

UNIVERSIDADE REGIONAL INTEGRADA DO ALTO URUGUAI E DAS MISSÕES
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
ENGENHARIA AGRÍCOLA



DISCIPLINA DE TRABALHO DE GRADUAÇÃO II
Linha de pesquisa: Engenharia de Água, Solo e Meio Ambiente

**UTILIZAÇÃO DE REATOR ZONA DE RAÍZES NO POLIMENTO DE EFLUENTES
DE ABATEDOURO**

ROSA TERAPIN PEREIRA

ERECHIM
2015

UNIVERSIDADE REGIONAL INTEGRADA DO ALTO URUGUAI E DAS MISSÕES
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
ENGENHARIA AGRÍCOLA



UTILIZAÇÃO DE REATOR ZONA DE RAÍZES NO POLIMENTO DE EFLUENTES
DE ABATEDOURO

Rosa Terapin Pereira

Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado ao curso de Engenharia Agrícola do Departamento de Ciências Agrárias na Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – Campus de Erechim, como requisito para aprovação na disciplina de Trabalho de Graduação II.

ERECHIM

2015

ROSA TERAPIN PEREIRA

**UTILIZAÇÃO DE REATOR ZONA DE RAÍZES NO POLIMENTO DE EFLUENTES
DE ABATEDOURO**

Orientador: Prof. Msc. Suelen C. Vanzetto

Banca examinadora:

Prof. Msc. Suelen C. Vanzetto
Engenheira Ambiental
URI - Erechim

Prof. Msc. Leandro Pinto
Engenheiro Agrícola
URI - Erechim

Prof. Msc. Jeferson Cunha da Rocha
Engenheiro Agrícola
Coordenador da Disciplina de TG II

ERECHIM

2015

RESUMO

Um dos grandes problemas ambientais atuais é a falta de tratamento e/ou o manejo inadequado dos resíduos gerados a partir da produção animal. Embora a preocupação com o tratamento dos efluentes gerados pela atividade de frigoríficos não seja uma novidade, a descrição da eficiência dos processos utilizados e os cuidados com novas técnicas de tratamento são de interesse não só dos frigoríficos, mas também dos órgãos governamentais envolvidos com a qualidade do meio ambiente. Dentre as propostas para tratamento de águas residuárias ricas em material orgânico, como é o caso dos efluentes provenientes de abatedouros, distingue-se a utilização de sistemas alagados construídos (SACs), também denominados zona de raízes. Tais sistemas configuram-se como alternativas simplificadas, apresentando reduzidos custos de implantação e operação para o tratamento desses resíduos. Com isso o objetivo deste trabalho foi avaliar o desempenho na remoção de sólidos e matéria orgânica de um sistema zona de raízes com fluxo vertical no polimento de efluente de abatedouro. Foram realizados testes em laboratórios de matéria orgânica DBO e DQO e de SS para chegar aos resultados. Baseado na evidência da remoção de matéria orgânica e sólidos o sistema estudado apresentou desempenho bastante favorável, indicando assim a potencialidade de aplicação em escala real. Outro fator favorável apontado nesta pesquisa é a beleza paisagística da tecnologia e das plantas utilizadas, possibilitando a existência de uma espécie de jardim funcional para adequação dos efluentes.

Palavras - chave: Impacto ambiental, Zona de raízes, Tratamento de efluentes.

ABSTRAT

One of the major current environmental problems is the lack of treatment and / or inadequate management of waste generated from livestock production. While concern about the treatment of effluents generated by the refrigerators activity is not a novelty, a description of the efficiency of the processes used and the care with new treatment techniques are of interest not only of the cold, but also of government agencies involved in quality environment. Among the proposals for the treatment of wastewater, rich in organic material, as is the case of effluents from abattoirs, distinguished using constructed wetlands (CWs), also called root zone. Such systems are configured as simplified alternative, with low construction and operating costs for the treatment of such waste. Thus the aim of this study was to evaluate the performance in the removal of solids and organic matter of a root zone system with vertical flow in the abattoir effluent polishing. Tests were conducted in the laboratory of organic matter BOD and COD and SS to reach the results. Based on the evidence of the removal of organic and solid matter the studied system showed favorable performance, thus indicating the potential application of full scale. Another factor pointed out in this research is the scenic beauty of technology and used plants, enabling the existence of a kind of functional garden adequacy of effluents.

Keywords: Environmental impact , root zone, wastewater treatment.

LISTA DE FIGURAS

Figura 01 - Esquema de componentes do sistema zona de raízes.....	19
Figura 02 - Imagem do sistema que construímos com todos seus componentes ainda em fase de adaptação.....	21
Figura 03 - Imagem da cana indica adaptada ao nosso sistema zona de raízes.....	22
Figura 04 - Sistema em funcionamento.....	23

LISTA DE TABELAS

Tabela 01 - Concentração dos poluentes encontrados nos abatedouros.....	12
Tabela 02 - Valores de remoção de DBO.....	24
Tabela 03 - Valores de remoção de DQO.....	25
Tabela 04 - Valores de remoção de Sólidos Suspensos.....	26

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	9
1.1	OBJETIVO	10
1.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	10
2	REFERÊNCIAL TEÓRICO	11
2.1	ASPECTOS AMBIENTAIS	11
2.2	PROCESSO PRODUTIVO NA INDÚSTRIA DE ABATE	12
2.3	CARACTERÍSTICAS DOS RESÍDUOS DA INDÚSTRIA DE ABATE	13
2.4	SISTEMAS DE TRATAMENTO DE EFLUENTES DE ABATEDOUROS	15
2.4.1	Lagoas de estabilização	16
2.4.2	Sistema de lagoa anaeróbia seguida de lagoa facultativa	17
2.4.3	Zona de raízes	18
3	MATERIAL E MÉTODOS	20
3.1	ELABORAÇÃO DO SISTEMA DE TRATAMENTO	20
3.2	MACRÓFITAS AQUÁTICAS	21
3.3	DISTRIBUIÇÃO DO EFLUENTE	22
3.4	ANÁLISES DAS AMOSTRAS	23
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	24
4.1	MATÉRIA ORGÂNICA (DBO)	24
4.2	MATÉRIA ORGÂNICA (DQO)	25
4.3	SÓLIDOS SUSPENSOS (SS)	26
5	CONCLUSÕES	27
	REFERÊNCIAS	28

