

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE CONSTRUÇÃO CIVIL  
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

**MARCEL AGUILAR**

**DIMENSIONAMENTO DE *WETLANDS* EM UMA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO  
DE ESGOTO (ETE) DE EFLUENTE DE UM ABATEDOURO DE CODORNAS NO  
OESTE DE SANTA CATARINA**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

**PATO BRANCO**

**2020**

**MARCEL AGUILAR**

**DIMENSIONAMENTO DE *WETLANDS* EM UMA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO (ETE) DE EFLUENTE DE UM ABATEDOURO DE CODORNAS NO OESTE DE SANTA CATARINA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Pato Branco.

Orientação: Dr. Cesar Augusto M. Destro

**PATO BRANCO 2020**

## TERMO DE APROVAÇÃO

### TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO - TCC

#### DIMENSIONAMENTO DE WETLANDS EM UMA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO (ETE) DE EFLUENTE DE UM ABATEDOURO DE CODORNAS NO OESTE DE SANTA CATARINA

Por  
MARCEL AGUILAR

Monografia apresentada às 10 horas 00 min. do dia 14 de OUTUBRO de 2020 como requisito parcial, para conclusão do Curso de ENGENHARIA CIVIL da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Pato Branco. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação e conferidas, bem como achadas conforme, as alterações indicadas pela Banca Examinadora, o trabalho de conclusão de curso foi considerado APROVADO.

Banca examinadora:

Prof. CESAR AUGUSTO MEDEIROS DESTRO	Membro
Prof. JOSÉ ILO PEREIRA FILHO	Membro
Prof. NORMELIO VITOR FRACARO	Orientador
Prof. ELIZÂNGELA MARCELO SILIPRANDI	Professor(a) responsável TCCII



Documento assinado eletronicamente por **ELIZANGELA MARCELO SILIPRANDI, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO**, em 13/10/2020, às 12:06, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **CESAR AUGUSTO MEDEIROS DESTRO, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 14/10/2020, às 11:32, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **NORMELIO VITOR FRACARO, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO**, em 14/10/2020, às 11:37, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **JOSE ILO PEREIRA FILHO, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO**, em 14/10/2020, às 12:02, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site (The authenticity of this document can be checked on the website) [https://sei.utfpr.edu.br/sei/controlador\\_externo.php?acao=documento\\_conferir&id\\_orgao\\_acesso\\_externo=0](https://sei.utfpr.edu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0), informando o código verificador (informing the verification code) **1685601** e o código CRC (and the CRC code) **54716E4B**.

## **DEDICATÓRIA**

Dedico esse trabalho á meu pai Djalma Aguilar e minha mãe Ramira Soares Aguilar, que nunca mediram esforços para que eu pudesse viver todos meus sonhos e objetivos. Graças a vocês pude viver experiências incríveis, e me transformar em quem sou hoje. Obrigado por tudo e por tanto. Amor vocês.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente á minha família, por todo apoio, incentivo e amor incondicional, sem vocês esse sonho nunca seria possível. Gratidão pelo acolhimento e força que sempre me deram, e continuam dando.

Aos professores da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Campûs Pato Branco, por todo conhecimento transmitido durante esses anos.

Amizade! Em minha trajetória acadêmica tive o prazer de conhecer pessoas incríveis, as quais pude dividir momentos únicos e memoráveis histórias. Vocês foram fundamentais nessa conquista, obrigado.

## RESUMO

AGUILAR, Marcel. **Dimensionamento de Wetlands em uma Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) de Efluente de um Abatedouro de Codornas no Oeste de Santa Catarina.** Trabalho de Conclusão do Curso de Graduação em Engenharia Civil. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2020.

O saneamento ambiental é essencial para promoção da qualidade de vida, sendo considerada uma medida de promoção da saúde pública, além de proporcionar uma melhor gestão dos recursos hídricos. A questão dos abatedouros de aves se torna interessante para este contexto de pesquisa, visto que essa é uma atividade em plena expansão e que agrega uma grande quantidade de agente poluentes dos corpos hídricos, sendo de grande pertinência a realização de estudos que busquem identificar tecnologias mais eficientes e adequadas ao tratamento dos efluentes dessas atividades, visando de um modo geral, melhorias na condição ambiental e no desenvolvimento sustentável. Dessa forma, o presente trabalho tem como objetivo dimensionar e verificar o uso de *Wetlands* Construídos na substituição de um dos estágios da Estação de Tratamento de Esgoto – ETE provenientes de um abatedouro de Codornas, situado na região Oeste de Santa Catarina. Foram realizadas análises na estação de tratamento de efluentes proveniente de um abatedouro de codornas, o qual atualmente conta com 3 tipos de tratamento. Para o dimensionamento do *wetland*, utilizou-se o método que está associado a degradação da matéria orgânica carbonácea em um modelo de cinética de primeira ordem. Assim, conclui-se que os *wetlands* construídos se tratam de uma tecnologia bastante interessante quando pensado no tratamento de efluentes desse tipo de atividade, tendo em conta o potencial de melhoria da qualidade das águas, sem que haja a necessidade de utilizar substâncias químicas. A implementação desse tipo de sistema se torna viável na Unidade Agroindustrial estudada, visto que a mesma não apresenta limitações de área. Portanto, recomenda-se a substituição das lagoas de polimento por um *wetland* construído de fluxo subsuperficial horizontal, visto que essa substituição pode melhorar a eficiência de remoção de DBO<sub>5</sub>, pois haveria a incorporação ao processo já existem, com uma taxa de remoção de 75%, um novo ciclo de melhoria, da qualidade da água, com eficiência de até 80%.

**Palavras chaves:** *Wetlands* Construídos, Tratamento de Efluentes, Abatedouro de Codornas.

## ABSTRACT

AGUILAR, Marcel. **Dimensioning of Wetlands in an Effluent Sewage Treatment Station (ETE) from a Quail Slaughterhouse in Western Santa Catarina.** Conclusion of the Undergraduate Course in Civil Engineering. Federal Technological University of Paraná, Pato Branco, 2020.

Environmental sanitation is essential for promoting quality of life, being considered a measure to promote public health, in addition to providing better management of water resources. The issue of poultry slaughterhouses becomes interesting for this research context, since this is an activity in full expansion and that adds a large amount of polluting agents to water bodies, and it is very pertinent to carry out studies that seek to identify more advanced technologies. efficient and adequate for the treatment of the effluents of these activities, aiming in general, improvements in the environmental condition and in the sustainable development. Thus, the present work aims to dimension and verify the use of Built Wetlands in the replacement of one of the stages of the Sewage Treatment Station - ETE from a quail slaughterhouse, located in the western region of Santa Catarina. Analyzes were carried out at the effluent treatment station from a quail slaughterhouse, which currently has 3 types of treatment. For the dimensioning of the wetland, we used the method that is associated with the degradation of carbonaceous organic matter in a first order kinetic model. Thus, it is concluded that the built wetlands are a very interesting technology when considering the treatment of effluents from this type of activity, taking into account the potential for improving water quality, without the need to use chemical substances. The implementation of this type of system becomes feasible in the studied Agroindustrial Unit, since it does not present any area limitations. Therefore, it is recommended to replace the polishing ponds with a wetland built with horizontal subsurface flow, as this replacement can improve the efficiency of removing BOD<sub>5</sub>, as there would be incorporation into the process, a new cycle of improvement in water quality already exists, with a removal rate of 75%, with efficiency of up to 80%

**Keywords:** Wetlands, Effluent Treatment, Quail Slaughterhouse.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 01. Percentual da produção nacional de carnes para exportação, 2018. ....	16
Figura 02. Definição e tipos de esgotos sanitários. ....	18
Figura 03. Fluxograma com as principais etapas do processo de abate de aves. ....	21
Figura 04. Esquema dos tipos de tratamentos de esgotos em unidades agroindustriais. ....	22
Figura 05. Exemplo ilustrativo de um <i>wetland</i> construído. ....	24

Figura 06. Esquema em profundidade da estrutura de um <i>wetland</i> construído. ....	25
Figura 07. Definição e tipos de esgotos sanitários. ....	25
Figura 08. Esquema de um <i>wetland</i> construído com plantas flutuantes. ....	28
Figura 09. Esquema de um <i>wetland</i> construído com plantas emergentes. ....	28
Figura 10. Esquema de um <i>wetland</i> construído com plantas submersas. ....	29
Figura 11. Esquema de sistema de Wetlands de Fluxo Superficial com plantas emergentes. .	29
Figura 12. Esquema de sistema de Wetlands de Fluxo Subsuperficial Horizontal. ....	30
Figura 13. Esquema de sistema de Wetlands de Fluxo Subsuperficial Vertical. ....	31
Figura 14. Esquema de sistema de Wetlands de Fluxo Subsuperficial Híbrido. ....	31
Figura 15. Esquema de sistema de Wetlands de Fluxo Subsuperficial Híbrido. ....	32
Figura 16. Localização do município de Coronel Freitas – SC em relação ao país e imagem de satélite da Unidade Agroindustrial, 2020. ....	34
Figura 17. Fluxograma do processo produtivo e atividades da Unidade Agroindustrial, Coronel Freitas – SC, 2020. ....	35
Figura 18. Coordenadas geográficas dos pontos de coleta, Coronel Freitas – SC, 2020. ....	36
Figura 19. Esquema da estação de tratamento de efluentes da Unidade Agroindustrial, Coronel Freitas – SC, 2020. ....	39
Figura 20. Dimensionamento proposto para <i>wetland</i> construído de fluxo subsuperficial horizontal. ....	43





## LISTA DE TABELAS

Tabela 01. Relação dos principais países exportadores de carne (valores em mil toneladas), 2018. ....	15
Tabela 02. Produção de codornas no Brasil, 2018. ....	17
Tabela 03. Aplicações e desafios no uso de <i>wetlands</i> construídos. ....	27
Tabela 04. Aplicações e desafios no uso de <i>wetlands</i> construídos. ....	36
Tabela 05. Valores para a constante de decaimento e coeficiente de temperatura para sistemas de WCFS de acordo com o poluente a ser removido. ....	38
Tabela 06. Resultado das análises <i>in loco</i> do corpo hídrico, 2020. ....	41

## LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E ACRÔNIMOS

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente

DBO – Demanda Bioquímica de Oxigênio

DQO – Demanda Química de Oxigênio

ETE – Estação de Tratamento de Esgoto

FAO – Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a

Agricultura OD – Oxigênio Dissolvido pH – Potencial Hidrogeniônico

WCFS – *Wetlands Construídos* de Fluxo Superficial

WCFSS – *Wetlands Construídos* de Fluxo Subsuperficial

## SUMÁRIO

<b>RESUMO .....</b>	<b>3</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>4</b>
<b>LISTA DE ILUSTRAÇÕES.....</b>	<b>4</b>
<b>LISTA DE TABELAS.....</b>	<b>7</b>
<b>LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E ACRÔNIMOS.....</b>	<b>7</b>
<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>9</b>
<b>2. OBJETIVOS .....</b>	<b>10</b>
2.1 OBJETIVO GERAL.....	10
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	10
<b>3. JUSTIFICATIVA .....</b>	<b>12</b>
<b>4. REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>13</b>
4.1 Um Breve Contexto da Produção de Carnes e da Coturnicultura Brasileira.....	13
4.2 Sistemas de Tratamentos de Esgotos e a Legislação para Abatedouro de Codornas.....	15
4.3 Aspectos de uma Estação de Tratamento de Esgotos de Abatedouro de Aves.....	19
4.4 <i>Wetlands</i> Construídos.....	21
<b>5. MATERIAIS E MÉTODO .....</b>	<b>31</b>
5.1 Caracterização da Área de Estudo.....	31
5.2 Análise do Corpo Receptor .....	32
5.3 Dimensionamento do <i>Wetland</i> .....	34
<b>6. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>35</b>
6.1 Estação de Tratamento de Efluentes .....	36
6.2 Análise <i>in loco</i> dos Efeitos dos Tratamentos .....	37
<b>7. CONCLUSÕES.....</b>	<b>41</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>43</b>

## 1. INTRODUÇÃO

O debate do desenvolvimento vinculado ao melhor uso dos recursos naturais é bastante amplo e vem ganhando cada vez mais espaço nas esferas políticas, acadêmicas e nas demais camadas da sociedade. Se tratando da questão específica de saneamento, o Brasil possui uma situação preocupante, visto que, de acordo com a Agência Nacional de Águas – ANA, apenas 55% da população possui algum tratamento de esgoto considerado adequado. Esse montante representa 43% da população que possui esgoto coletado e tratado e 12% utilizam-se de fossa séptica. Em relação ao restante da população, 18% têm seu esgoto coletado e não tratado, o que pode ser considerado como um atendimento precário e 27% não possuem coleta nem tratamento (BRASIL, 2013).

