrovêneta quando se compara com a disponibilidade de fósforo e considerando as características do solo local.

A esse respeito, Seganfredo [20--] comenta que se as quantidades de nutrientes adicionadas no solo forem menores que a necessidade das plantas, haverá diminuição da produtividade e, por consequência, da lucratividade, o que inviabiliza o sistema do ponto de vista econômico. Se as quantidades adicionadas forem maiores, no entanto, haverá acúmulo de nutrientes no solo, resultando, a médio e longo prazo, na deterioração da qualidade do solo.

Outro ponto a ser considerado é que o teor desses nutrientes não é suficiente para definir a necessidade de fertilização, pois não indica disponibilidade na solução do solo. Além disso, o nitrogênio na matéria orgânica pode não estar prontamente disponível, e a disponibilidade de nutrientes na solução depende das relações entre os vários elementos presentes no efluente.

O quadro 7 apresenta a área que poderia ser irrigada com o efluente considerando a quantidade individualizada de nitrogênio, fósforo e potássio disponíveis no efluente da Agrovêneta, as necessidades da lavoura para a produtividade entre 6 e 9 toneladas de arroz/ha e as características do solo.

Quadro 7: Área passível de receber irrigação com efluente tratado da Agrovêneta, considerando-se as quantidades individualizadas dos macronutrientes no efluente e características do solo.

Parâmetro	Necessidade de adubação (kg/ha)	Peso equivalente	Disponibilidade no efluente	Área passível de irrigação/ano
Nitrogênio total (N)	90 kg N/ha	90 kg N/ha	78,5 t N/ano	873
Fósforo Total (P)	40 kg P_2O_5 /ha	18 kg P/ha	5,5 t P/ano	306
Potássio (K)	40 kg K_2O /ha	33 kg K/ha	38,2 t K/ano	1157

Os parâmetros obtidos no tratamento 12 da entressafra permitem calcular a área passível de receber o volume de efluente gerado em um ano de atividade da

Agrovêneto, de forma a se obter em campo as condições semelhantes às aquelas encontradas no T12 da entressafra. O cálculo leva em conta as seguintes premissas:

Diâmetro do balde: 23 cm

Área do balde ($A = \pi r^2$): 0,0415 m²

Volume irrigado em 1 ano: 42,8 L

Taxa de aplicação superficial (TAS): 1031 L.m⁻².ano⁻¹

Taxa de aplicação superficial (TAS): 10.310 m³.ha⁻¹.ano⁻¹

Volume de efluente gerado: 938.415 m³.ano⁻¹

Área passível de ser irrigada: 91 ha (aproximadamente)

Desta forma, o resultado da pesquisa aponta para a possibilidade de irrigação de 91 ha de lavoura de arroz, considerando os parâmetros obtidos na unidade experimental com maior produtividade (tratamento 12 da entressafra). Esta área encontra-se muito aquém daquela verificada em função das dosagens individuais de nitrogênio, fósforo e potássio que apontaram respectivamente para 873; 306 e 1157 ha calculados em função da necessidade do plantio e das condições do solo.

Essa situação pode ser o reflexo da forma como os nutrientes estão presentes no efluente, indicando que talvez os mesmos não estejam completamente disponibilizados para serem utilizados pelas plantas. Além disso, deve ser considerado que a ação sinérgica entre os vários componentes do efluente, na maior parte das vezes, age sobre os ecossistemas de forma diferenciada quando se compara com os efeitos individuais de cada poluente.

Com relação a isso, os cursos de Engenharia Ambiental e de Ciências Biológicas da UNESC contam com várias pesquisas com utilização de bioindicadores que confirmam esta situação como no caso de Canto (2009) que em seu trabalho de conclusão de curso realizou a avaliação da toxicidade de percolado do aterro sanitário do município de Araranguá (SC), utilizando *Artemia* sp. e *Allium cepa* L. como organismos bioindicadores, e Bianchini (2010) que fez a avaliação toxicológica do efluente da irrigação do arroz no município de Turvo (SC), utilizando como bioindicadores *Daphnia magna* e *Allium cepa* L.