1 INTRODUÇÃO

Muitas das propriedades da vida são elucidadas a partir da compreensão das características físicas e químicas das águas. Esse recurso natural é imprescindível ao equilíbrio ecológico e ao desenvolvimento da sociedade, estando intrinsecamente ligado à evolução da espécie humana. Dada tamanha importância, seria um absurdo não tratar este bem com a devida responsabilidade, mas é exatamente isto que ocorre (COSTA, 2011).

Nas últimas décadas, com o aumento das áreas urbanas e o desenvolvimento industrial, os mananciais hídricos tornaram-se o transporte natural de esgoto doméstico e rejeitos industriais solúveis, poluindo cada vez mais os rios, que são importantes fontes de captação de água para a população, e que acabam sendo veículos para a transmissão e disseminação de doenças. É indispensável melhorar os sistemas de tratamento das águas residuais; não para produzir água estéril, mas para torná-la livre de patógenos e de substâncias prejudiciais à vida aquática e a toda humanidade. Esse quadro geral da situação atual persiste devido às políticas prejudiciais aos múltiplos usos da água e degradado pelos altos índices de cargas poluidoras de diversas origens (COSTA, 2011).

Grande parte dos estabelecimentos, via de regra, lançam as águas residuais diretamente em cursos d'água que, se forem volumosos e perenes, são capazes de diluir a carga recebida sem maiores prejuízos. Porém, o que frequentemente acontece é que os rios são de pequeno porte e o efluente dos matadouros é tão volumoso que torna as águas receptoras impróprias à vida aquática e a qualquer tipo de abastecimento, agrícola, comercial, industrial ou recreativo. Nesses casos, os efluentes dos matadouros podem ser classificados, como agentes de poluição das águas, em ameaça à saúde pública (FEISTEL, 2011).

Um dos grandes problemas ambientais atuais é falta de tratamento e/ou o manejo inadequado dos resíduos gerados a partir da produção animal. Em diversos países estes efluentes provenientes da produção animal são considerados umas das principais fontes de poluição dos corpos hídricos, sendo mais prejudiciais que as indústrias, consideradas no passado grandes causadoras da degradação ambiental (GATTI, 2013).

Embora a preocupação com o tratamento dos efluentes gerados pela atividade de frigoríficos não seja uma novidade, a descrição da eficiência dos processos utilizados e os cuidados com novas técnicas de tratamento são de interesse não só dos frigoríficos, mas também dos órgãos governamentais envolvidos com a qualidade do meio ambiente, necessárias para desenvolver esta atividade econômica essencial, tomando os devidos cuidados com os resíduos líquidos gerados (ROCHA, 2008).

Matos (2011) afirma que dentre as propostas para tratamento de águas residuárias ricas em material orgânico, como é o caso dos efluentes provenientes de abatedouros, distingue-se a utilização de sistemas alagados construídos (SACs), também denominados zona de raízes. Tais sistemas configuram-se como alternativas simplificadas, apresentando reduzidos custos de implantação e operação para o tratamento desses resíduos.

1.1 OBJETIVO

Avaliar o desempenho na remoção de sólidos e matéria orgânica de um sistema zona de raízes com fluxo vertical no polimento de efluente de abatedouro.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Instalar o sistema de tratamento em escala de bancada;
- Adaptar as plantas no sistema de tratamento;
- Verificar o funcionamento do sistema;
- Coleta das amostra do efluente (bruto e tratado) para realizar as análises físico - químicas como DBO, DQO, Sólidos totais e Sólidos suspensos, PH;
- Analisar a eficiência de polimento do sistema no efluente;

2 REFERÊNCIAL TEÓRICO

2.1 ASPECTOS AMBIENTAIS

Os corpos hídricos tais como rios, córregos, lagos e represas são os mais afetados pelos despejos de resíduos. Cada rio ou lago possui, até certo ponto, uma capacidade natural de recepção de poluentes. Esse restabelecimento do equilíbrio no meio aquático, após alterações induzidas pelas descargas de efluentes, é a autodepuração. Seria uma espécie de neutralização da matéria poluidora, através de processos de diluição, sedimentação e estabilização química. Gradativamente, nos cursos de água poluídos ocorre uma transformação dos componentes orgânicos em sais minerais e gás carbônico, recuperando lentamente a limpidez das águas naturais (COSTA, 2011).

A contaminação da água por efluentes industriais é decorrente do uso das matérias-primas e dos processos industriais utilizados, podendo ser complexa, devido à natureza, concentração e volume dos resíduos produzidos (GATTI, 2013)

O lançamento de despejos orgânicos pode causar dois tipos de influências químicas nocivas sobre o ambiente e os organismos: primeiro, o efeito direto, tóxico; segundo, a influência indireta, pela criação de condições anaeróbias ou pelo menos de deficiência de oxigênio livre. Por qualquer um dos dois caminhos e geralmente por ambos simultaneamente a poluição orgânica pode alterar as características do ciclo biodinâmico de uma massa de água. (DORNELLES, 2009)

Os resíduos gerados pelas indústrias se forem lançados no ambiente, sem tratamento, poderão causar graves impactos ambientais. Sabendo que os abatedouros produzem grande quantidade de resíduos, tem-se buscado pesquisar processos de tratamento mais eficazes para remoção de carga orgânica em tempo menor. (GATTI, 2013).