Para Zinato e Guimarães (2017), esta situação é crítica. Na grande maioria dos municípios sem tratamento de esgoto, o destino final para os resíduos líquidos é o meio ambiente (rios e mares). O lançamento de águas residuárias nos rios, por sua vez, é responsável por um conjunto de problemas, como por exemplo a poluição hídrica, que interfere diretamente no equilíbrio e saúde dos ecossistemas aquáticos.

Por essa razão, o saneamento ambiental é essencial para promoção da qualidade de vida, sendo considerada uma medida de promoção da saúde pública, além de proporcionar uma melhor gestão dos recursos hídricos. Neste sentido, se tem aumentado a busca por soluções para preservação das águas e para o tratamento dos efluentes, priorizando assim o uso racional dos recursos naturais, a manutenção dos ecossistemas e garantido boas condições de vida para o ser humano (FAGUNDES E SCHERER, 2009; VON SPERLING, 2014).

Para Silva et al. (2012), o termo saúde ambiental é utilizado para estudar a correlação entre saúde pública e o contexto ambiental, visto que, as externalidades negativas das atividades humanas, degradam as condicionantes ambientais que, por sua vez, possuem reflexos na saúde pública. Neste sentido, a produção de alimentos para o consumo humano, gera consequências no meio ambiente e também na saúde pública das populações. Os dados do IBGE (2019) mostram que o Brasil é um dos mais importantes produtores de carne para consumo e que a prática comercial se encontra em expansão em todo país. Do total de animais abatidos em 2019, cerca de 26% foram de suínos, 31% de bovinos e 39% de aves.

Ao estudar o contexto de abates de animais, Silva (2017) afirma que o crescimento do setor vem aumentando o volume de efluentes provenientes de abatedouros. Por sua vez, os resíduos líquidos, quando não tratadas, podem causar impactos ambientais negativos aos corpos hídricos, uma vez que estes possuem grandes quantidades de microrganismos, matéria orgânica e nutrientes que estimulam o crescimento de plantas aquáticas. É neste contexto que os *Wetlands* Construídos –

*wetlands* construídos se inserem como alternativa para melhorar a questão sanitária destes efluentes e reduzir impactos negativos deste tipo de atividade (METCALF E EDDY, 2003; DOMINGOS, 2011).

Os *Wetlands* podem ser naturais ou construídos, os pântanos são exemplos naturais de *Wetlands*. Neste sentido, os *Wetlands* naturais são definidos como o tipo de ecossistema natural que permaneça alagado, parcial ou totalmente, durante o ano todo, mantendo o solo em condições saturadas para a vegetação deste ecossistema (PAOLI, 2010). Já os *Wetlands* construídos, são ecossistemas artificiais que reproduzem as características de *Wetlands* naturais, fazendo uso de plantas aquáticas e substratos como brita areia, bambu, casca de arroz e outros materiais. Este tipo de *Wetlands* possui o objetivo principal é purificar efluentes, fazendo uso simultâneo de processos físicos, químicos e biológicos, (GOPAL, 1999).

Alguns trabalhos como Bavor et al. (1995), Salati (2006), Stiegemeier (2014) e Franco e Moura (2017), evidenciam o uso de *wetlands* construídos de forma positiva. A exemplo disso, Silva (2017) apresenta resultados promissores no tratamento de resíduos líquidos provenientes de bovinocultura. Já o trabalho de Soeli (2017) evidencia que os *wetlands* proporcionaram ótimos resultados no tratamento de águas residuárias em propriedades agroecológicas com criação de suínos.

A partir do exposto, a presente pesquisa busca explorar as possibilidades de uso de *Wetlands* construídos como forma de redução dos impactos ambientais negativos provenientes da atividade de abate de aves no Oeste de Santa Catarina. De forma específica, busca-se estudar a possibilidade de substituição de duas (02) lagoas de polimento de uma Estação de Tratamento de Esgoto por um *Wetland*. A principal hipótese explorada é que esta substituição irá fazer com que, a água proveniente do efluente do abatedouro, desague com maior qualidade, segurança e sem maiores intervenções de mão de obra, se tornando assim, mais eficiente.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 OBJETIVO GERAL**

Dimensionar e verificar o uso de *Wetlands* Construídos na substituição de um dos estágios da Estação de Tratamento de Esgoto – ETE provenientes de um abatedouro de Codornas, situado na região Oeste de Santa Catarina.

### **2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Descrever as características, princípios vantagens e desvantagens dos sistemas estudados;
- Analisar as condições atuais da estação de tratamento de efluente de um abatedouro de aves na região Oeste de Santa Catarina;
- Dimensionar um *wetland* construído na ETE deste abatedouro;
- Avaliar a possibilidade de substituição de dois estágios da ETE deste abatedouro pelo *wetland* dimensionado.

### 3. JUSTIFICATIVA

A busca por uma melhor relação de usos dos recursos naturais se configura como uma demanda global. Estratégias para desempenho das atividades humanas de forma sustentável é um dos pilares da questão ambiental, garantindo assim a satisfação das sociedades sem que isso comprometa as possibilidades das gerações futuras. Por essa razão é de grande importância a elaboração de pesquisas que contribuam com conhecimentos relacionados à questão da sustentabilidade dos recurso (LIBRATO et al., 2012).

Os empreendimentos agroindustriais geram efluentes com grandes quantidades de compostos orgânicos e substâncias químicas que podem ser perigosas, de difícil degradação e bastante prejudicial ao meio ambiente e das condições ecológicas da região as quais estão inseridas (GANEM, 2015).

A questão dos abatedouros de aves se torna interessante para este contexto de pesquisa, visto que essa é uma atividade em plena expansão e que agrega uma grande quantidade de agente poluentes dos corpos hídricos. De acordo com Chavez *et al.* (2005), esse tipo de atividade gera uma grande quantidade de águas residuárias que são ricas em matéria orgânica, sólidos, gordura e nutrientes, o que torna necessário o estabelecimento de tratamentos adequados.

As estações de tratamentos de efluentes deste tipo de atividade podem ser estruturados de diferentes formas, por essa razão é grande pertinência a realização de estudos que busquem identificar tecnologias mais eficientes e adequadas ao tratamento dos efluentes dessas atividades, visando de um modo geral, melhorias na condição ambiental e no desenvolvimento sustentável.

## 4. REFERENCIAL TEÓRICO

### 4.1 Um Breve Contexto da Produção de Carnes e da Coturnicultura Brasileira

De acordo com o IBGE (2018), o agronegócio brasileiro contribui com 22,5% de todo PIB nacional. As projeções de crescimento de carnes para o Brasil indicam que o setor deve seguir em desenvolvimento nos próximos anos, e a expectativa é que a produção de carne no Brasil continue seu rápido crescimento na próxima década (OECD-FAO, 2018). O Brasil permanece como o segundo maior exportador mundial de carnes, liderando as exportações das carnes avícola e bovina, conforme mostra a tabela a seguir.

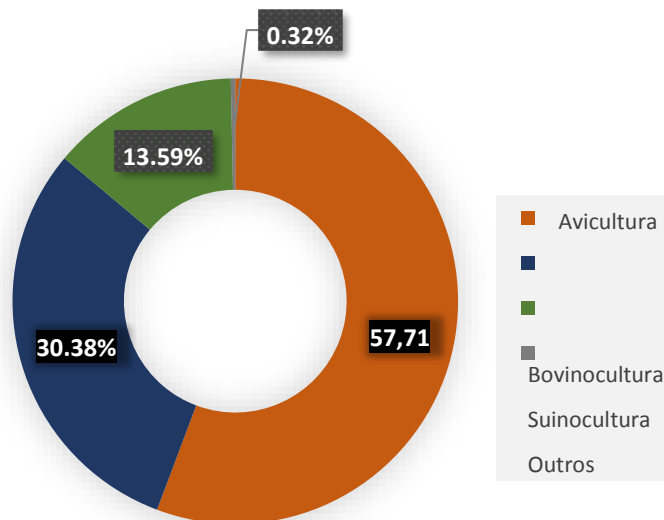
**Tabela 01.** Relação dos principais países exportadores de carne (valores em mil toneladas), 2018.

Exportadores	2018	2019	Variação	
			Absoluta	Relativa
Estados Unidos	8.047	8.268	221	2,75%
Brasil	6.946	1.463	-5.483	7,44%
União Europeia	5.131	5.468	337	6,57%
Canadá	1.922	2.007	85	4,42%
Austrália	2.106	2.003	-103	-4,89%
Índia	1.472	1.604	132	8,97%
Tailândia	1.216	1.352	136	11,18%
Nova Zelândia	1.038	994	-44	-4,24%
Argentina	754	879	125	16,58%
Turquia	544	627	83	15,26%
<b>Total</b>	<b>29.176</b>	<b>24.665</b>	-	-
<b>Total Mundial</b>	<b>33.787</b>	<b>35.393</b>	<b>1.606</b>	<b>4,75%</b>

Fonte: FAO, 2018.

Analisando os dados da Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura – FAO, é possível observar que a avicultura é um mercado crescente e muito importante na produção de carnes mundial. Para o ano de 2018, a produção de carnes aves representou 38,9% da produção total, seguidos dos 31,9% da bovinocultura e 25,6% da suinocultura, já a produção de carnes dos outros tipos de criações representaram 3,6% da produção total (FAO, 2018). Se levarmos em consideração apenas o setor de exportação, a representatividade da produção de carne de aves no Brasil é ainda maior, chegando a representar mais da metade da produção total. A Figura 01 apresenta os percentuais para a produção de carnes para exportação para o ano de 2018.





**Figura 01.** Percentual da produção nacional de carnes para exportação, 2018. Fonte: FAO, 2018.

Neste sentido, a avicultura brasileira vem se aprimorando ao longo dos anos e pode ser considerada uma de cadeia produtiva de bastante sucesso, sendo um dos setores que mais tem se destacado no campo da produção animal (LOPES, 2011). Dentre a diversidade de espécies que conformam o setor, a coturnicultura, criação de codornas é um exemplo de criação de aves para produção de ovos ou para abate. Como as demais áreas do setor, essa atividade tem apresentado desenvolvimento bastante elevado, com a adequação as novas técnicas e tecnologias de produção, onde uma atividade tida como de subsistência passa a ocupar um cenário de atividade altamente especializada (PASTORE et al., 2012).

As codornas são aves originárias do norte da África, da Europa e da Ásia, pertencentes à família dos Fasianídeos (*Fasianidae*) e da subfamília dos *Perrdicinidae*, sendo, portanto, da mesma família das galinhas e perdizes. No Brasil, a criação doméstica de codornas teve início na primeira metade do século XX, por meio de imigrantes que importaram as primeiras aves da Europa. No final dos anos 80 a coturnicultura brasileira ganha proporções comerciais, quando uma grande empresa do ramo de avicultura do sul do país e estabelece o setor no mercado nacional (PINTO et al. 2002).

De acordo com Sakamoto et al. (2006), a coturnicultura é interessante para o mercado avícola nacional devido à sua precocidade e sua alta produtividade. Além disso, o mercado de criação de codornas agrega importante contribuição na geração de empregos. Outras considerações interessantes e que justificam o crescimento do setor, dizem respeito as demandas da atividade, que podem ser desenvolvidas em pequenas áreas, necessitando de baixos investimentos e rápido retorno de capital, em comparação à outras atividades semelhantes (LEANDRO et al., 2005).

De acordo com o IBGE (2018), a produção de codornas no Brasil acontece principalmente nos estados do sul e sudeste, mais de 75% da atividade são realizadas nessas duas regiões, A Tabela 02 apresenta um panorama da produção de codornas no Brasil.

**Tabela 02.** Produção de codornas no Brasil, 2018.

<b>Estados</b>	<b>Rebanho (mil cabeças)</b>	<b>Participação Percentual</b>
São Paulo	4.150	24,6%
Espírito Santo	3.543	21,0%
Minas Gerais	2.881	17,1%
Santa Catarina	1.449	8,6%
Rio Grande do Sul	847	5,0%
Demais Estados	3.970	24,0%
<b>Total</b>	<b>16.840</b>	<b>100,0%</b>

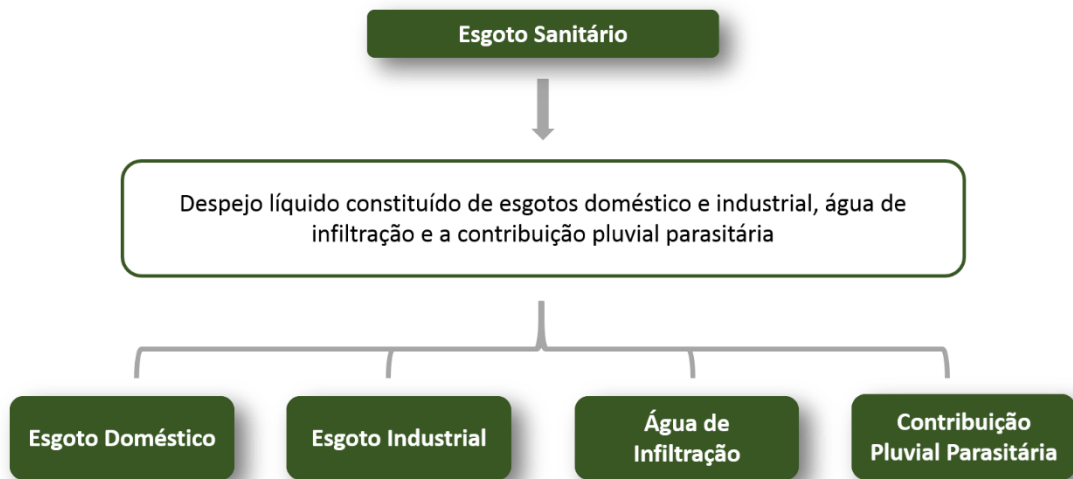
Fonte: IBGE, 2018.