Por outro lado, o fato dos dados experimentais apontarem para uma área bem menor do que aquela apontada com base nos dados recomendados pela referência, pode contribuir para a redução de risco de super dosagem de nitrogênio e potássio no solo.

Independente destas suposições cabe lembrar que os parâmetros obtidos no experimento não levaram em consideração as condições naturais de um agrossistema, principalmente com relação à infiltração.

6. CONCLUSÃO

Apesar de ser uma forma orgânica de irrigação, a utilização de efluentes provenientes de abatedouros avícolas pode trazer prejuízos causados pelo excesso de nutrientes aplicados ao solo.

Ao contrário dos fertilizantes químicos, esses efluentes possuem composição química muito variável. Enquanto os fertilizantes químicos podem ser formulados para cada tipo de solo e cultura, esse tipo de efluente apresenta, simultaneamente, vários nutrientes que se encontram em quantidades desproporcionais em relação às exigidas pelo sistema produtivo solo-planta.

Com isso, o uso contínuo de efluente como alternativa à adubação química, poderá ocasionar desequilíbrios químicos, físicos e biológicos no solo, cuja gravidade dependerá da composição desses resíduos, da quantidade aplicada, da capacidade de extração das plantas, do tipo de solo e do tempo de utilização desse tipo de efluente.

Contudo, o experimento realizado apresenta resultados favoráveis à utilização do efluente gerado na Agrovêneta para irrigação do arroz. Esta alternativa tem despertado o interesse de agricultores locais, que sofrem com a escassez de água de boa qualidade para o cultivo de cereais (Conama 357/05), uma vez que o rio Mãe Luzia encontra-se comprometido em função das atividades de mineração de carvão.

Atualmente o efluente da Agrovêneta é despejado no rio Mãe Luzia, e que os produtores de arroz localizados a jusante da empresa utilizam a água desse rio para irrigação, pode-se dizer que o efluente já está sendo utilizado para irrigação, caracterizando-se como reúso indireto.

O fato do efluente tratado da Agrovêneta ter uma qualidade mais aceitável em termos de cultivo agrícola do que a água do rio Mãe Luzia, reduziria ainda o custo com os fertilizantes químicos.

Comparando os tratamentos realizados no experimento da Epagri, pode-se concluir que o tratamento 12 da entressafra foi o mais eficiente em termos de produtividade, porém as plantas deste tratamento demonstraram maior suscetibilidade a doenças, principalmente a brusone. Talvez seja resultado do excesso de nitrogênio aplicado ao sistema.

Seria interessante a realização de uma unidade experimental nos mesmos moldes do T12 da entressafra, mas que a irrigação com efluente fosse realizada até a DPF, o que reduziria a quantidade de nitrogênio incorporado ao solo e poderia apresentar resultados mais satisfatórios em termos de número de doenças e do tempo de maturação.

O estudo realizado baseou-se apenas na viabilidade produtiva do arroz e em escala muito reduzida. Para utilização em campo, serão necessários outros estudos e que levem em consideração as condicionantes ambientais da região, como por exemplo, a vulnerabilidade quanto à contaminação das águas subterrâneas.

É prudente recomendar ainda que caso esta alternativa de irrigação/fertilização com uso de efluente venha a ser adotada, e enquanto estudos mais detalhados não forem realizados, é essencial que se implante um programa de monitoramento de forma a avaliar as condições do solo, da água superficial e subterrânea, bem como do desenvolvimento das plantas e da produtividade da lavoura.