Qualquer atividade econômica produtora de bens e serviços, de alguma maneira, gera efluentes e resíduos que afeta positiva e/ou negativamente o meio ambiente. Considera que no segmento do agronegócio que abate animais para consumo, esse fato motiva estudos, visando equilibrar o balanço econômico da atividade frigorífica como aspectos legais, ambientais e sociais (FEISTEL, 2011)

Os efluentes de matadouros podem acarretar aumento nos níveis de nitrogênio, fósforo, sólidos totais e da demanda bioquímica de oxigênio (DBO) nos corpos receptores, deixando-os parcialmente eutrofizados (DIAS, 2011). Na Tabela 01 apresenta-se os valores médios das concentrações de poluentes encontradas nos efluentes de abatedouro.

Tabela 1 - Concentração de Poluentes Encontrados no efluente de Abatedouros

PARAMETROS	VALORES
PH	7,2
DQO(mg.L)	4000
Sólidos Suspensos (mg.L)	1600
Nitrogênio total (mg.L)	180
Fósforo Total (mg.L)	27
Óleos e Graxas (mg.L)	270

Fonte: Guia Técnico Ambiental de Abate, (2006).

2.2 PROCESSO PRODUTIVO NA INDÚSTRIA DE ABATE

A carne faz parte da alimentação do homem desde suas origens, e, com o crescimento populacional, seu consumo e seus derivados passou a incorporar valores consideráveis, que resultou no acréscimo da produção nacional das indústrias do setor frigorífico, trazendo paralelamente preocupações de caráter ambiental (GATTI, 2013)

O abate de bovinos é uma das atividades econômicas mais importantes no mercado brasileiro, levando-se em conta que o Brasil é um dos maiores exportadores da carne bovina no mundo. Além disso, o Brasil possui o maior rebanho comercial de gado bovino, com mais de 160 milhões de cabeças, cerca de 750 frigoríficos e quase 100 mil pontos de vendas (açougues e supermercados), o que dificulta o controle do abate e acarreta no consumo de carne de matadouros clandestinos (GATTI, 2013)

Conforme Fernandes (2008), o abate de bovinos e suínos é realizado por indústrias frigoríficas e abatedouros para obtenção de carne e de seus derivados,

destinados ao consumo humano. A atividade de abate pode ser classificada em unidades de negócio do setor conforme é descrito abaixo:

Abatedouros (ou Matadouros): realizam o abate dos animais, produzindo carcaças (carne com ossos) e vísceras comestíveis.

Frigoríficos: podem ser divididos em dois tipos: os que abatem os animais gerando seus derivados e subprodutos; e aqueles que não abatem os animais, apenas compram a carne em carcaças ou cortes, para seu processamento e geração de seus derivados e subprodutos;

Graxarias: processam subprodutos e/ou resíduos dos abatedouros ou frigoríficos e de casas de comercialização de carnes (açougues).

2.3 CARACTERÍSTICAS DOS RESÍDUOS DA INDÚSTRIA DE ABATE

Os despejos de abatedouros e frigoríficos têm grande carga de sólidos em suspensão, nitrogênio orgânico, material flotável, graxas e sólidos sedimentáveis que variam em função do grau de reaproveitamento e cuidados de operação. Além disso, estes despejos apresentam temperaturas elevadas, contêm sangue, tecidos diversos e gorduras, sendo altamente putrescíveis, entrando em decomposição imediatamente após sua formação, e liberando odores tão desagradáveis quanto seu aspecto. Suas características são extremamente variáveis (COSTA, 2011).

As agroindústrias geram os mais variados resíduos que podem ser tratados por processos biológicos, visando à reciclagem energética e preservação do meio ambiente. Os abatedouros se enquadram como agroindústrias, cujos resíduos encontrados são vísceras de animais abatidos, fragmentos cárneos, sangue, conteúdo intestinal, pêlos, ossos, penas, gorduras e águas residuais, sendo todos passíveis de tratamento biológico. Do ponto de vista econômico e ambiental muito destes produtos residuais poderiam ser transformados em subprodutos úteis para consumo humano, alimento de animais, indústria de rações ou fertilizantes (COSTA 2011).

Nestes estabelecimentos, os resíduos são frequentemente muito volumosos e representam sério problema devido ao alto valor de matéria orgânica. A maioria destes resíduos é altamente putrescível e pode, por exemplo, causar odores se não

removidos adequadamente para graxarias. O odor desagradável pode se disseminar pela vizinhança ou repercutir na própria indústria (COSTA, 2011)

A maior poluição decorrente dos resíduos vem de seu lançamento direto nos corpos d'água, sem o devido tratamento, provocando desequilíbrio ecológico, redução do teor de oxigênio dissolvido na água, disseminação de patógenos e contaminação com substâncias tóxicas. Em relação às águas superficiais, o maior risco deve-se à presença de nutrientes, bactérias fecais e sedimentos. Para as águas subterrâneas o risco maior é quanto a presença de nitratos e bactérias (GOMES 2010).

Os resíduos sólidos são geralmente descartados em aterros, lixões, reciclados ou incinerados, já os resíduos líquidos podem receber várias formas de tratamento, físico-químico ou biológico e dentre este, aeróbios ou anaeróbios (COSTA, 2011).

De acordo com a Norma Brasileira — NBR 9800 (ABNT, 1987) efluente líquido industrial é o despejo líquido proveniente das indústrias e que compreende tanto as emissões dos processos ocorridos na indústria como também as águas pluviais e esgoto proveniente dos sanitários dos funcionários.