A partir da tabela acima é possível observar que o estado de Santa Catarina é um dos principais produtores de codornas em todo país, ocupando a quarta posição no ranking nacional. Um dos grandes desafios para os produtores desse setor é aliar a produção ao manejo e tratamento dos dejetos ambientalmente adequado, de forma que a cadeia produtiva apresente resultados econômicos positivos, tornando-se também um mecanismo sustentável que favoreça toda cadeia produtiva envolvida e a sociedade em geral (LEANDRO et al., 2005).

Esta demanda é reflexo do grande potencial poluidor da indústria de processamento de codornas e de aves em geral, visto que as águas residuárias provenientes dessa atividade são ricas em matéria orgânica, sólidos, gordura e nutrientes (CHAVEZ et al., 2005). Por essa razão é de grande importância a realização de estudos que indiquem boas alternativas para o tratamento destes efluentes.

#### 4.2 Sistemas de Tratamentos de Esgotos e a Legislação para Abatedouro de Codornas

A coleta e tratamento dos efluentes é um dos pilares do saneamento básico, da preservação do meio ambiente e da saúde da população. Efluentes são classificados como os rejeitos resultantes de processos produtivos ou mesmo do consumo humano. Neste sentido, a partir da NBR 9648 (ABNT, 1986), apresenta-se na Figura 02 um esquema com o conceito de esgoto sanitário e seus principais tipos.



**Figura 02.** Definição e tipos de esgotos sanitários.  
 Fonte: Elaborados pelo autor, a partir da NBR 9648 (ABNT, 1986).

A figura acima além de apresentar a definição de esgotos sanitários, também apresenta seus principais tipos, que de acordo com a NBR 9648 (ABNT, 1986) são: esgotos domésticos, que consistem nos despejos líquidos resultantes do uso da água para higiene e necessidades fisiológicas humanas; Esgoto Industrial, ou seja, os despejos líquidos resultantes dos processos industriais, respeitados os padrões de lançamento estabelecidos; As Água de Infiltração, que são as águas provenientes do subsolo, indesejável ao sistema separador e que penetra nas canalizações; e a contribuição pluvial parasitária, que é a parcela do deflúvio superficial inevitavelmente absorvida pela rede de esgoto sanitário (ABNT, 1986).

Já a palavra efluente significa aquele que flui e é relacionado com qualquer líquido ou gás provenientes das distintas atividades humanas, descartados no meio ambiente, seja de maneira lícita ou ilícita. No Brasil o órgão ambiental máximo Federal, que possui a competência de legislar e fiscalizar o tratamento e destinação final dos efluentes é o Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA.

A exemplo disso, a Lei Nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007 estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico e para a política federal em saneamento básico com vistas na universalização dos seus serviços. Dessa forma, se tem valorizada a busca pelo planejamento e garantia dos serviços de saneamento (BRASIL, 2007).

A referida Lei busca regulamentar as questões referentes ao abastecimento de água, esgotamento sanitário, limpeza urbana e manejo dos resíduos sólidos realizados de formas adequadas à saúde pública e à proteção do meio ambiente. De acordo com a Lei, saneamento básico é definido como o conjunto de serviços, infraestruturas e instalações operacionais sobre: o abastecimento de água; esgotamento sanitário; a limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos; e sobre a drenagem e manejo das águas pluviais (BRASIL, 2007).

Outro exemplo é a Resolução Nº 430, de 13 de maio de 2011, que dentre outras atribuições, dispõe sobre condições, parâmetros, padrões e diretrizes para gestão do lançamento de efluentes em corpos de água receptores. Essa resolução determina a capacidade de suporte do corpo receptor. Isto é, estabelece os valores máximos que determinados poluentes possam ser lançados sem que isso comprometa a qualidade da água e os respectivos usos dos corpos hídricos receptores (BRASIL, 2011). Na esfera estadual, se torna interessante citar a Lei Nº 14.675, de 13 de abril de 2009 do Governo de Santa Catarina, que estabelece as normas aplicáveis para garantir a proteção e à melhoria da qualidade ambiental em seu território.

Dessa forma, é de grande importância se ter sistemas de saneamento básico, industriais e rurais eficientes no Brasil, visto que isso além de ser fundamental para o meio ambiente, também é uma demanda indispensável para saúde pública. Apesar disso, a implementação de sistemas de saneamentos adequados ainda é um grande desafio no país, devido à grande quantidade de recursos e investimentos necessários (BENASSI et al., 2018).

Em relação aos sistemas de tratamentos de esgotos, estes podem ser caracterizados como centralizados ou descentralizados<sup>1</sup>. Os sistemas centralizados são aqueles implantados longe do local onde o efluente é gerado, mas próximos ao local de descarte e que, geralmente são subdivididos em unidades de sistema destinadas a coletar, transportar, reunir, tratar e dispor, no ambiente, os efluentes residenciais, comerciais e industriais (NUVOLARI, 2003; BENASSI et al., 2018). Estes sistemas utilizam extensas redes de bombas e tubulações para poder transportar as águas residuárias até uma estação de tratamento. De forma geral estes sistemas se associam à comunidades de alta densidade populacional (ASANO et al., 2007).

Já os sistemas de tratamentos de esgotos descentralizados podem ser entendidos como um conjunto de sistemas de tratamentos de esgotos individuais, os quais podem ser tanto residenciais quanto industriais ou comerciais. Nesse tipo de sistema, as águas residuárias são enviadas à tanques sépticos e dispostos no solo em valas, córregos, lagos entre outros corpos receptores (OLIVEIRA JÚNIOR, 2013).

Mendonça (2015), define sistemas de tratamentos de esgotos descentralizados como os sistemas de saneamento o quais as distancias entre as fontes geradoras de esgotos, seu tratamento e disposição final são próximas entre si. Trein et al. (2015), argumenta que estes sistemas podem ser implementados por meio de diversas tecnologias, estando assim, a escolha da tecnologia mais adequada se dá levando em consideração as condições específicas do local, dos recursos financeiros disponíveis e do requerimento legal de lançamento do efluente tratado. Os autores ainda apresentar

---

<sup>1</sup> Na literatura é possível encontrar outras formas de classificação, como por exemplo: residenciais ou domésticos e comunitários. Para essa pesquisa iremos classificar os sistemas de tratamento de esgotos apenas como centralizados e descentralizados.

alternativas que combinam sistemas descentralizados com sistemas clássicos de esgotamento sanitário centralizado, ampliando assim o potencial dos serviços de saneamento.

No contexto dos sistemas de tratamento de esgotos, se tem cada vez mais presente a perspectiva ecológica, no sentido de se ter a *ecotecnologia* como um campo da ciência aplicada para integralizar estas duas grandes áreas, buscando o desenvolvimento e implementação tecnologias, equipamentos, processos e serviços que auxiliem na minimização de danos aos ecossistemas e na maximização do desenvolvimento sustentável. Algumas destas tecnologias são utilizadas nos sistemas de tratamentos descentralizados (BENASSI et al., 2018).

Como exemplo de tecnologias indicadas para o tratamento de esgotos por meio de estação de tratamentos descentralizadas, Sezerino et al. (2012), ressalta o uso de reatores que se baseiam em processos depurativos da biomassa aderida em matéria de suporte. Sendo estes, os filtros anaeróbios, biofiltros aerados submersos, filtros de areais, valas de filtração e *wetlands* construídos.

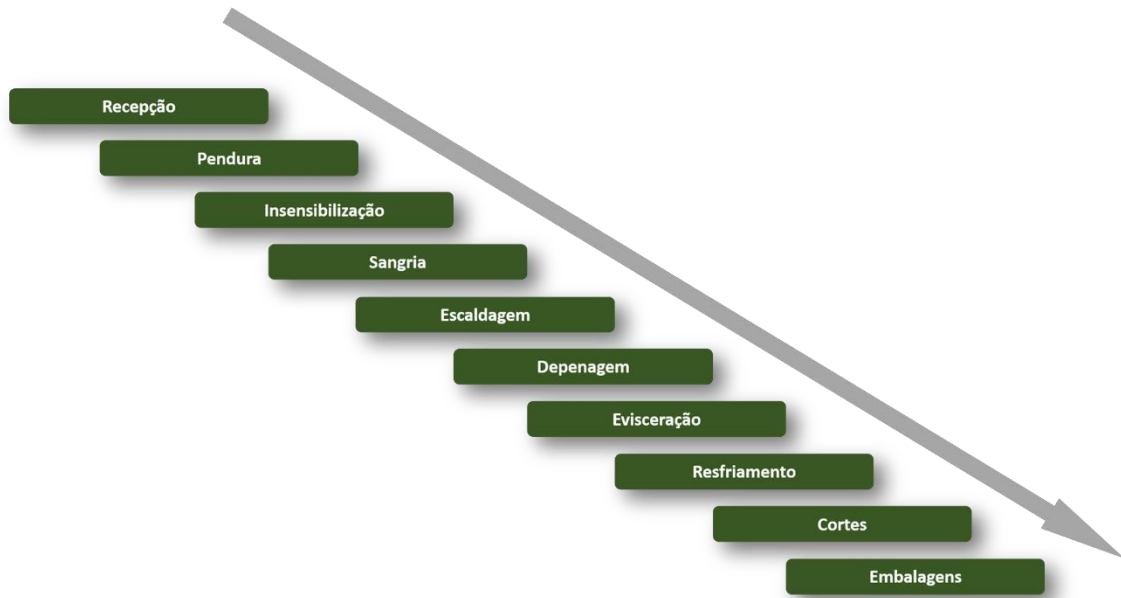
No setor industrial e agroindustrial, essas demandas são ainda maiores, tendo em vista a grande necessidade de água potável onde, conseqüentemente, boa parte do volume referido é escoado para corpos hídricos receptores, incorporados com uma alta carga orgânica e sólidos, oriundas de todos os processamentos agroindustriais, que necessitam de um tratamento progressivo a sua deposição em mananciais (SCHOENHALS et al., 2006).

Nos matadouros e frigoríficos os efluentes são gerados em grande quantidade e representam um sério problema pelo seu alto teor de matéria orgânica e o lançamento desses despejos *in natura* acarreta sérios prejuízos ao meio ambiente (SCHOENHALS et al., 2006). Neste sentido, os abatedouros de aves devem possuir sistemas de tratamento de dejetos adequados ao tipo de dejetos e de dimensões condizentes com o volume produzido. O Decreto N° 040, de 28 de fevereiro de 2019 regulariza a situação dos abatedouros de aves e recomenda que todas as dependências do estabelecimento devem estar dotados de sistemas de esgotos apropriados para o tipo de dejetos com dispositivo que evite o refluxo de cheiros e a entrada de insetos e/ou pequenos animais (BRASIL, 2019).

Outra recomendação que consta no Decreto é que todos os sistemas de tratamento de dejetos devem ser separados e denominados em: linha branca para água, linha vermelha para sangue e linha verde para tripas, sendo que as linhas (lagoas, fossa, sumidouro, esterqueiras, etc.) são orientadas em forma e tamanho de acordo com a necessidade do estabelecimento e as normas do órgão de proteção do meio ambiente (BRASIL, 2019). Dessa forma, é de grande importância a avaliação dos sistemas de tratamentos de esgotos de empreendimentos deste tipo.

### 4.3 Aspectos de uma Estação de Tratamento de Esgotos de Abatedouro de Aves

De forma geral, os abatedouros de aves apresentam efluentes originados a partir de grupos de processos, com distintas etapas em cada linha de processo. Em resumo estes processos são: Linhas de recepção, penas, vísceras, ossos e sangue (REBOUÇAS, 2010). Um fluxograma genérico (Figura 03) apresenta as principais etapas destes processos.



**Figura 03.** Fluxograma com as principais etapas do processo de abate de aves.

Fonte: Elaborados pelo autor, a partir de Mendes e Komiyama (2011).

Na linha de recepção, os efluentes são originados a partir dos processos de limpeza de veículos, estruturas de recepção e gaiolas de frangos, juntamente com a água drenada dos boxes de espera com arraste de resíduos. O tipo de efluente desse tipo de processo é, geralmente, constituído por partículas sólidas como areias, fezes e algumas penas (OLIVIO, 2006).