REFERÊNCIAS

- BIANCHINI, Priscila Tramontin. **Avaliação toxicológica do efluente da irrigação do arroz no município de Turvo (SC), utilizando como bioindicadores daphnia magna e allium cepa L.** 2010. 66 f. TCC (Graduação em Ciências Biológicas) - Universidade do Extremo Sul Catarinense, Criciúma, 2010
- BIF, Daiane Zanette. **Levantamento dos aspectos e impactos para a implantação de um programa de gestão ambiental. Estudo de caso da empresa Agroavícola Veneto Ltda, Nova Veneza, SC.** 2006. 95 f. TCC (Graduação em Engenharia Ambiental – Universidade do Extremo Sul Catarinense, Criciúma, 2006.
- BLUM, José Roberto Coppini. **Critérios e padrões de qualidade da água.** In: MANCUSO, Pedro Caetano Sanches; SANTOS, Hilton Felício dos. Reuso de Água, 2003, Barueri, SP: Manole, 2003, p.125- 174.
- BORGES, Fabio Rodrigo; SANTOS, Hélio Rodrigues dos. **Aplicabilidade da flotação por ar dissolvido no pós tratamento de efluentes de reatores anaeróbios.** Universidade Estadual do Centro Oeste- UNICENTRO, 2009, Irati, PR. Disponível em :
http://www.unicentro.br/graduacao/deamb/semana_estudos/pdf_09/APLICABILIDADE%20DA%20FLOTA%C7%C3O%20POR%20AR%20DISSOLVIDO%20NO%20P%20D3STRATAMENTO%20DE%20EFLUENTES%20DE%20REATORES%20ANAER%D3BIO.pdf. Acesso em 11 de maio de 2011.
- BRAILE, P. M.; CAVALCANTI, José Eduardo W. A. **Manual de tratamento de águas residuárias industriais.** São Paulo: CETESB, 1979. 764 p.
- BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. **Resolução n. 357, de 17 de março de 2005.** Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>. Acesso em 26 de março de 2011.
- BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. **Resolução n. 430, de 13 de maio de 2011.** Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução no 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=646>. Acesso em 07 de junho de 2011.

BRASIL. **Lei nº 9.433 de 8 de janeiro de 1997.** Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Disponível em: <http://www.ana.gov.br/Institucional/Legislacao/leis/lei9433.pdf>. Acesso em 25 de abril de 2011.

BREGA FILHO, Darcy; MANCUSO, Pedro Caetano Sanches. **Conceito de reuso da água.** In: MANCUSO, Pedro Caetano Sanches; SANTOS, Hilton Felício dos. Reuso de Água, 2003, Barueri, SP: Manole, 2003, p.21 –36.

CAVALCANTI; José Eduardo W. de A.; **Manual de Tratamento de Efluentes Industriais**, São Paulo, Editora Engenho, 2009, 453p.

CANTO, Thiago do. . **Avaliação da toxicidade de percolado do aterro sanitário do município de Araranguá (SC), utilizando-se Artemia sp e Allium cepa L. como organismos bioindicadores.** 2009. 50 f. TCC (Engenharia Ambiental) - Universidade do Extremo Sul Catarinense, Criciúma, 2009.

DARÉLLA, Marcelo Soares. **Os cultivos de arroz, fumo e banana na sub-bacia do córrego garuva, Sombrio - SC, a utilização dos agrotóxicos e sua implicação na saúde dos trabalhadores.** 147 p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, 2001.

EPAGRI. **Projeto arroz.** Disponível em : http://www.epagri.sc.gov.br/index.php?option=com_content&view=category&layout=blog&id=32&Itemid=47. Acesso em 05 de maio de 2011.

FAGERIA, Nand Kumar; BARBOSA FILHO, Morel Pereira. **Identificação e correção de deficiências nutricionais na cultura de arroz.** Circular Técnica 75, 2006, Goiás. Embrapa. 1ª Ed. 8 pg. ISSN 1678 9636. Disponível em: http://www.cnpaf.embrapa.br/publicacao/circular tecnica/circ_75.pdf. Acesso em 05 de abril de 2011.

FINK, Daniel Roberto; SANTOS, Hilton Felício dos. **A legislação de reuso de água.** In: MANCUSO, Pedro Caetano Sanches; SANTOS, Hilton Felício dos. Reuso de Água, 2003, Barueri, SP: Manole, 2003, p.261- 290.