A utilização da água pela indústria pode ocorrer de diversas formas, tais como: incorporação do produto; lavagem de máquinas, tubulações e pisos; águas de sistemas de resfriamento e geradores de vapor; águas utilizadas diretamente nas etapas do processamento industrial ou incorporadas aos produtos e esgotos sanitários dos funcionários. Exceto pelos volumes de águas incorporados aos produtos e pelas perdas por evaporação, as águas torna-se contaminadas pelos resíduos do processo industrial ou pelas perdas de energia térmica, originando assim os efluentes líquidos (DORNELLES, 2009)

Tendo em vista os diferentes processos realizados nas indústrias, a quantidade de despejos pode variar, de acordo com o volume de água consumida no estabelecimento, entre as indústrias e dentro da própria indústria, em razão do horário de funcionamento das operações (COSTA, 2011)

As águas residuais apresentam elevada carga orgânica. Esta matéria orgânica presente é composta por grande quantidade de sangue, alto teor de gorduras, fragmentos de tecidos, esterco, conteúdo estomacal não-digerido e conteúdo intestinal . A descarga destes compostos biodegradáveis é responsável pela redução na quantidade de oxigênio dissolvido dos corpos d'água que recebem os

efluentes, o que ocasiona a diminuição das atividades e até mesmo a morte dos seres aquáticos, fator que culmina com forte impacto ambiental (PARDI, 2006)

Em função das características destas águas residuárias e consequentes problemas associados ao seu lançamento, além da existência de tecnologia para o tratamento das águas residuárias provenientes de estruturas típicas de pequeno porte, torna-se fundamental o estudo de tecnologias de tratamento adequando-o as características regionais (DORNELLES, 2009).

2.4 SISTEMAS DE TRATAMENTO DE EFLUENTES DE ABATEDOUROS

Devido às características contaminantes dos efluentes (domésticos ou industriais) estes devem sofrer alterações em sua composição para que não ocasionem impactos negativos ao ambiente em que será lançado – que em última instância é o corpo hídrico. O condicionamento aplicado aos esgotos é chamado de processo de tratamento, que são operações unitárias para remoção de substâncias indesejada ou para transformação destas em substâncias menos impactantes aos ecossistemas naturais (ANDRADE, 2012).

Como toda indústria os abatedouros, necessitam tratar de seus efluentes, procurando garantir a adequação aos padrões previstos pela legislação (Resolução nº 357/05, do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA, que trata dos limites das concentrações dos efluentes e nos corpos receptores em função de sua classe).

O objetivo do tratamento de águas residuárias é remover poluentes que possam prejudicar o ambiente aquático quando descartados, reduzindo assim a quantidade de oxigênio dissolvido no ambiente (BORTOLI, 2006)

Os efluentes de frigoríficos podem ser tratados pelos mesmos processos que os empregados para esgotos domésticos, isto é por processo anaeróbios, por filtros biológicos de alta taxa, lodos ativados e também podem ser por meio de discos biológicos rotativos e por sistemas de lagoas aeróbias e lagoas de estabilização e sistemas de leitos cultivados (zona de raízes) (ROCHA, 2008).

Segundo Dornelles (2009) os efluentes líquidos produzidos nas unidades industriais de abate de animais caracteriza-se pela sua elevada carga de matéria orgânica biodegradável, sua remoção poderá efetuar-se biologicamente. Os

processos de tratamento biológico tem como princípio utilizar a matéria orgânica dissolvida ou em suspensão como substrato para microrganismos como fungos, bactérias, e protozoários que a transformam em gases, água e novos microrganismos. Os principais processos biológicos são:

a) Oxidação biológica- aeróbia (processo de lodos ativados filtros biológicos) anaeróbios (reatores anaeróbios de fluxos ascendentes, lagoas anaeróbias, filtros anaeróbios)

b) Digestão do lodo- anaeróbia e aeróbia (fossa séptica)

As lagoas de estabilização constitui um método difundido no tratamento de despejos que apresentam grande variabilidade de matéria orgânica. Dentre suas vantagens pode-se citar o baixo custo de manutenção, operação e capacidade de trabalhar com sobrecargas hidráulica e orgânica. A necessidade de grandes áreas para implantação é o que, por vezes, torna-se este sistema uma opção desvantajosa.

Surge então a necessidade de sistemas alternativos que possam minimizar os efeitos da industrialização e desenvolvimento desenfreado da humanidade, solucionando problemas do homem contemporâneo. Os sistemas construídos de áreas alagadas (zona de raízes) vêm sendo cada vez mais pesquisados e utilizados por possuírem tecnologia simples e de fácil operação, servindo-se de princípios básicos de remoção de poluentes, um alto grau de controle de suas atividades, além de um caráter ecologicamente correto e economicamente viável, no tratamento das águas em geral (COSTA, 2010).

2.4.1 Lagoas de estabilização

As lagoas de estabilização são grandes reservatórios rasos, delimitados por diques ou por diques e taludes de corte. Nelas ocorrem processos naturais sob condições parcialmente controladas, havendo, em consequência, uma redução da matéria orgânica inicial (MAGNO, 2010)

As lagoas de estabilização são alternativas de tratamento de efluentes que podem reduzir o problema de poluição ambiental a um baixo custo de manutenção e operação. Quando houver área disponível para a construção de lagoas em série, as mesmas podem reduzir a carga orgânica e de nutrientes dos dejetos até uma

concentração final de DBO, nitrogênio, e coliformes compatíveis com padrões de lançamento em corpos d'água, e atendendo a diversos critérios de reuso agrícola (GOMES, 2010).

Segundo Jordão e Pessoa (2009), as lagoas de estabilização são sistemas de tratamento biológico em que a estabilização da matéria orgânica é realizada pela oxidação bacteriológica (oxidação aeróbia ou fermentação anaeróbia) e/ou redução fotossintética das algas, sendo um dos tipos de tratamento mais utilizados no país, principalmente devido às condições climáticas, custos baixos para sua implementação e operação, simples construção e manutenção.

Os processos que ocorrem dentro do sistema de lagoas de estabilização apresentam uma complexidade intrínseca resultante do acoplamento dos processos de produção e decomposição da matéria orgânica pela microbiota residente, além da influência das alterações climáticas sobre o metabolismo do sistema. (MAGNO, 2010).