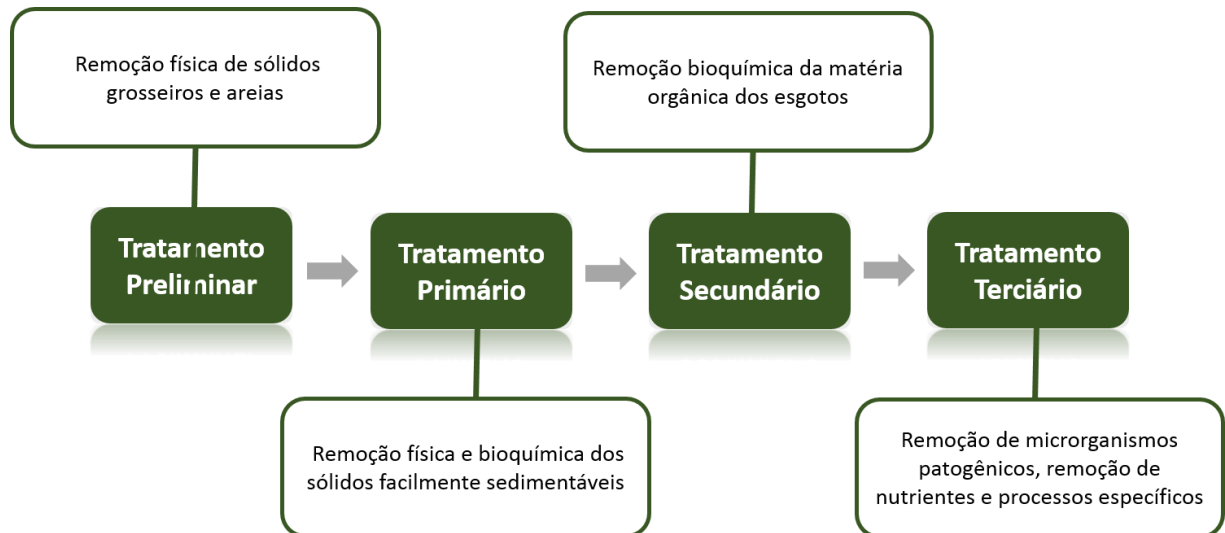
O segundo tipo de efluente encontrado em abatedouros de aves é o que se origina a partir da linha de penas, contendo essencialmente penas e cutículas, originados dos processos de depenagem. Os três tipos de efluentes restantes são originados dos processos de: separação das vísceras, onde são drenados vísceras e gorduras; dos processos das linhas de ossos, onde o efluente é originado das águas residuárias geradas a partir da drenagem e arraste de ossos, no setor de pré-cozidos e empanados; e do efluente gerado na higienização do setor de sangria (OLIVIO, 2006).

Assim, desses abatedouros são originados efluentes líquidos, onde a qualidade destes efluentes está diretamente relacionado com a eficiência na separação das etapas do processo de produção (FAO, 2012).

Um conjunto de tecnologias e alternativas são utilizadas no tratamento dos efluentes de abatedouros de aves. De modo genérico, o uso dessas tecnologias busca o tratamento destes efluentes

com a finalidade de garantir condições para os corpos hídricos receptores. As Estações de Tratamento de Esgotos – ETEs são unidades ou estruturas projetadas com objetivo de tratar os esgotos, através de processos físicos, químicos e/ou biológicos. Tais estruturas simulam ou ampliam as condições de autodepuração que ocorrem naturalmente, mas dentro de uma área delimitada e de forma controlada, antes de devolver o esgoto tratado ao meio ambiente (GIL, 2010).

As etapas de tratamento nas ETEs podem ser classificadas a partir do tipo de tratamento, sendo estes: tratamentos preliminares, primários, secundários e terciários. A Figura 04 apresenta um esquema dos tipos de tratamentos e seus respectivos tratamentos.



**Figura 04.** Esquema dos tipos de tratamentos de esgotos em unidades agroindustriais.

Fonte: Elaborados pelo autor, a partir de Mota (2000).

De acordo com Mota (2000), o tratamento preliminar se destina a preparação das águas residuárias para uma disposição do tratamento subsequente. Esta etapa tem como principal função a retirada de resíduos sólidos grosseiros e areia (MOTA, 2000).

Já o tratamento primário, corresponde ao processo de tratamento de efluentes para remoção de sólidos grosseiros, suspensos sedimentáveis e flotáveis. Este processo é realizado, principalmente, por ação físico-mecânica. A eficiência esperada para este tratamento corresponde a remoção de 50% dos sólidos suspensos, 25 a 50% de DBO, 10 a 20% de nitrogênio orgânico e aproximadamente 10% de fósforo. A eficiência pode ser aumentada com a adição de coagulantes e floculantes (LEVINE et al, 1991).

O sistema de tratamento secundário, possui a finalidade de promover a remoção de matéria orgânica biodegradável. Este tipo de tratamento é frequentemente suplementado por filtração, para remoção adicional de partículas e desinfecção, tornando-se adequado para reuso em muitos processos industriais. Os *wetlands* construídos são exemplos de tecnologias utilizadas para este tipo de tratamento (VON SPERLING, 2005).

Por fim, o sistema de tratamento terciário, é realizado levando em consideração as exigências ambientais locais e tem como objetivo a remoção suplementar de sólidos, de nutrientes (nitrogênio, fósforo) e de organismos patogênicos. Podem ser utilizados sistemas associados de nitrificação-desnitrificação, filtros e sistemas biológicos ou físico-químicos (LEVINE et al, 1991). Esse tipo de sistema é bastante raro no Brasil.

#### 4.4 *Wetlands* Construídos

Como comentado anteriormente, os *wetlands* construídos podem ser categorizados como ecotecnologias que são utilizadas para o tratamento de águas residuárias. Os *Wetlands* se conformam como sistemas semelhantes aos pântanos, utilizando vegetação, microrganismos, assim como estratos de solo para remoção de poluentes de um determinado efluente o qual se busca tratar (ARIAS et al., 2001).

Para Zanella (2008), os *Wetlands* construídos representam uma alternativa ecológica para o tratamento de águas residuárias. Dessa forma, estes sistemas buscam estabelecer condições similares as de *wetlands* naturais, utilizando-se de macrófitas aquáticas, das propriedades do solo e dos microrganismos (TREIN et al., 2015). As macrófitas são herbáceas que crescem na água em solos cobertos por água ou em solos saturados, o uso destes tipos de plantas aquáticas tem papel significativo no processamento de nutrientes e na adsorção e absorção de substâncias tóxicas (MARQUES, 1999).

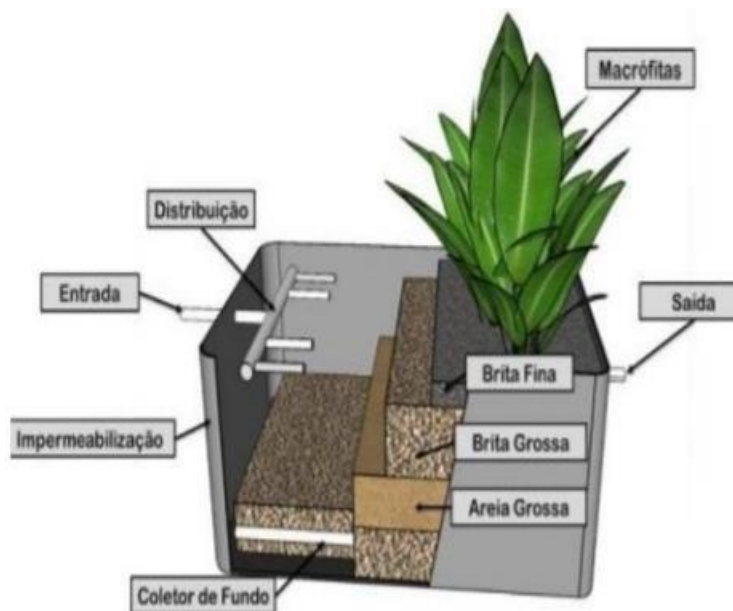
De acordo com Benassi et al. (2018), os *wetlands* construídos são sistemas alagados artificiais desenvolvidos para tratar águas residuárias e principalmente as de esgotos sanitários. Estes sistemas proveito da capacidade de assimilação e conversão de matéria orgânica (carbono) e nutrientes (nitrogênio e fósforo), ou seja, mesmo procedimento que ocorre nos *wetlands* naturais. A Figura 05 apresenta um exemplo de *wetlands* construídos e a Figura 06 um esquema em profundidade de sua estrutura.





**Figura 05.** Exemplo ilustrativo de um *wetland* construído.

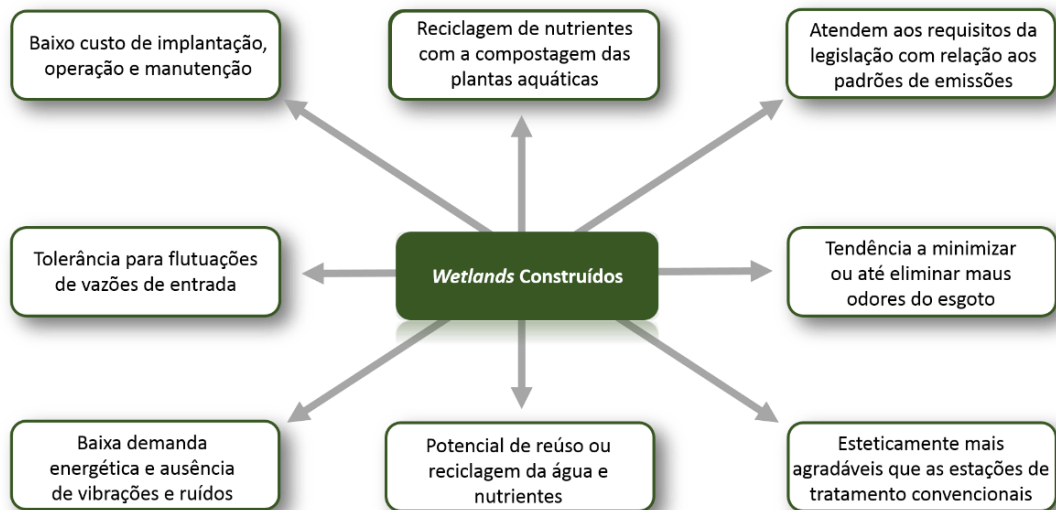
Fonte: Poças (2015).



**Figura 06.** Esquema em profundidade da estrutura de um *wetland* construído.

Fonte: Poças (2015).

A principal função desse tipo de sistema é a melhoria da qualidade das águas, sem que haja a necessidade de utilizar substâncias químicas. Para uso no tratamento de esgotos, os *wetlands* construídos atuam como uma alternativa na remoção de nutrientes e reduzindo as taxas das demandas química (DQO) e bioquímica (DBO) de oxigênio dos efluentes (SALATI, 2019). Benassi et al. (2018) elenca as principais vantagens do uso de *wetlands* construídos no tratamento de efluentes, a Figura 07 apresenta a relação destas vantagens.



**Figura 07.** Definição e tipos de esgotos sanitários.

Fonte: Elaborados pelo autor, a partir de BENASSI et al., 2018.

De acordo com Zhang et al. (2012) no que corresponde ao tratamento de efluentes, quando comparado aos métodos tradicionais, os *wetlands* possuem melhor aproveitamento da matéria vegetal, assim como melhores condições operacionais e de manutenção, além de apresentar melhor acessibilidade. Já no que diz respeito às limitações dos *wetlands* construídos, ressalta-se as seguintes questões: maior demanda de área para construção quando comparados a sistemas mais complexos; possibilidade de formação de curtos circuitos hidráulicos e; alta demanda pelo manejo adequado das macrófitas (CHERNICHARO, 2001).

No Brasil, os estudos com esse tipo de sistema tiveram início no final da década de 80, com experimentos conduzidos pelo Laboratório de Ecologia Aplicada da ESALQ em Piracicaba. A partir de então, se tem a ampliação de tecnologias e inovação na aplicação deste tipo de sistema (BUSATO, 2014). No que corresponde a classificação dos tipos de *wetlands* construídos, a literatura apresenta uma grande diversidade. Apesar disso, é possível categorizá-los a partir de alguns atributos como por exemplo: tipo de vegetação, nível da coluna d'água e fluxo do efluente (FAISSAL, 2016).

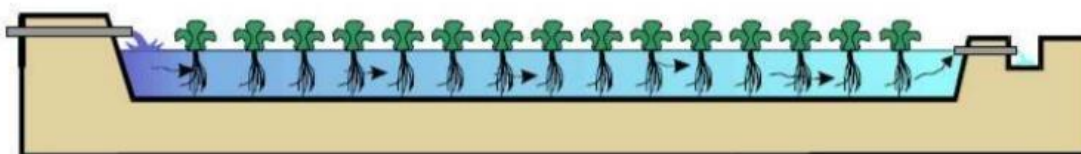
No tocante à aplicação de *wetlands* construídos o trabalho de Bavor et al. (1995) apresenta um resumo das principais aplicações e desafios na utilização desse tipo de sistema. A Tabela 03 apresenta estas informações.