GIORDANO, G. **Tratamento e controle de efluentes industriais**. 2004. Disponível em:
<http://www.ufmt.br/esa/Modulo_II_Efluentes_Industriais/Apost_EI_2004_1ABES_Ma to_Grosso_UFMT2.pdf>. Acesso em: abril de 2011.

GONÇALVES, Josiana Augusta; OLIVEIRA, Eduardo de; SANTOS, Luciana de. **Reuso da água para irrigação de maracujá**. In: XIII SIMPEP, 2006, Bauru.UNESP,2006, 5p. Disponível em:
<http://www.simpep.feb.unesp.br/anais/anais_13/artigos/1191.pdf>. Acesso em 25 de fevereiro de 2011.

HESPANHOL, Ivanildo . **Esgotos como recurso hídrico: Parte 1 dimensões políticas, institucionais, legais, econômico financeiras e sócio culturais**. Revista do Instituto de Engenharia, São Paulo, v. 55, n. 523, p. 45-48, 1997

HESPANHOL, Ivanildo. **Potencial de reuso de água no Brasil: agricultura, indústria, município e recarga de aquíferos**. In: MANCUSO, Pedro Caetano Sanches; SANTOS, Hilton Felício dos.Reuso de Água, 2003, Barueri, SP: Manole, p.37-95. 2003 A.

HESPANHOL, Ivanildo. **Potencial de reuso de água no Brasil: agricultura, indústria, municípios, recarga de aquífero**. Revista Bahia Análise e Dados, Salvador, v.13, p. 411 – 437. 2003 B.

HESPANHOL, Ivanildo . **Um Novo Paradigma para a Gestão de Recursos Hídricos**. Estudos Avançados, v. 22, p. 131-158, 2008.

MACÊDO, Jorge Antonio Barros de. **Águas & Águas**. São Paulo: Varela, 2001. 505 p.

MALHEIROS; PHILIPPI JR. Águas residuárias: visão de saúde pública e ambiental. In: PHILIPPI Jr. A.(Org.) **Saneamento, saúde e ambiente: fundamentos para um desenvolvimento sustentável**. Barueri, SP: Manole, 2005.

MARCHIORO, Volmir Sergio. **Cultura do arroz: Morfologia e Crescimento**. Faculdade Assiz Gurgacs- FAG. Disciplina de Agricultura II. Cascavel, PR.Disponível em: <http://www.fag.edu.br/professores/vsmarchioro/Arroz/Arroz%20-%20Crescimento.pdf>. Acesso em 05 de maio de 2011

MATOS, Antonio Teixeira de. **Tratamento de resíduos agroindustriais**. Universidade Federal de Viçosa, 2005, Viçosa. AEAGRI. 2005, 128p. (Série. Cadernos Didáticos no. 31) Curso Sobre Tratamento de Resíduos Agroindustriais. Disponível em < www.ufv.br/dec/simea/apresentacoes/CursoMatosFEAM2005.pdf >. Acesso em 25 de fevereiro de 2011.

MIERZWA, José Carlos; HESPANHOL, Ivanildo. **Água na indústria: uso racional e reuso**. São Paulo: Oficina de Textos, 2005. 143 p.

MIRANDA, Fabio Rodrigues de; TAVARES, Rodrigo de Castro; LIMA, Raimundo Nonato de; CRISOSTOMO, Lindbergue Araújo. **Uso de efluentes da carcinicultura de águas interiores na irrigação de arroz e melão**. Boletim de pesquisa e desenvolvimento on line, 28, 2007, Fortaleza. Embrapa Agroindústria Florestal, 2007, 23p. ISSN 1679-6543. Disponível em: http://www.cnpat.embrapa.br/cnpat/cd/jss/acervo/Bd_028.pdf. Acesso em 25 de fevereiro de 2011.