2.4.2 Sistema de lagoa anaeróbia seguida de lagoa facultativa

Segundo Melo, (2013) o sistema de tratamento de esgoto constituído por lagoas anaeróbias (LA) seguidas por lagoas facultativas (LF) é conhecido como sistema australiano. As lagoas anaeróbias são normalmente profundas. A profundidade tem a finalidade de impedir que o oxigênio produzido pela camada superficial seja transmitido às camadas inferiores. Para garantir as condições de anaerobiose é lançada uma grande quantidade de efluente por unidade de volume da lagoa.

Com isto o consumo de oxigênio será superior ao repostado pelas camadas superficiais. Como a superfície da lagoa é pequena comparada com sua profundidade, o oxigênio produzido pelas algas e o proveniente da reaeração atmosférica são considerados desprezíveis. No processo anaeróbio a decomposição da matéria orgânica (MO) gera subprodutos de alto poder energético (biogás) e, desta forma, a disponibilidade de energia para a reprodução e metabolismo das bactérias é menor que no processo aeróbio (LINDNER, 2013).

As lagoas anaeróbias constituem-se em uma forma alternativa de tratamento onde a existência de condições estritamente anaeróbias é essencial, devido a uma grande carga de DBO no volume da lagoa, consumindo uma taxa de oxigênio muitas

vezes mais elevada que a sua produção, as lagoas anaeróbias são bastante utilizadas para tratamento de despejos indústrias predominantemente orgânicos, com altos teores de DBO, como os de frigoríficos (ROCHA, 2008)

A lagoa anaeróbia tem uma profundidade maior podendo variar de 3 a 5 metros, por isso requer uma menor área, sua eficiência é da ordem de 50 a 70%, mas com uma DBO elevada implica na necessidade de uma lagoa facultativa posterior ao tratamento. Para lagoas facultativas a faixa de profundidade a ser adotada situa-se entre 1,5 a 3,0m, embora a faixa mais usual seja de 1,5 a 2,0m (SPERLING, 2002, et al. apud ROCHA, 2008).

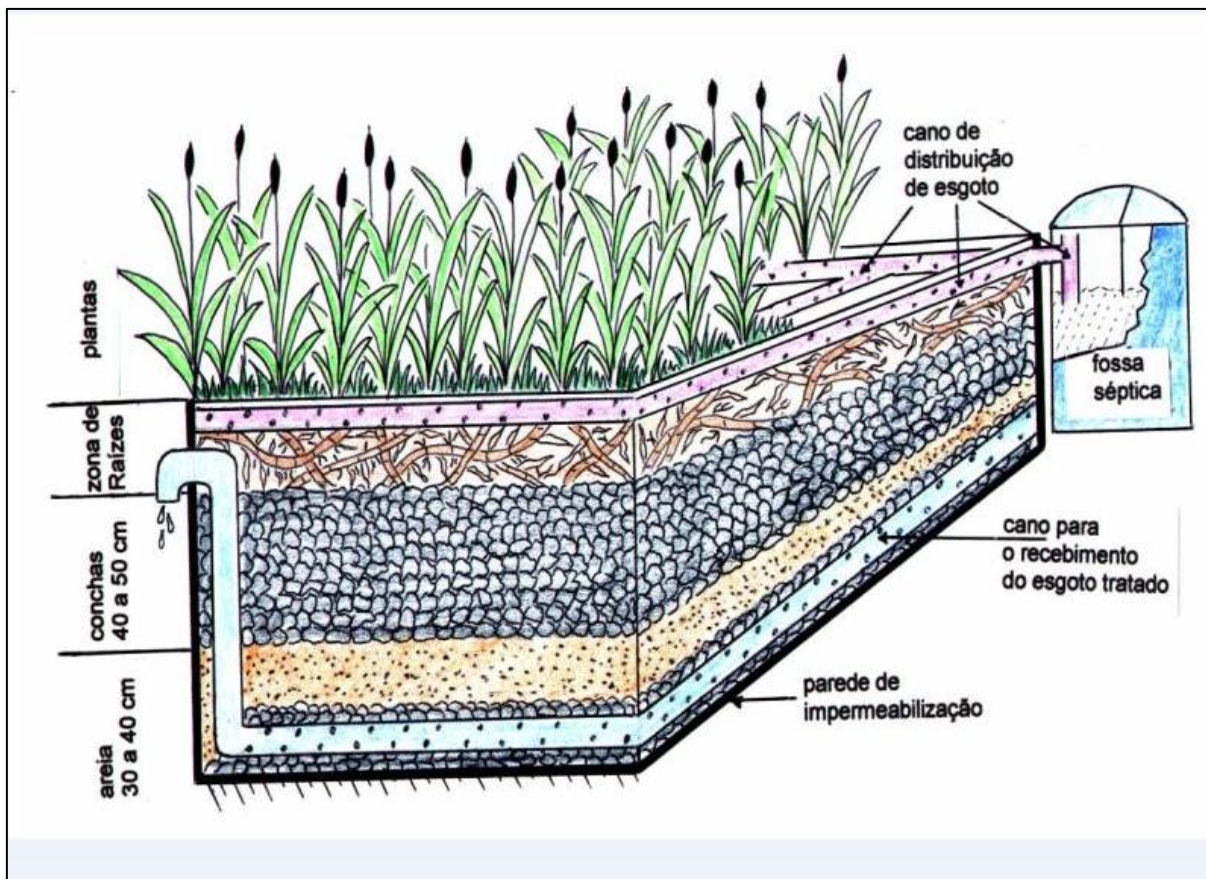
2.4.3 Zona de raízes

Zona de raízes é um termo que pode ser traduzido como terra úmida, este termo designa ambientes de transição entre terrestre e aquático, podendo ser formações lacustres de baixa profundidade, banhados, pântanos, várzeas, igapós, grandes ou pequenas áreas como lençol freático muito alto ou por vezes em afloramento (ANDRADE, 2012).

O sistema de zona de raízes construídos é uma tecnologia considerada recente para o polimento no tratamento de efluentes. Entretanto é uma técnica natural de depuração em ambientes aquáticos conhecida desde o surgimento do ser humano (STIEGEIMER, 2014).