**Tabela 03.** Aplicações e desafios no uso de *wetlands* construídos.

<b>Aplicação</b>	<b>Desafios</b>
Tratamento Primário e Secundário	Tratamento completo da água, com remoção de nutrientes, para pequenas comunidades e habitações isoladas.
Polimento Terciário	Manutenção da funcionalidade em longo prazo (principalmente remoção de Fósforo).
Desinfecção	Determinar a adequação de micro-organismos indicadores de necessidade de monitoramento e regulação. Explorar o potencial das WCs em promover água potável (bactérias degradadoras).
Aumento da assimilação dos nutrientes, ou seja, não uma monocultura de <i>Typha</i> .	Estabelecimento de diversidade de espécies de plantas nutrientes de entrada
Manejo do escoamento superficial (Urbano/Rural)	Identificação de estratégias e locais apropriados para introdução.
Manejo de Tóxicos; Lixiviação de Aterros e Mineração; ser immobilizados ou transformados. Efluentes Industriais	Conhecer e modelar os processos pelos quais metais e microrganismo podem
Manejo do Lodo	Disposição em longo prazo de resíduos que possam conter níveis consideráveis de metais pesados e materiais tóxicos.
Prod. Biomassa	Identificação e desenvolvimento de usos e mercados viáveis de produtos de <i>Wetlands</i> construídos.
Recarga de Aquíferos	Entendimento de impactos na hidrologia subterrânea (ex: solos ácidos)
Pré-tratamento e armazenamento de água para economias locais. Reuso	Avaliar níveis de tratamento apropriados para diferentes opções de reuso e

Fonte: Elaborado pelo autor, a partir de Bavor et al. (1995).

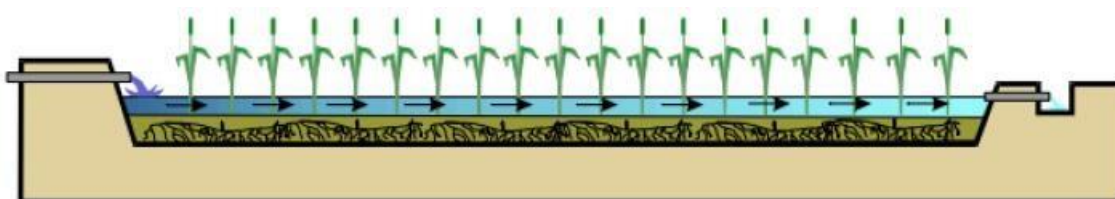
No correspondente ao tipo de vegetação os *wetlands* construídos podem ter plantas flutuantes, plantas emergentes e plantas submersas. Nos *wetlands* construídos com plantas flutuantes são utilizadas macrófitas (plantas aquáticas) junto aos estratos de solo. Nesse tipo de sistema, as vegetação, o solo e os microrganismos removem os agentes poluentes por meio da filtração e depuração de matéria orgânica resultante das reações químicas, físicas e biológicas ocorridas no sistema. Para esse tipo de *wetlands* construídos são geralmente utilizadas as plantas lentilhas d'água (*Lemna*) e a jacinto d'água (*Eichhornia crassipes*), também conhecidas como aguapés (SALATI, 2006). A Figura 08 apresenta um esquema para *wetlands* construídos com plantas flutuantes.



**Figura 08.** Esquema de um *wetland* construído com plantas flutuantes.

Fonte: SALATI, 2006.

Para os *wetlands* construídos com plantas emergentes são utilizadas plantas com os caules e folhas parcialmente submersos, e o sistema radicular se desenvolve fixado no sedimento. Para este tipo de *wetlands* construídos são utilizadas as plantas conhecidas como juncos, que são herbáceas de diversas famílias, principalmente a *Phragmites australis*, a *Typha latifolia* e a *Scirpus lacustris* (SALATI, 2006). O sistema radicular das plantas nesse tipo de sistema, permite a exploração de um grande volume de sedimentos, dependendo da espécie considerada e da profundidade do sistema radicular (ARMSTRONG et al, 1991). A Figura 09 apresenta um esquema de um *wetlands* construídos com plantas emergentes.

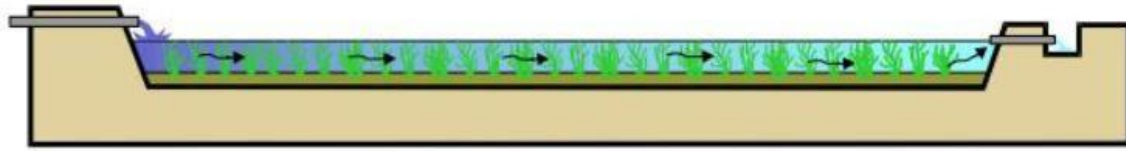


**Figura 09.** Esquema de um *wetland* construído com plantas emergentes.

Fonte: SALATI, 2006.

Por sua vez, os *wetlands* construídos com plantas submersas correspondem àqueles em que a vegetação fica totalmente submersa. De acordo com Franco e Moura (2017), devido esta condição, esse tipo de sistema não é recomendado para o tratamento primário. Por outro lado, o uso desse tipo

de vegetação se mostrou bastante favorável para o tratamento secundário de águas residuárias. Este potencial se relaciona à maior quantidade de oxigênio dos corpos hídricos que já obtiveram algum tipo de tratamento, aumentando assim o desenvolvimento das plantas e, por consequências, os processos que garantem o tratamento destas águas residuárias (FRANCO E MOURA, 2017). A Figura 10 apresenta um esquema deste tipo de sistema.

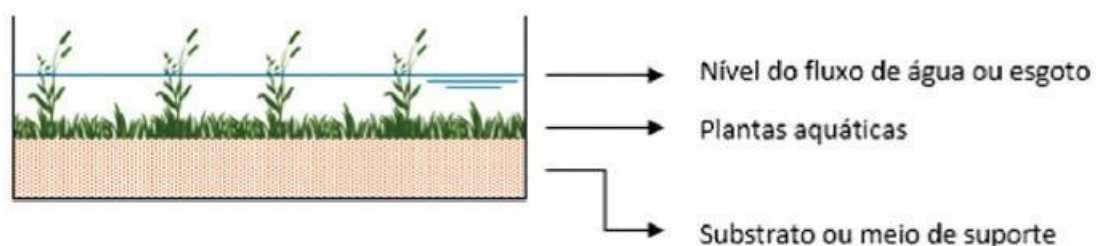


**Figura 10.** Esquema de um *wetland* construído com plantas submersas.

Fonte: SALATI, 2006.

Em relação ao tipo de matéria orgânica, alguns autores ainda utilizam um outro tipo de sistema. Estes correspondem aos *wetlands* construídos com solos filtrantes. Para Franco e Moura (2017) este tipo de sistema corresponde ao *wetlands* construídos onde a vegetação é basicamente o cultivo de arroz, combinado com um solo formado por brita e pedrisco. Nesse tipo de sistema, além da ação bioquímica oriunda da vegetação, as ações físico-mecânicas também atuam como componentes filtrantes dos corpos hídricos que aumentam o potencial de tratamento.

Já em relação ao nível da coluna d'água, existem basicamente dois tipos, os *wetlands* construídos de fluxo superficial – WCFS e os *wetlands* construídos de fluxo subsuperficial – WCFSS, este segundo pode ser subdividido em horizontal, vertical ou híbrido, a partir do sentido do efluente (SALATI, 2006). Os WCFS são aqueles onde o meio suporte (substrato) permanece saturado e com fluxo de água escoando pela superfície. Isto é, onde o corpo hídrico flui sobre a superfície do meio filtrante passando entre os caules e folhas da vegetação. Os WCFS possuem como principal característica o maior consumo de oxigênio em função da massa líquida, ou seja, há uma maior exposição do efluente ao meio atmosférico, assim como maior exposição aos raios ultravioleta, gerando maior inativação de patógenos (STIEGEMEIER, 2014). A Figura 11 apresenta um esquema de um sistema de *wetlands* de fluxo superficial.

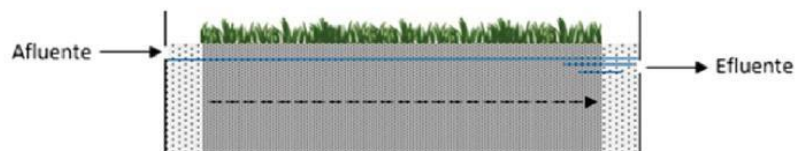


**Figura 11.** Esquema de sistema de Wetlands de Fluxo Superficial com plantas emergentes.

Esse tipo de sistema favorece o desenvolvimento de uma grande diversidade de macrófitas, podendo ser usado com plantas flutuantes, submersas ou emergentes. De acordo com Bassani et al. (2018), o corpo hídrico a ser tratado escoar de forma homogênea na horizontal sob a superfície do leito, com profundidade da água em torno de 0,5 m e baixa velocidade de escoamento. Este tipo de sistema é recomendado, principalmente, para o tratamento terciário de efluente com foco na remoção de nutrientes. É, geralmente, uma etapa posterior de um tratamento secundário, cujo foco é a remoção de matéria orgânica e sólidos em suspensão (BASSANI et al., 2011).

Outro tipo de *wetlands* construídos são os de fluxo subsuperficial – WCFSS, que se diferenciam dos WCFS, por não possuírem coluna de água superficial. Estes são os tipos de *wetlands* construídos mais utilizados (POÇAS, 2015) em função da sua capacidade de remover elevadas concentrações de nitrogênio, fósforo e metais pesados devido aos vários processos que ocorrem no solo, incluindo adsorção e filtração (RAN et al. 2004). Estes tipos de *wetlands* construídos podem ter o fluxo de escoamento na horizontal, na vertical ou de forma híbrida. De acordo com o fluxo que a água corre sob a superfície do leito plantado, por entre os poros do material filtrante (BENASSI et al., 2018).

Nos WCFSS com fluxo horizontal, o efluente passa sob a superfície do meio filtrante e percola lentamente pelos vazios porosos das raízes das macrófitas (POÇAS, 2015). De acordo com Benassi et al. (2018), este tipo de sistema (Figura 12) é mais utilizado no tratamento secundário de esgoto sanitário com foco na remoção de matéria orgânica e sólidos suspensos.



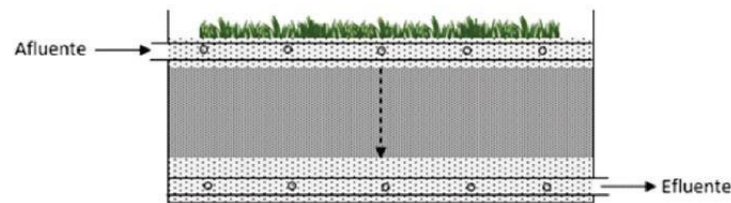
**Figura 12.** Esquema de sistema de Wetlands de Fluxo Subsuperficial Horizontal.

Fonte: SANCHEZ, 2017.

Nesse tipo de *wetlands* construídos, o esgoto é disposto na entrada do tanque e se distribui de forma equitativa onde o líquido percorre o meio filtrante, para que os microrganismos e as raízes das plantas realizem a decomposição da matéria orgânica e a absorção dos nutrientes. O efluente tratado escoar na parte final do *wetlands* construídos por meio da ação da gravidade (POÇAS, 2015). Benassi et al. (2018) afirmam ainda que, apesar da etapa de tratamento preliminar não ser obrigatória, o tratamento primário do esgoto, com o objetivo de remoção de partículas grosseiras e sólidos

sedimentáveis, amplia a vida útil dos sistemas de tratamentos e reduzem a ocorrência de entupimentos.

Por sua vez, os WCFSS com fluxo vertical, como apresentado no esquema da Figura 13, são aqueles onde o fluido é introduzido na subsuperfície e percola de forma homogênea na vertical entre os vazios do material suporte até atingir a parte mais inferior do leito. Na parte inferior o efluente é coletado por tubulações (BENASSI et al., 2018).



**Figura 13.** Esquema de sistema de Wetlands de Fluxo Subsuperficial Vertical.

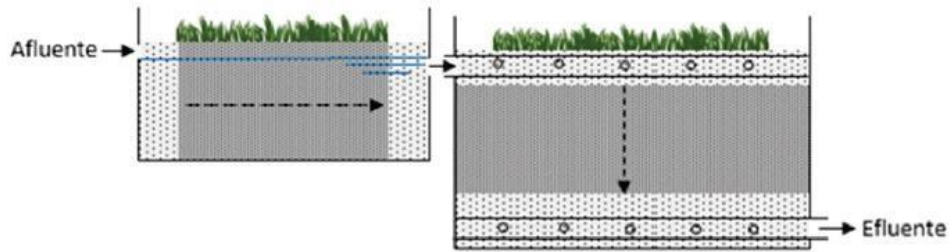
Fonte: SANCHEZ, 2017.