NUNES, José Alves. **Tratamento físico-químico de águas residuárias industriais**. 4. ed Aracaju, SE: Gráfica Editora J. Andrade, 2004. 298 p.

NUVOLARI; COSTA. **Reúso da água: conceitos, teorias e práticas**. São Paulo: Blucher, 2007.

NUVOLARI, Ariovaldo. **Esgoto sanitário : coleta transporte tratamento e reúso agrícola**. São Paulo: Edgard Blücher, 2003. 520 p.

PAGANINI, Wanderley da Silva. **Reuso da água na agricultura**. In: MANCUSO, Pedro Caetano Sanches; SANTOS, Hilton Felício dos. Reuso de Água, 2003, Barueri, SP: Manole, 2003, p.339- 402.

PHILLIPI JUNIOR, Arlindo . **Reuso da água: uma tendência que se afirma**. In: MANCUSO, Pedro Caetano Sanches; SANTOS, Hilton Felício dos. Reuso de Água, 2003, Barueri, SP: Manole, 2003, p.XIII – XVII.

PROSAB – Programa de pesquisa em saneamento básico. **Lodo**. Disponível em : <http://www.finep.gov.br/prosab/lodo.htm>. Acesso em 27 de junho de 2011 A.

PROSAB – Programa de pesquisa em saneamento básico. **Tratamento de esgotos domésticos por técnicas avançadas visando o reúso da água.** Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Disponível em: http://www.finep.gov.br/prosab/4_esgoto_ufrgs.htm. Acesso em 03 de maio de 2011B.

PROSAB – Programa de pesquisa em saneamento básico. **Utilização de esgotos domésticos tratados em irrigação e avaliação de seus impactos sanitários e sobre o solo e as plantas cultivadas.** Universidade Federal do Ceará. Disponível em: http://www.finep.gov.br/prosab/4_esgoto_ufc.htm. Acesso em 03 de maio de 2011 C.

RINO, Carlos ALBERTO Ferreira. **Disposição de efluentes de estação de tratamento de esgotos no solo: uma técnica de reuso das águas.** In: XXVIII Congresso Inter Americano de Ingenieria Sanitária y Ambiental, 2002, Cancun. AIDIS, 2002. Disponível em <http://www.bvsde.ops-oms.org/bvsaidis/mexico26/ii-116.pdf>. Acesso em 25 de fevereiro de 2011.

ROSSO, João Carlos. . **Avaliação do consumo de água em lavouras de arroz irrigado no sistema pré-germinado nas condições climáticas do sul catarinense.** 64 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade do Extremo Sul Catarinense, Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, Criciúma, 2007

SANTA CATARINA. **Lei nº 14.675 de 2009;** Institui o Código Estadual do Meio Ambiente e estabelece outras providências.92p. Disponível em; < http://www.sc.gov.br/downloads/Lei_14675.pdf>. Acesso em 02 março 2010.

SCHOENHALS, Marlise. **Avaliação da eficiência do processo de flotação aplicado ao tratamento primário de efluentes de abatedouro avícola.** Dissertação de Mestrado em Engenharia Química da Universidade Federal de Santa Catarina , 2006, Florianópolis. Disponível em < <http://www2.enq.ufsc.br/teses/m152.pdf>>. Acesso em 24 de fevereiro de 2011.

SEGANFREDO, Milton Antonio. **A adubação com dejetos suínos melhora ou polui o solo?** Embrapa Suínos e aves [20--]. Disponível em: <http://www.suinos.com/emb/cnpsa-00001.htm>. Acesso em 05 de junho de 2011.

SPERLING, Marcos von. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos.** 2.ed. Belo Horizonte: DESA, 1996. 243 p.

TELLES, Dirceu D'Alkmin. **Aspectos da utilização de corpos d'água que recebem esgoto sanitário na irrigação de culturas agrícolas.** In: NUVOLARI, Ariovaldo. Esgoto Sanitário: coleta, transporte, tratamento e reúso agrícola, 2003, São Paulo: Blucher, , p.461-484.