Os principais elementos constituintes dos sistemas de tratamento de *wetlands* construídas são o meio filtrante (nos de fluxo sub-superficial), as macrófitas aquáticas e os microrganismos (BRIX, 1997, et al. apud STIEGEIMER, 2014). A figura 01 apresenta o esquema do sistema zona de raízes de fluxo vertical, com seus componentes.

Figura 01 - Esquema do Sistema de Zona de Raízes.



Fonte: KAIK, (2008).

As macrófitas aquáticas são componentes chave dos sistemas de zona de raízes construídos, pois nas raízes destes vegetais cultivados nos leitos de tratamento, fixam-se bactérias que recebem oxigênio conduzido pela planta do caule até as raízes através de um sistema chamado de aerênquima, além de uma ampla gama de outros organismos, incluindo fungos e protozoários com papel fundamental na ciclagem dos nutrientes e biomassa bacterianas (BRIX, et al. 1987 apud STIEGEIMER, 2014)

O sistema zona de raízes consiste na introdução de plantas para o tratamento de águas residuais. A degradação das substâncias poluidoras presentes no esgoto ocorre através da simbiose solo e/ou substrato artificial e microrganismos. A função principal das plantas consiste em fornecer oxigênio ao solo/substrato através de rizomas e possibilitar o desenvolvimento de uma população densa de

microrganismos, que finalmente são responsáveis pela remoção dos poluentes da água (MELO, 2013)

Os sistemas com plantas são eficientes porque o processo de degradação da matéria orgânica (mineralização, nitrificação, desnitrificação) é muito completo, devido à grande presença de biomassa. Além da carga orgânica também são removidos nutrientes (fósforo e o nitrogênio) que levam à eutrofização das águas; patógenos como coliformes, e substâncias inorgânicas como fenóis e metais pesados (MELO, 2013).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 ELABORAÇÃO DO SISTEMA DE TRATAMENTO

Para a elaboração do sistema de tratamento de efluente, foi utilizado os seguintes materiais: uma caixa de PVC de 50 litros, e após foi perfurada em 2 aberturas onde servirão para posterior entrada e saída do efluente.

Como material filtrante foi utilizado 50 cm de pedra brita nº1, na primeira camada, em seguida depositou-se a mesma quantidade de areia média e areia fina, e na terceira camada foi adicionado mais uma camada de 20 cm de brita nº1.

Após esta camada de brita colocou-se uma camada de solo de 20 cm que foi o suporte para as plantas e onde o efluente foi despejado através de tubulações de distribuição. A figura abaixo mostra o sistema já montado com todos os componentes descritos acima e as plantas ainda em fase de adaptação. No início para adaptação das plantas eram passados 10 litros diários de efluente, que saiam do galão e por gravidade desciam para o caixa com as plantas através do sistema de tubulações e passavam pelo sistema de filtro e em seguida após um tempo de detenção hidráulica saiam no galão localizado na saída.

Figura 02 - Sistema em Fase de Adaptação



3.2 MACRÓFITAS AQUÁTICAS

As plantas utilizadas foram da espécie *Canna Indica generalis*, macrófita da família das Podáceas, típicas de áreas húmidas. A cana indica é nativa do Brasil e prolifera abundantemente o ano todo. A ação despoluidora da cana indica é realizada por dois mecanismos:

- ação filtrante (adsorvente) em suas raízes.
- absorção ativa de poluentes como metais pesados, compostos organoclorados, organofosforados e fenóis. Segue abaixo a imagem da cana indica já adaptada ao nosso sistema de tratamento e como pode se observar já florescendo e se desenvolvendo em perfeita forma.

Figura 03 - Cana índica já adaptada ao sistema.



3.3 DISTRIBUIÇÃO DO EFLUENTE

Com relação a distribuição do efluente ele pode ser feito diretamente nas zona das raízes, 10 cm abaixo da última camada de brita ou sobre esta camada. O efluente utilizado foi cedido por um abatedouro do município.

Neste sistema optou-se em despejar o efluente superficialmente pois torna-se mais prático o acesso as tubulações em caso de entupimento das canalizações. A rede de distribuição é formada por uma tubulação (canos de pvc de 40mm de espessura e 50 cm de comprimento e perfurados).

Para facilitar as coletas foram preparados 2 recipientes, 1 antes do tratamento (galão plástico de 200 litros e outro depois- balde plástico de 50 litros), de onde foram retiradas alíquotas para posterior análise em laboratório. A figura 04 apresenta o sistema em pleno funcionamento, nesta fase onde as plantas já estavam

adaptadas eram passados 20 litros diários de efluente, e as coletas foram realizadas semanalmente e encaminhadas para laboratório.

Figura 04 - Sistema em pleno funcionamento.



3.4 ANÁLISES DAS AMOSTRAS

Para laboratório foram encaminhadas as amostras coletadas da entrada e saída do sistema zona de raízes, onde foram realizadas análises para determinação da matéria orgânica biodegradável (DBO), para matéria orgânica não biodegradável (DQO) e Sólidos Suspensos.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O tratamento de polimento pelo sistema Zona de raízes é uma técnica de fácil implantação, manutenção e monitoramento, gerando um baixo custo. Ideal para correção de vários parâmetros para lançamento adequado destes em recurso hídrico.

Os resultados mais significativos, que justificam e aprovam a utilização desta tecnologia para polimento dos efluentes na indústria estão relacionados aos parâmetros de redução de DBO, DQO, sólidos e turbidez. Esses resultados interferem diretamente para uma contribuição da preservação da vida aquática, melhorando o padrão de lançamento dos efluentes em corpos hídricos e consequentemente melhorando a qualidade da água deste recurso. A seguir são apresentados os resultados obtidos através de análises laboratoriais para DBO, DQO e SS.