Para Sezerino (2006), esse tipo de sistema apresenta maior eficiência nos processos de decomposição da matéria orgânica porque a maneira como esgoto é depositado, agrega uma maior quantidade de oxigênio atmosférico ao fluido que, com o oxigênio transferido pelas macrófitas, aumentam a degradação. Nesses sistemas o fluxo do efluente pode percolar de forma ascendente, descendente ou por meio de ciclos de inundação e esvaziamento (SEZERINO, 2006).

Os WCFSS com fluxo vertical são bastantes recomendados para o tratamento terciário de efluentes com foco na remoção de nutrientes, em especial nitrogênio, que é removido com maiores eficiências neste tipo de *wetlands* construídos (BENASSI et al., 2018).

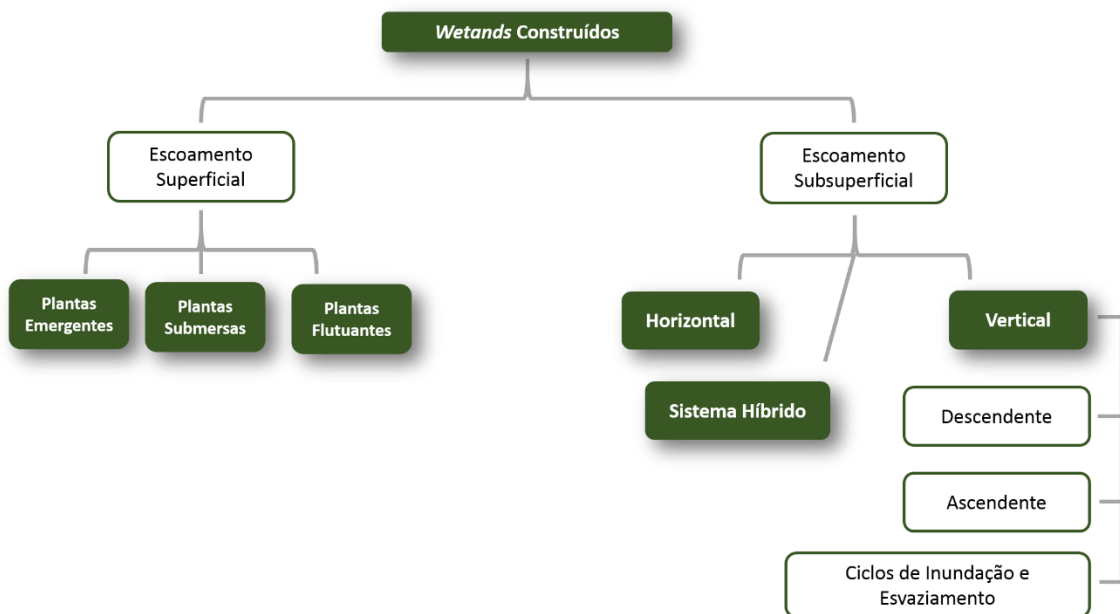
Dessa forma, é imprescindível que o efluente tenha passado por um processo de tratamento secundário. As vantagens em relação a esse tipo de sistema de *wetlands* construídos correspondem: à distribuição do efluente, que possuem uma maior área de entrada e de uso de volume de filtro, tendo assim uma maior eficiência de tratamento; e a capacidade de ser aplicado em qualquer tipo de efluente, sejam sanitários ou industriais (PLATZER, et al., 2007).

Além dos WCFSS e fluxo horizontal e vertical, existem também os sistemas híbridos ou combinados que associam os dois tipos de fluxo. Estes sistemas potencializam a eficiência no tratamento, visto que agregam as principais vantagens de ambos os fluxos. A Figura 14 apresenta um esquema teórico de um WCFSS de fluxo híbrido.



**Figura 14.** Esquema de sistema de Wetlands de Fluxo Subsuperficial Híbrido.  
Fonte: SANCHEZ, 2017.

A literatura apresenta uma série de possibilidades para *wetlands* construídos, o que leva a elaboração de uma grande diversidade de arranjos. No Brasil, há uma grande diversidade de arranjos devido a não existirem normas técnicas brasileiras definindo uma uniformização dos parâmetros e critérios de dimensionamento e de tipos de *wetlands* construídos. Sendo assim a escolha do sistema deve ser relacionada com o tipo de efluente, a quantidade de efluente que será tratado (vazão), eficiência desejada, facilidade de operação e manutenção do sistema (BEGOSSO, 2009; SALATI, 2011). A Figura 15 Apresenta um esquema com a classificação do *wetlands* construídos a partir de seus principais atributos. Como comentado essa classificação pode ser adaptada e os atributos combinados formando novos arranjos.



**Figura 15.** Esquema de sistema de Wetlands de Fluxo Subsuperficial Híbrido.  
Fonte: SANCHEZ, 2017.

Dessa forma se tem um grande espectro de possibilidades no uso de *wetlands* construídos, sendo de grande importância a realização de estudos e análises físico-químicas e biológicas nos



efluentes a serem tratados, possibilitando assim uma melhor definição do sistema a ser implementado. Os principais parâmetros a serem considerados na definição do tipo de sistema de *wetlands* construídos são: Demanda Bioquímica de Oxigênio – DBO; Demanda Química de Oxigênio – DQO; potencial hidrogeniônico – pH; Oxigênio Dissolvido; Nitrogênio Total; Fósforo Total; Turbidez; Sólidos Suspensos Totais; Coliformes Totais – CT; e *Escherichia coli* – E.coli (SEZERINO, 2006).

De acordo com Jordão e Pessoa (1995), o DBO mede a quantidade de oxigênio necessária para estabilizar biologicamente a matéria orgânica presente numa amostra, após um tempo dado e a uma temperatura padrão, enquanto o corresponde a quantidade de oxigênio necessária para oxidar a fração orgânica de uma amostra que seja oxidável pelo permanganato ou dicromato de potássio em solução ácida.

O pH é um parâmetro importante no controle operacional das estações de tratamento, principalmente na digestão anaeróbica, e nos processos oxidativos. Já os óleos e graxas estão sempre presentes nos lançamentos de esgotos ou efluentes industriais, provenientes da preparação e do uso de alimentos (óleos vegetais, manteiga, carne, etc). Podem estar presentes também sob a forma de óleos minerais derivados de petróleo (querosene, óleo lubrificante) e neste caso tem origem em postos de gasolina ou indústrias (JORDÃO E PESSÔA, 1995).

O fósforo está presente nos esgotos sob a forma de fósforo orgânico e fosfatos. (VON SPERLING, 1996). Juntamente com o Nitrogênio são chamados de agentes eutrofizantes, pois podem provocar a proliferação exagerada de fitoplâncton (PAULA, 2011). fósforo orgânico compõe parte do material celular das algas, onde em peso seco o mesmo pode corresponder a 1% da massa de algas. Enquanto que a precipitação dos fosfatos ocorre em condições de elevado pH, ocorrendo na precipitação (VON SPERLING, 1996).

## 5. MATERIAIS E MÉTODO

Para a elaboração do presente trabalho, foram realizadas análises na estação de tratamento de efluentes proveniente de um abatedouro de codornas, o qual atualmente conta com 3 tipos de tratamento. A Unidade Agroindustrial objeto de estudo possui como principais atividades a produção, o abate, a industrialização e comercialização de produtos derivados de codorna de corte. O foco da unidade é direcionado para produtos *in natura* e temperados provenientes de carcaças inteiras e cortes especiais de codorna.

### 5.1 Caracterização da Área de Estudo

A área de estudo corresponde à uma Unidade Agroindustrial cujo a partes unitárias do sistema de tratamento de efluentes de abatedouro e frigorífico de aves, distribuídos em um perímetro de 320.590 m<sup>2</sup>, localizados no município de Coronel Freitas – SC. O Perímetro total do empreendimento é de 1.388,44 m<sup>2</sup>. A Figura 16 apresenta o mapa da localização da área de estudo.

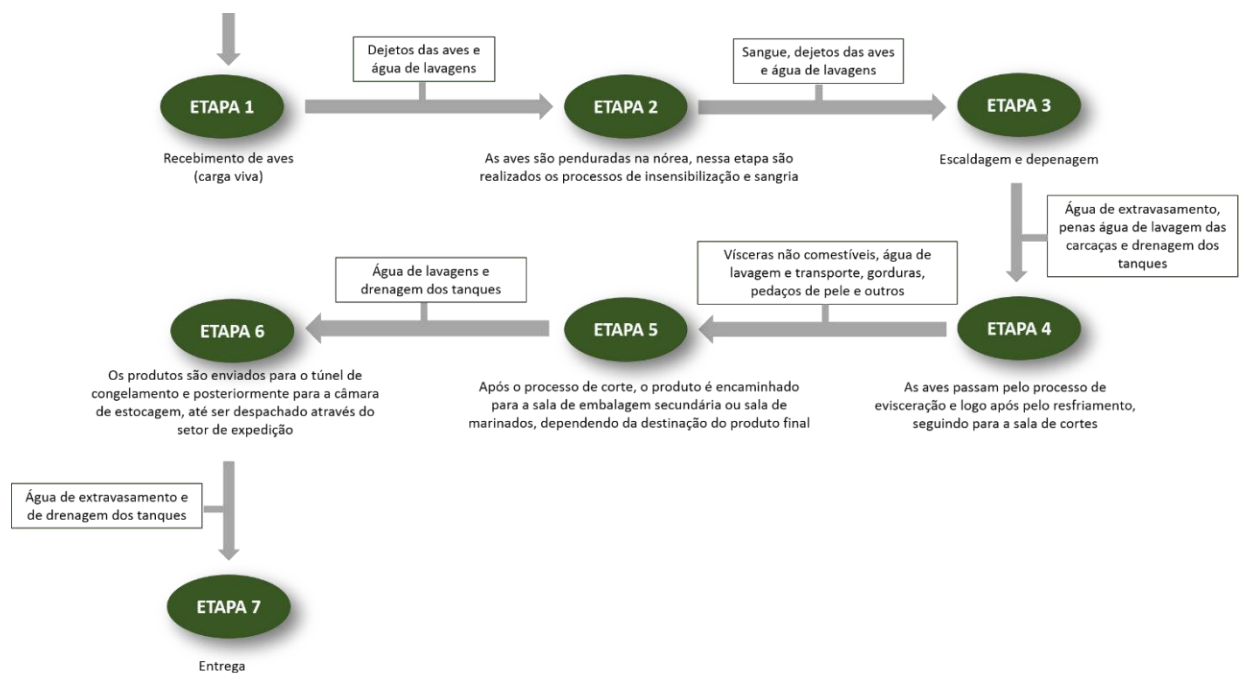


**Figura 16.** Localização do município de Coronel Freitas – SC em relação ao país e imagem de satélite da Unidade Agroindustrial, 2020.

Fonte: Elaborado pelo autor, a partir GOOGLE (2020).

O empreendimento em questão se trata de uma unidade agroindustrial que trabalha com a produção, abate, industrialização e comercialização de produtos derivados de codorna de corte, cujo o foco da unidade é a produção e o beneficiamento de produtos *in natura* e minimamente processados provenientes de carcaças inteiras e cortes especiais de codorna. De forma geral, o processo produtivo

e as atividades realizadas nas áreas do empreendimento pode ser resumidas a partir do fluxograma da Figura 17.



**Figura 17.** Fluxograma do processo produtivo e atividades da Unidade Agroindustrial, Coronel Freitas – SC, 2020.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2020.

Este conjunto de etapas geram grandes quantidades de efluentes e relativamente proporcional ao consumo de água potável, sendo originado principalmente nos processos de sangria, depenagem, evisceração e preparação das carcaças. Assim, demanda-se um sistema de tratamento com grande eficiência. Neste sentido é bastante pertinente a elaboração de estudos que analisem a situação destes sistemas.

## 5.2 Análise do Corpo Receptor

A avaliação da eficiência sistema de tratamento de efluentes da Unidade Agroindustrial foi elaborada a partir da análise dos parâmetros do corpo hídrico receptor. As informações utilizadas nessa análise, foram coletadas pelo Escritório de Engenharia Ambiental Aqualabor<sup>2</sup>. Foram coletadas amostras do corpo receptor tanto a montante, quanto a jusante. As coordenadas geográficas dos pontos de coleta estão apresentadas na Tabela 04 e ilustradas na Figura 18.

<sup>2</sup> O Aqualabor é um escritório de engenharia ambiental, uma empresa especializada em prestar serviços técnicos de saneamento, atendendo as variadas atividades produtivas, e também implementar projetos e sistemas de tratamentos de esgotos.

**Tabela 04.** Coordenadas geográficas dos pontos de coleta. Coronel Freitas – SC, 2020.

Amostras	Local	Distância	Coordenadas Geográficas
1	Montante	(250 m)	26° 53' 25.73" S 52° 41' 23.05" O
2	Jusante	(1600 m)	26° 53' 31.87" S 52° 42' 20.50" O

Fonte: Elaborado pelo autor, a partir dos dados do Aqualabor (2020).