TELLES, Dirceu D'Alkmin; COSTA, Regina Helena Pacca Guimarães. **Reúso da água: conceitos, teorias e práticas.** São Paulo: Blucher, 2007. 311 p.

TEUNISSEN, A. Gerd. **Flotação por ar dissolvido, tecnologia DAF (dissolved air flotation) no tratamento de água potável e águas residuais.** Disponível em: <http://www.aquaflot.com.br/artigos/TecnologiaDAF.pdf>. Acesso em 11 de Junho de 2011.

TUNDISI, José Galicia. **Água no Século XXI: Enfrentando a Escassez.** São Carlos: Rima, 2003. 248p.

TUNDISI, José Galicia.. . **Novas perspectivas para a gestão de recursos hídricos.** Revista USP, v. 70, p. 24-35, 2006.

ANEXO A - Laudo de Análise do Solo



Governo do Estado de Santa Catarina
Secretaria de Estado da Agricultura e Desenvolvimento Rural
Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina S.A.

Laboratório de Análise de Solos
Integrante da Rede Oficial de Laboratórios de Análise de Solos
e de Tecido Vegetal dos Estados do RS e SC – Rolas
Laudo de Análise de Solos



Produtor.....: AGRO VENETO
Localidade.....:
Município.....: NOVA VENEZA
Data Entrada: 24/06/2010

Remetente.....: ESTAÇÃO EXPERIMENTAL DE ITAJAÍ
Município.....: ITAJAÍ
Análise.....: Pesquisa
Data Emissão: 06/07/2010

Nº Lab.	Ref.	% Argila m/v	pH-Água 1:1	Índice SMP	P mg/dm ³	K mg/dm ³	% M.O. m/v	Al cmolc/dm ³	Ca+Mg cmolc/dm ³
21724	1898 - DOMINGOS	22	4.4	5.1	3.6	80	1.4	3.1	7.6

Nº Lab.	Ref.	H + Al cmolc/dm ³	CTC pH7.0 cmolc/dm ³	% Saturação CTC	
				Bases	Al
21724	1898 - DOMINGOS	12.26	20.06	38.91	28.43

EVANDRO SPAGNOLLO
Eng. Agrº D.Sc CREA-SC 053652-8
Responsável Técnico

Nota: mg/dm³ = ppm, cmolc/dm³ = meq/100g
A análise requer uma amostragem representativa da área.
Um adequado manejo do solo reduz as perdas por erosão.
Consulte um engenheiro agrônomo para correta recomendação da adubação.

Centro de Pesquisa para Agricultura Familiar – Cepaf
Servidão Ferdinando Tusset, s/nº, São Cristóvão, C.P. 791