4.1 MATÉRIA ORGÂNICA (DBO)

As análises realizadas apresentaram resultados satisfatórios do ponto de vista físico-químico, é possível observar na tabela 2 onde são apresentados os valores de DBO na entrada e saída do sistema de zona de raízes e respectivamente seu percentual de remoção.

Tabela 2 - Valores de remoção de DBO

Período Coleta	Entrada Reator (mg.L ⁻¹)	Saída Reator (mg.L ⁻¹)	% Remoção
22.04.15	608	20,4	96,64
06.05.15	328	7,3	97,77
13.05.15	549	11,4	97,92
19.05.15	511	12,3	97,59
Média	499	12,85	97,42

A concentração de matéria orgânica biodegradável, DBO, apresentada na tabela 01 evidencia que houve uma redução de uma média de 97,42%. Este alto percentual de redução da DBO destaca a retenção de matéria orgânica no sistema zona de raízes. Mesmo com esta eficiência o efluente tratado ainda fica restrito ao lançamento no corpo hídrico, principalmente se observarmos os valores preconizados pela Resolução nº 357/2005 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), que apontam para DBO até 10 mg.L⁻¹, para águas doces de classe 3.

4.2 MATÉRIA ORGÂNICA (DQO)

Na Tabela 3 são apresentados os valores de DQO na entrada e saída do sistema de zona de raízes construído, e respectivamente seu percentual de remoção referente a este parâmetro.

Tabela 3 - Valores de remoção de DQO

Período Coleta	Entrada Reator (mg.L ⁻¹)	Saída Reator (mg.L ⁻¹)	% Remoção
22.04.15	1934,8	55,7	97,12
06.05.15	3417,2	43,8	98,72
13.05.15	2753,1	69,2	97,49
19.05.15	2257,8	61,9	97,26
Média	2590,725	57,65	97,65

Observa-se na tabela 03 que para a remoção da DQO, o sistema de zona de raízes teve uma eficiência de 97,65%. O Efluente tratado fica dentro dos padrões exigidos pela Resolução Conesma nº 128/2006 do Conselho Estadual do Meio Ambiente, que apontam para uma faixa variada de vazões por m³/d um limite de 400 – 150 mg.L⁻¹, sendo que com a eficiência apresentada pelo sistema estudado o lançamento de DQO no corpo receptor teria uma média de 57 mg.L⁻¹.

Segundo Zanella (2008) o meio suporte utilizado em zona de raízes construídos é de fundamental importância para a remoção de DQO com remoções superiores quando utilizado leito de brita. Assim como Zanella (2008) neste trabalho o leito de brita, possivelmente propiciou a redução da DQO não havendo influência da planta.

Para Jia et al., (2010) quando se compara a eficiência de tratamento de zona de raízes de fluxo vertical intermitentes e contínuos tem-se observado menor concentração de DQO no sistema de fluxo intermitente. Pode se atribuir a remoção ao fato de que nesse sistema a concentração de oxigênio dissolvido é maior o que possibilita maior biodegradação e, conseqüentemente, redução da DQO.

4.3 SÓLIDOS SUSPENSOS (SS)

Os sistemas de tratamento utilizando zona de raízes vem demonstrando relativa eficiência na remoção de sólidos suspensos. A remoção de Sólidos ocorre devido a sedimentação, filtração que ocorre pelas raízes das plantas, assimilação pelas mesmas, adsorção do solo, precipitação com compostos insolúveis e oxidação realizada pelos microrganismos.

Tabela 4 - Valores de remoção SS

Período Coleta	Entrada Reator (mg/L ⁻¹)	Saída Reator (mg/L ⁻¹)	% Remoção
22.04	34560	120	99,65
06.05	31430	182	99,42
13.05	27390	173	99,37
19.05	27197	158	99,42
Média	30144,25	158,25	99,48

Pelos valores apresentados na tabela 4 é possível verificar que os sólidos suspensos apresentaram redução em todas as amostras coletadas, com uma média 99%. O Efluente tratado pelo sistema estudado apresenta uma média de lançamento de 158 mg.L⁻¹ de sólidos suspensos ao corpo receptor, o que indica que esta dentro dos padrões exigidos pela Resolução Consema nº 128/2006 do Conselho Estadual do Meio Ambiente, que apontam para uma faixa variada de vazões por m³/d um limite de 180 – 50 mg.L⁻¹.

5 CONCLUSÕES

Com vistas as eficiências na remoção de matéria orgânica e sólidos o sistema estudado apresentou desempenho bastante favorável, indicando assim a potencialidade de aplicação em escala real, seja para observação do comportamento frente a tais aspectos, ou pelo comprovado desempenho indicado nesta pesquisa, apresentando-se como uma possibilidade facilidade de implantação/operação e elevada eficiência na remoção de poluentes dos efluentes.

Outro fator favorável apontado nesta pesquisa é a beleza paisagística da tecnologia e das plantas utilizadas, sua aplicação em escala real pode estar atrelada a ornamentação e integração com a paisagem local, possibilitando a existência de uma espécie de jardim funcional para adequação de efluentes.

Conclui-se também com este trabalho que a espécie vegetal utilizada *Canna Indica* apresenta uma alta eficiência de remoção de matéria orgânica e sólidos se tornando uma ótima opção para sistemas de zona de raízes. Tendo em vista a remoção de DBO, não ter atingido os limites exigidos pela Resolução CONAMA 357/05, indica-se como alternativa para o aumento da eficiência, dimensionar o sistema para um tempo de detenção mais elevado e a utilização de camadas de filtro maiores.

Para os próximos trabalhos de estudo a serem realizados neste ramo indica-se a construção de dois sistemas de wetlands, com diferentes espécies de plantas.

Para uma interpretação mais correta e segura dos dados as análises devem ser realizadas com uma frequência maior no efluente de entrada e saída do wetland construído, podendo assim serem gerados valores de entrada e saída com maior confiabilidade. Outro fator de importância a ser analisada é o desenvolvimento das plantas com o passar do tempo, já que pode indicar problemas na remoção da DQO.