**Figura 18.** Coordenadas geográficas dos pontos de coleta, Coronel Freitas – SC, 2020.  
Fonte: Google Earth, 2020.

Após as coletas, as amostras foram encaminhadas para análise em laboratório credenciado. A partir de então, foi possível analisar a condição do corpo hídrico receptor nos seguintes parâmetros: Oxigênio Dissolvido – OD, Demanda Bioquímica de Oxigênio – DBO, Demanda Química de Oxigênio – DQO, pH, Temperatura, Nitrogênio Amoniacal, Fósforo, Óleos e Graxas. A avaliação destes parâmetros levou em consideração os valores padrões para um corpo hídrico de Classe II (ANA, 2007) e a Lei SC n° 14.675/2009.

As análises laboratoriais foram realizadas pela Genética Group Tecnologias Ambientais. Para determinação do OD utilizou-se oxímetro eletrônico que mede a pressão parcial do oxigênio na água através de uma célula polarográfica. Já na determinação do DBO (DBO<sub>5</sub> a 20 °C) foi realizado por meio do respirométrico de incubação com oxitop, que tem a função de reproduzir em laboratório as condições naturais da degradação da matéria orgânica. O método de determinação do fósforo total foi o da digestão em solução de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 4 M e passado por água ultrapura de grau 3 duas vezes. Para o DQO, utilizou-se o método titulométrico de refluxo fechado. A determinação do pH e da temperatura se deu por meio do pHmetro eletrônico que indica o resultado para os dois parâmetros ao mesmo tempo. O valor de nitrogênio amoniacal foi obtido através da destilação da amostra,

regulada em pH 9,5, em indicador de ácido bórico, pela titulação com ácido sulfúrico 0,02 N. Por sua vez, a determinação óleos e graxas se deu pelo método da gravimetria, realizado pela extração destes parâmetros por meio da solubilização do material amostral em solvente apropriado. As informações sobre os métodos de análise foram disponibilizadas pelo laboratório em questão.

### 5.3 Dimensionamento do *Wetland*

Com a finalidade de melhorar as condições ecológicas do sistema de tratamento de esgoto da Unidade Agroindustrial, propõe-se a substituição de dois estágios do sistema (duas lagoas) por um *wetlands* construído. Para este caso, o sistema de *wetland* proposto constitui-se de filtros plantados com espécies de macrófitas de fluxo subsuperficial horizontal. A escolha desse tipo sistema se deu devido a sua simplicidade e menor demanda de operações, quando comparado à outros tipos de *wetlands*.

Para o dimensionamento do *wetland*, utilizou-se o método de Sezerino e Phillip (2004), que está associado a degradação da matéria orgânica carbonácea em um modelo de cinética de primeira ordem, aplicável aos reatores tipo-pistão. Nesse sentido, para o cálculo da área superficial requerida utilizou-se a Equação (1):

$$A = \frac{Q \cdot (\ln C_o - \ln C_e)}{KT \cdot p \cdot n} \quad (1)$$

Onde: “A” é a área superficial requerida (m<sup>2</sup>);

“Q” é a vazão afluyente (m<sup>3</sup>/dia);

“Co” é a concentração afluyente em termos de DBO5 (mg/l ou g/ m<sup>3</sup>);

“Ce” é a concentração efluyente em termos de DBO5 (mg/l ou g/ m<sup>3</sup>);

“KT” é a constante de reação de cinética de primeira ordem;

“p” é a profundidade média do filtro (m);

“n” é a porosidade do material filtrante (adimensional).

Por fim, a constante de reação cinética de primeira ordem (KT), depende da constante de reação a 20°C (K20) e da temperatura crítica (T). Assim KT pode ser obtido pela Equação (2):

$$KT = K20. (\theta)^{T-20} \quad (2)$$

Onde: “KT” é a constante de reação de cinética de primeira ordem;

“K20” é a constante para a temperatura de 20°C;

“θ” é a o coeficiente de temperatura; “T”

é a temperatura crítica.

De acordo com Benassi *et al.* (2018), tanto a K20 quanto o coeficiente de temperatura (θ) vão depender do tipo de poluente a ser removido. Dessa forma, a Tabela 05 apresentada os principais valores encontrados para K20 e θ para *wetlands* construídas de fluxos superficial (WCFS).

**Tabela 05.** Valores para a constante de decaimento e coeficiente de temperatura para sistemas de WCFS de acordo com o poluente a ser removido.

Tipo de WC	Poluente	Temperatura (°C)	Constante de decaimento K20 (d <sup>-1</sup> )	Coeficiente de Temperatura
			0,678	1,06
	DBO <sub>5</sub>			
			0,2187	1,048
WCFS	Nitrogênio Amoniacal (NH <sub>4</sub> )	20		
	Nitrato (NO <sub>3</sub> )		1	1,5

Fonte: Elaborado pelo autor, a partir de Benassi et al. (2018)

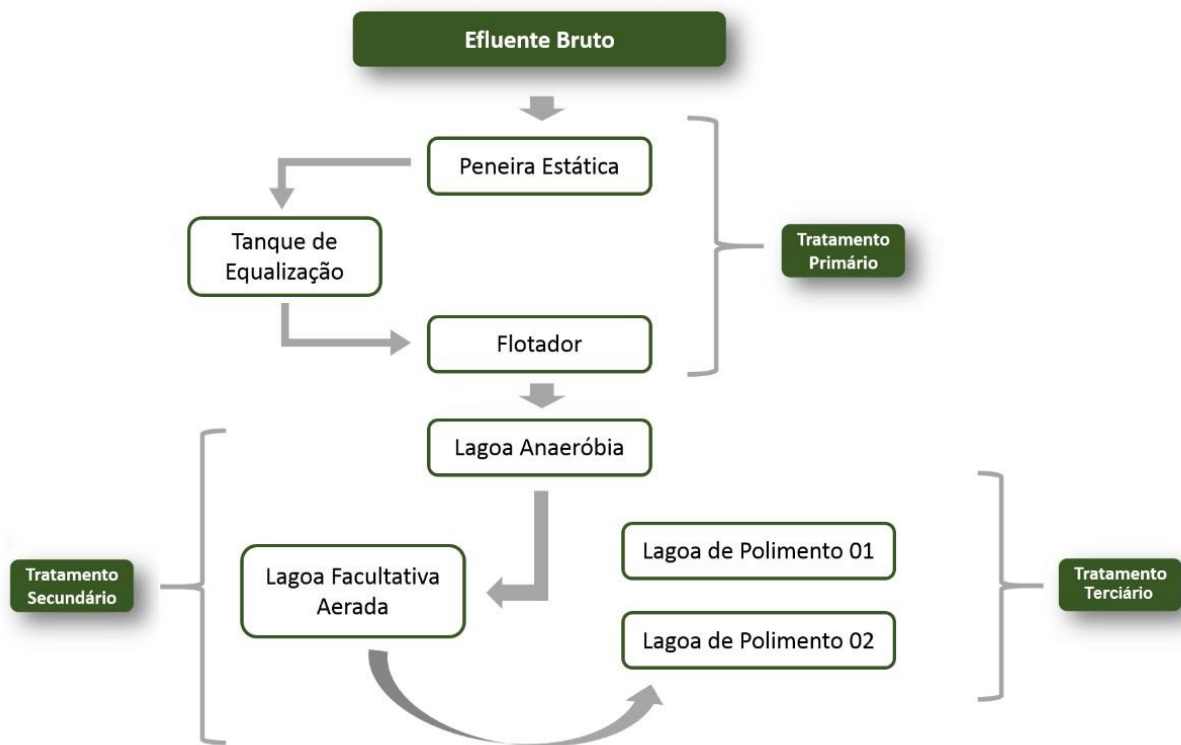
A partir dos procedimentos e das equações citadas foi possível realizar o dimensionamento do *wetland* construído levando-se em consideração as demandas da unidade agroindustrial.

## 6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A presente seção se destina à apresentação do sistema de tratamento da Unidade Agroindustrial, das análises em relação as condições atuais e a proposta de uso de *Wetlands* construídos como forma de ampliar a eficiência deste sistema.

## 6.1 Estação de Tratamento de Efluentes

O Estação de tratamento dos efluentes do abatedouro é composto por peneira estática, flotor, (01) uma lagoa anaeróbia, (01) uma lagoa facultativa aerada e finalizando com duas lagoas de polimento. A Figura 19 apresenta o esquema da estação de tratamento dos efluentes da Unidade Agroindustrial. Esse tipo de sistema, composto por tratamento primário (peneira e flotor), tratamento secundário (sistema de lagoas anaeróbias e facultativa) e tratamento terciário (lagoas de polimento), é uma das alternativas mais usadas em frigoríficos, principalmente, quando estes possuem área disponível para instalar este tipo de tratamento biológico, que é o caso do empreendimento. Outro fator que impulsiona o uso desse tipo de sistema é devido sua baixa complexidade operacional.



**Figura 19.** Esquema da estação de tratamento de efluentes da Unidade Agroindustrial, Coronel Freitas – SC, 2020.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2020.

O sistema de tratamento foi dimensionado levando em consideração o abate de 11.500 aves e 30 funcionários para obtenção da vazão plena de 100 m<sup>3</sup>/dia. Ao considerar os dados de consumo de água, em unidades similares, este valor pode ser considerado como uma margem bastante adequada para as atividades realizadas na Unidade de Agroindustrial.

O início do tratamento se dá com a remoção de sólidos, que é realizada por meio da peneira estática, onde os resíduos retidos são encaminhados para fábrica de farinha ou para transformação

em composto para adubação. Isto é, o efluente bruto passa por peneira e após é enviada ao tanque de equalização onde acontecerá a uniformização de parâmetros interferentes no processo de flotação<sup>3</sup>.

Do flotor o efluente é encaminhado para a lagoa facultativa. O principal objetivo dessa etapa é garantir a estabilização bioquímica da matéria orgânica do corpo hídrico por meio do metabolismo de microrganismos aeróbios e facultativos. Após essa etapa o efluente para as lagoas de polimento.

As lagoas possuem revestimento em PEAD (polietileno de alta densidade) 1,0 (um) milímetro, possuem drenagem sub superficial de água e poços de visita de drenagem para monitoramento de eventuais vazamentos e para prevenção de eventuais rompimentos da manta de polietileno sendo que do lado externo das lagoas serão instalados. Além da drenagem de líquidos será feita a drenagem de gases.

As lagoas de polietileno, também conhecidas como lagoas de maturação são utilizadas com o objetivo de remoção do DBO, patógenos, nitrogênio e fósforo. Outra característica é que a eficiência na remoção de coliformes é bastante elevada frente aos principais elementos atuantes (SENA, 2009). Após todos os processos, o efluente tratado é lançado no corpo receptor, que para este caso recebe a denominação de lajeado Júlio de Castilho e está inserido na região hidrográfica dos Rios Chapecó e Irani, RH2, dentro da bacia hidrográfica do Rio Uruguai. Dessa forma, salienta-se que a estrutura da estação de tratamento da Unidade Agroindustrial está de acordo com as exigências da Resolução do CONAMA n° 430/201.

## 6.2 Análise *in loco* dos Efeitos dos Tratamentos

Para avaliar a eficiência dos tratamentos na ETE da Unidade Agroindustrial, realizou-se análises laboratoriais a partir de amostras coletadas no efluente final, no corpo receptor à montante e a jusante. Durante a coleta das amostras, o corpo receptor não apresentou anormalidades visíveis como coloração barrenta, odores, tampouco sólidos flutuantes. A literatura não apresenta informações de referência para o corpo hídrico em questão. Por essa razão, assim como estudos anteriores, a citar SIRHESC (2006) e ANA (2007), considera-se Lajeado como sendo um corpo hídrico de Classe II<sup>4</sup>.

---

<sup>3</sup> De acordo com Sena (2009), a flotação é um processo físico-químico complexo que tem por objetivo, elevar a eficiência da remoção de matéria orgânica de efluentes que apresentam alta carga de óleos e graxas suspensos, por essa razão são ideias para o tratamento primário de águas residuárias de abatedouros ou de indústrias de processamento de carnes. A eficiência desse tipo de processo se relaciona com um conjunto de variáveis como o tamanho das bolhas e tamanho das partículas do efluente.

<sup>4</sup> Corpos hídricos de água doce que se enquadram na categoria Classe II, são aqueles cujo os seus usos correspondem à: abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional; proteção das comunidades aquáticas; recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA n. 274, de 2000; 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; e aquicultura e à atividade de pesca (ANA, 2007).



Sendo assim, a partir das análises laboratoriais dos materiais coletados e dos valores de referência de um corpo hídrico dessa categoria, foi possível elaborar uma tabela comparativa (Tabela 06) para os parâmetros Oxigênio Dissolvido – OD, Demanda Bioquímica de Oxigênio – DBO, Demanda Química de Oxigênio – DQO, pH, Temperatura, Nitrogênio Amoniacal, Fósforo, Óleos e Graxas.