ANEXO B - Laudo da Análise do Efluente Tratado

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº. 3560/2011-1.0					
Dados do Interessado:					
Interessado:	AGROVÊNETO S.A. INDÚSTRIA DE ALIMENTOS				
Endereço:	Rua Alfredo Pessi, 2.000 - Bortoloto - Nova Veneza/SC				
Dados da Amostra:					
Tipo de amostra:	Efluente tratado				
Local de coleta:	Saída da ETE				
Coordenadas:	Não informado				
Data de coleta:	15/02/11	Data de recebimento:	16/02/11		
Condições climáticas:	Tempo chuvoso				
Responsável pela coleta:	Interessado				
Observações:	Não há				
Período de análise:	16/02/11 à 25/02/11	Data da publicação:	04/03/11		
ANÁLISES REALIZADAS					
Parâmetros	Unidade	Resultado	LD	Padrão Emissão Decreto FATMA nº 14250/81 art. 19	(M)
Alumínio Total	mg Al/L	0,17	0,001	---	117
Cálcio Total	mg Ca/L	11,0	0,005	---	117
Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)	mg DBO5/L	140	2	60 ou redução de 80%	1
Demanda Química de Oxigênio	mg O2/L	480	6	---	9
Fósforo Total	mg P/L	13	0,001	1,0	105
Magnésio Total	mg Mg/L	7,43	0,005	---	117
Nitrogênio Amoniacoal	mg NH3-N/L	12,8	0,05	---	110
Nitrogênio Total Kjeldahl	mg N/L	64,6	0,05	10,0	109
Óleos e Graxas Animais + Vegetais	mg OG/L	3,8	1,0	30,0	22
pH	-	7,0	-	entre 6,0 e 9,0	4
Potássio Total	mg K/L	38,2	0,003	---	117
Sólidos Sedimentáveis	mL/L	< 0,10	0,10	até 1	5
Sólidos Suspensos Totais	mg Sól. Suspensos Totais/L	59,0	2,00	---	27
Sólidos Totais	mg Sól. Totais/L	626	2,00	---	24
Substâncias tensoativas que reagem ao azul de metileno	mg MBAS/L	< 0,1	0,10	2,0	59
Sulfato	mg SO4/L	< 4,0	4,00	---	60
Sulfeto	mg S-2/L	0,146	0,002	1,0	213
Temperatura	°C	21,0	-10	inferior a 40°C	8
Temperatura ar	°C	25,0	-	---	8
Zinco Total	mg Zn/L	0,032	0,0006	1,0	117
Conclusões Técnicas:					
De acordo com a Decreto FATMA 14250/81 - Art. 19, dos padrões de emissão de efluentes líquidos.: O(s) parâmetro(s) Fósforo Total, Nitrogênio Total Kjeldahl, Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) ultrapassam os limites máximos permitidos. Para os parâmetros que são avaliados de acordo com a eficiência do tratamento, verificar dados do efluente bruto.					
Legenda:					
epm - %					

RELATÓRIO DE ANÁLISE Nº. 3560/2011-1.0

L.D. – Limite de Detecção
 N.A. – Não se aplica
 N.D. – Não Detectado
 V.M.P. – Valor Máximo Permitido conforme Portaria/Resolução/Norma
 Padrão de Emissão: Padrão de emissão conforme Portaria/Resolução/Norma.
 (*) : Análise prejudicada em função da característica da amostra
 (M): Métodos de Referência

Métodos de Referência (M)

1	SM 5210 B
4	Potenciométrico
5	SM 2540 F
8	Termométrico
9	SM 5220 B
22	SM 5520 D
24	SM 2540 B
27	SM 2540 D
59	SM 5540 C
60	SM 4500 SO4 E
105	SM 4500-P E
109	SM 4500 N
110	SM 4500 NH3 C
117	SM 3120 B- ICP
213	SM 4500 S2 D

Bibliografia:

APHA : American Public Health Association
 EPA : Environmental Protection Agency
 F.BRAS.IV, 1996 : Farmacopéia Brasileira 4ªed:1996
 NBR: Norma Brasileira
 SM : Standard Methods for the Examination of water and wastewater – 21th edition:2005

Observações:

- Para amostras sólidas: os resultados são expressos em base seca.
- Cadastro na FEPAM Nº 50/2009-DL válido até 13/04/2011
- Os dados brutos referentes à amostra são armazenados em arquivo físico pelo prazo de 5 anos a contar da emissão deste relatório.
- Os Relatórios de Análise referentes à amostra serão armazenados eletronicamente pelo prazo de 10 anos a contar da emissão deste relatório.
- Os resultados contidos neste Relatório de Análise aplicam-se somente a amostra ensaiada.
- Período de análise: Conforme procedimento interno PP.COL.POP1 – Guia de Coleta e Preservação de amostras.
- Coleta: As coletas realizadas pelo Green Lab seguem os procedimentos internos do Laboratório. Quando realizadas pelo Interessado seguem conforme os procedimentos disponibilizados pelo Green Lab ou procedimentos internos do Cliente.
- Proibida a reprodução parcial deste documento.



Graciema Formolo Pellini
 Responsável Técnico - CRQ-V 05200428



Giselle Petry Gomes
 Químico – CRQ-V 05202136