6 REFERÊNCIAS

ANDRADE, H.B. **Avaliação do Desempenho do Sistema Zona de Raízes (Wetlands Construídas em Escala Piloto Aplicadas ao Tratamento de Efluentes Sintéticos** 2012. Dissertação (Mestre em Engenharia Civil) Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT) **NBR 9800**: Critérios para lançamento de efluentes líquidos industriais no sistema coletor público de esgoto sanitário. 30 de abril de 1987.

BORTOLI, J. **Uso de aguapé (Eichhornia crassipes) em sistema de tratamento de efluente de matadouro e frigorífico e avaliação de sua compostagem**. 2006. Dissertação (Programa de Pós Graduação em Engenharia Agrícola) - Universidade do Oeste do Paraná, Cascavel- 2006.

CONSELHO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE- CONSEMA. Resolução nº 128 de 2006. Dispõe sobre a fixação de Padrões de de Emissão de Efluentes Líquidos para fontes de emissão que lancem seus efluentes em águas superficiais no estado do Rio Grande do Sul. Disponível em: http://www.sehabs.rs.gov.br/upload/20130628115845resolucao_conseman1282006_fixacaodepadroesdeemissaodeefluentesliquidos.pdf. Acesso em 05 de maio de 2015.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – CONAMA. Resolução nº 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 prioridades. **Publicada no DOU nº 053, de 18 de março de 2005**. Brasília, DF. Disponível em :<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>. Acesso em: 25 abril. 2015.

COSTA, F. N. **Uso de Sistema Construídos de Áreas Alagadas (Constructed Wetlands Systemcws) Tipo Ascendente para Tratamento de Efluentes Avícolas**. 2010. (Projeto de Pesquisa) – Trabalho de Formatura- Universidade Estadual Paulista, Campus de Rio Claro, 2011.

DORNELLIS, F. **Análise da gestão dos tratamentos dos efluentes gerados nos abatedouros de bovinos de São Luiz Gonzaga**. 2009. Dissertação (Mestre em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Santa Maria, 2009.

FEISTEL, J. C. **Tratamento e Destinação de Resíduos e Efluentes de Matadouros e Abatedouros**. 2011. Dissertação (Sanidade Animal, Higiene, e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal de Goiás- Goiânia 2011.

FERNANDES, A C. **Tratamento de Efluente em Indústrias Frigoríficas por Processos de Anaerobiose, Utilizando Reatores Compartimentados em Forma de Lagoas**. 2008. 41 f. Tese (Pós-Graduação em Gestão Ambiental) – Programa de Pós-Graduação em Gestão Ambiental, Universidade Estadual de Goiás, 2008.

GATTI, R. A. F. **Avaliação da Remoção Orgânica e Nitrogenada de Reator Anaeróbio- Aeróbio de Leito Fixo Para o Tratamento De Efluente Bovino**. 2013. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Francisco Beltrão. 2013.

GUIA TÉCNICO AMBIENTAL DE ABATE (BOVINO E SUÍNO): Série P + L. **Abate de Bovinos e Suínos**. Federação das Industrias de São Paulo, São Paulo, SP. 2006. Disponível em: < <http://www.crq4.org.br/downloads/abate.pdf>> Acesso em: 08 de maio de 2015.

GOMES,M. C .R .L. **Polimentos de Efluentes de Sistema de Tratamento de Dejetos Suínos em Filtro de Pedras e Lagoa- Filtro**.2010. Dissertação (Programa de Pós Graduação em Engenharia Ambiental) Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2010.

JIA, W.; ZHANG, J.; WU, J.; XIE, H.; ZHANG, B. **Effect of intermittent operation on contaminant removal and plant growth in vertical flow constructed wetlands: a microcosm experiment**. Desalination, n.262, p. 202-208, 2010.

JORDÃO, E. P.; VOLSSCHAN, I. **Tratamento de esgotos sanitários em empreendimentos habitacionais**. Brasília: CAIXA, 2009.

MAGNO, P. L. **Tratamento de Efluentes em Lagoas de Estabilização: Um Estudo de Caso na Indústria de Laticínio**, 2010. Dissertação (Mestre em Ciências Ambientais Programa de Pós Graduação em Ciências Ambientais)- Universidade de Taubaté- SP, 2010.

MATOS, A.T. **Estudo cinético da remoção de matéria orgânica de águas residuárias da suinocultura em sistema alagados construídos cultivados com diferentes espécies vegetais**, 2011, Artigo Revista Engenharia Agrícola Jaboticabal. 2011.

MELO, L.JOSUÉ, F; EFRIDE, A. **Dimensionamento Comparativo Entre Sistemas de Lagoas de Estabilização e Zona de Raízes Para o Tratamento de Esgotos de Pequena Comunidade**. Iniciação Científica CESUMAR - jan./jun. 2013, v. 15, n. 1, p. 33-44 - ISSN 1518-1243.

ROCHA, R. **Avaliação na Eficácia no Tratamento de Efluentes Líquidos em Frigoríficos** , 2008. (Trabalho de Conclusão de Curso de Engenharia Ambiental) Faculdade Dinâmica de Cataratas- Foz do Iguaçu PR, 2008.

STIEGEIMER, A. M. **Avaliação do Sistema de Wetland Construído no Polimento de Efluente da Indústria Frigorífica de Aves**. 2014. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso Engenharia Ambiental) Centro Universitário Univates, Lageado, 2014.

PARDI, M. C.; SANTOS, I. F.; SOUZA, E. R.; PARDI, H. S. **Ciência, higiene e tecnologia da carne**. Goiânia, ed: 2 UFG; v.1 p. 624, 2006.

ZANELLA, L. **Plantas ornamentais no pós-tratamento de efluentes sanitários: wetlands construídos utilizando brita como suporte**. (tese de doutorado) 189p.

Faculdade Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2008.