**Tabela 06.** Resultado das análises *in loco* do corpo hídrico, 2020.

Parâmetros	Valores de Referência	Montante	Jusante
OD (mg/L)	> 5	12,8	12,1
pH	6 a 9	7,13	7,22
Temperatura (°C)	-	22,6	24,7
DBO (mg/L)	< 5	2,79	2,79
DQO (mg/L)	-	20	20
Nitrogênio amoniacal (mg/L)	Até 3,7 (para pH <7,5)	0,07	0,105
Fósforo total (mg/L)	Até 0,1	0,14	0,15
Óleos e graxas totais (mg/L)	Virtualmente ausentes	< 10	< 10

Fonte: Elaborado pelo autor, 2020 a partir de SIRHESC (2006).

A partir da análise comparativa entre as amostras coletadas e os valores de referência, é possível observar que, para os parâmetros OD, pH, DBO e Nitrogênio Amoniacal, todas as amostras apresentaram resultados adequados. Não foram encontrados os valores de referência para essa categoria em relação aos parâmetros temperatura e DQO, inclusive a relação DQO/DBO se mostrou relativamente alta, o que indica uma característica de baixa biodegradabilidade. Apesar disso, de acordo com SIRHESC (2006), as amostras apresentaram resultados adequados. Já em relação ao parâmetro Fósforo Totais as amostras apresentaram resultados elevados. Apesar disso, observa-se que o efluente final não apresenta parâmetros acima do permitido pela Lei SC nº 14.675/2009. De uma forma geral não há alteração de montante para jusante, mesmo com o lançamento do efluente.

Caso as concentrações de fósforo continuem elevadas, isso pode se tornar um problema, visto que em concentrações muito elevadas, este nutriente altera o sabor das águas devido a liberação de toxinas pelas algas (ELER E MILLANI, 2007). A substituição das lagoas de polimento por um *wetland*, pode auxiliar na melhoria das condições deste parâmetro, caso a implementação do sistema tenha viabilidade.

## 6.2 Dimensionamento dos *wetlands*

Uma das propostas do presente trabalho consiste no dimensionamento de um *wetland* construídos de fluxo subsuperficial horizontal para substituição das lagoas de polimento da ETE da Unidade Agroindustrial. Essa substituição visa melhorar as condições ecológicas do corpo hídrico receptor, por meio da melhoria na capacidade de adsorção de compostos inorgânicos no tratamento terciário do efluente da Unidade Agroindustrial.

Para *wetlands* construídos de fluxo subsuperficial horizontal, recomenda-se o uso de espécies como a Taboa (*Typha spp.*) e os Juncos comuns (*Phragmites australis*), estas geralmente ocupam de 30 a 40 cm de profundidade do material de recheio, o que torna esta porção aerada e com probabilidade de aderência de microrganismos (VON SPERLING E SEZERINO, 2018).

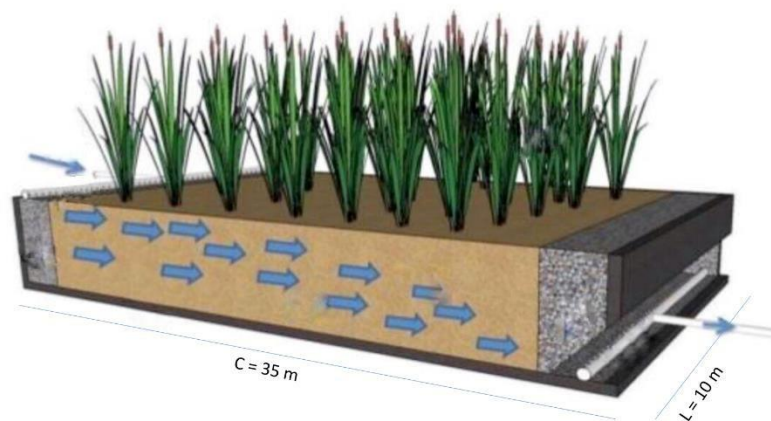
Para o cálculo da área requerida para os *wetlands*, foi necessário definir o valor da constante de reação de cinética de primeira ordem (KT). Com base nos valores de DBO<sub>5</sub> apresentados na Tabela 05, que considera para a temperatura de 20°C (K20) igual a 0,678, o coeficiente de temperatura ( $\theta$ ) igual a 1,06 e temperatura crítica de 15°C, se obteve KT igual a 0,50 a partir da substituição destes valores na Equação 2.

Para os outros valores do cálculo adotou-se<sup>5</sup>: a vazão de segurança de 100 m<sup>3</sup>/dia, que considera o abate de 11.500 aves e o esgoto sanitário de 30 funcionários; a concentração do afluente em termos de DBO<sub>5</sub> (Co) é igual a 340,5 g/ m<sup>3</sup>; a concentração efluente em termos de DBO<sub>5</sub> (Ce) é igual a 121,9 g/m<sup>3</sup>; a profundidade média do filtro (p) igual a 1,5 m; e a porosidade da areia grossa (material filtrante) conforme a literatura é de 0,40. Assim, substituindo os valores na equação 1, se obteve uma área de 342,3 m<sup>2</sup>.

A partir do valor da área requerida, é possível dimensionar o *wetland*, o qual deve ser realizado de tal forma que o comprimento seja consideravelmente maior que a largura do leito, a fim de garantir o modelo de fluxo em pistão. Assim sugere-se o comprimento (C) igual a 35 m e a largura (L) igual a 10 m, isso faz com que o sistema todo ocupe uma área de 350 m<sup>2</sup>. A Figura a seguir mostra uma representação do *wetland* proposto.

---

<sup>5</sup> O valores da vazão afluente (Q), da concentração afluente em termos de DBO<sub>5</sub> (Co), e da concentração efluente em termos de DBO<sub>5</sub> (Ce) foram fornecidos pelo escritório Aqualabor; A profundidade média do filtro (p) foi definida com base em Sperling e Sezerino (2018); e a porosidade do material filtrante (n) de acordo com o trabalho de Sezerino e Phillip (2004).



**Figura 20.** Dimensionamento proposto para *wetland* construído de fluxo subsuperficial horizontal.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2020.

Um das formas de avaliar os sistemas de tratamento é por meio da eficiência de remoção do  $DBO_5$ . De acordo com Benassi et al. (2018), a eficiência de remoção de  $DBO_5$  de um *wetland* construídos de fluxo subsuperficial horizontal é de aproximadamente 80%.

Observa-se que a demanda por área não é um fator limitante para Unidade Agroindustrial, visto que a mesma se localiza em uma grande propriedade rural afastada do meio urbano. Logo, recomenda-se a substituição desse estágio da ETE, visto que as lagoas de polimento apresentaram uma eficiência de 75%<sup>6</sup>, enquanto os wetlands apresenta uma eficiência maior levando em consideração a remoção de  $DBO_5$ .

---

<sup>6</sup> Cálculo realizado a partir dos valores de  $DBO_5$  utilizados no dimensionamento do *wetland*.

## 7. CONCLUSÕES

A partir da elaboração do presente trabalho foi possível concluir que, os efluentes gerados a partir do desenvolvimento de atividades agroindustriais, representam um grande desafio para este setor de empreendimentos. O abate de codornas se encaixa nesse contexto por se tratar de uma atividade com grande potencial poluidor. Os efluentes desse tipo atividade são caracterizados por conter sangue, gordura, excrementos, substâncias do trato digestório dos animais, entre outros, representando assim um resíduo com elevada concentração de matéria orgânica.

Neste sentido, observou-se que um conjunto de tecnologias e alternativas são utilizadas para estruturar as estações de tratamento de efluentes desse tipo de atividade. Por sua vez, estas estações podem apresentar diversos arranjos para garantir o cumprimento das legislações e normativas. Estes arranjos podem ser estruturados pela combinação de diversas tecnologias, como o uso de peneiras, flotores, lagoas anaeróbias, lagoas facultativas, lagoas de polimento e *wetlands*. Cada um destes com um objetivo específico e um nível de tratamento.

A estação analisada é composta por três níveis distintos de tratamento (primário, secundário e terciário). A análises das amostras do corpo receptor, baseadas nos parâmetros OD, DBO, DQO, pH, temperatura, nitrogênio amoniacal, fósforo e óleos e graxas, indicaram que o sistema de tratamento está atuando de forma eficiente, visto que os afluentes lançados não provocam alteração na qualidade da água e nem interfere nos respectivos usos do corpo hídrico em questão. Apesar disso, os parâmetros analisados não apresentam resultados ideais.

Em relação aos *wetlands* construídos, conclui-se que se trata de uma tecnologia bastante interessante quando pensado no tratamento de efluentes desse tipo de atividade, tendo em conta o potencial de melhoria da qualidade das águas, sem que haja a necessidade de utilizar substâncias químicas. A implementação desse tipo de sistema se torna viável devido a Unidade Agroindustrial não apresentar limitações espaciais. Assim, recomenda-se a substituição das lagoas de polimento por um *wetland* construídos de fluxo subsuperficial horizontal, visto que essa substituição pode melhorar significativamente a eficiência de remoção do DBO5, pois haveria a incorporação ao processo já existem, com uma taxa de remoção de 75%, um novo ciclo de melhoria, da qualidade da água, com eficiência de até 80%. Além dessa questão, torna-se interessante a alternativa do uso de *wetlands*, porque as lagoas de maturação, na maioria das situações, geram muitas algas que, por sua vez, são lançadas nos corpos hídricos. Dessa forma, a substituição por *wetlands* poderia reduzir consideravelmente esse problema.

Por fim, é válido ressaltar que os sistemas que utilizam *wetlands* também geram matéria orgânica e que para esse tipo de sistema é necessário um plano de manejo adequado do sistema e das macrófitas, principalmente para o caso de *wetlands* em estágios finais de ETEs pois as algas podem se acumular no meio filtrante e, sem o manejo adequado podem colmatar o meio.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARIAS, C. A., DEL BUBBA, M., BRIX, H. Phosphorus removal by sands for use as media in subsurface flow constructed reed beds. **Water Research**, v. 35, n. 5, p. 1159-1168, 2001.

ARMSTRONG, W., ARMSTRONG, J., BECKETT, P. M. & JUSTIN, S. H. F. W. Convective gas-flows in wetland plant aeration. In: Plant Life Under Oxygen Deprivation. M. B. Jackson, D. D. Davies, and J. Lambers, Eds. **SPB Academic Publishing** bv, The Hague, The Netherlands, 1991,

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT . **NBR 9648: Estudo de concepção de sistemas de esgoto sanitário**. Rio de Janeiro, 1986.

ASANO, T.; BURTON, F.; LEVERENZ, H.; TSUCHIHASHI, R.; TCHOBANOGLOUS, G. *Water Reuse: Issues, Technologies, and Applications* (McGraw-Hill), **Metcalf & Eddy**, Inc. 2007.

BAVOR, H. J.; ROSER, D. J.; ADCOCK, P. W. **Challenges for the development of advanced constructed wetlands technology**. *Water Science and Technology*, v. 32, n. 3, p. 13-20, 1995.

BEGOSSO, L. Determinação de parâmetros de projeto e critérios para dimensionamento e configuração de wetlands construídos para tratamento de água cinza. Mato Grosso do Sul, 2009. 53p. **Dissertação** Universidade Federal do Mato Grosso do Sul, 2009.

BENASSI, R.; SUBTIL, E.; COELHO, L.; JESUS, T. Manual de sistemas de Wetlands construídas para o tratamento de esgotos sanitário: implantação, operação e manutenção. **Editores UFABC**. 2018.

BRASIL, Agência Nacional de Águas – ANA. **Atlas Esgotos: Despoluição de Bacias Hidrográficas**. 2013. Disponível em: < <http://www.snirh.gov.br/portal/snirh/snirh-1/atlasesgotos>>. Acesso em: maio. 2020.

BRASIL, Congresso Nacional. **Lei Nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007**. Dispões sobre as diretrizes nacionais para o saneamento básico e para a política federal de saneamento básico. Brasília: 2007.

Disponível em: < [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2007/lei/111445.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/111445.htm)>. Acesso em: 22 abr. 2020.

BRASIL, Congresso Nacional. **Lei Nº 14.675, de 13 de abril de 2009**. Estabelece normas aplicáveis ao Estado de Santa Catarina, visando à proteção e à melhoria da qualidade ambiental no seu território. Brasília: 2009. Disponível em: [http://leis.alesec.sc.gov.br/html/2009/14675\\_2009\\_lei.html](http://leis.alesec.sc.gov.br/html/2009/14675_2009_lei.html). Acesso em: 22 abr. 2020.

BRASIL, Congresso Nacional. **Decreto Nº 040, de 28 de fevereiro de 2019**. Estabelece, em todo território Municipal, as normas técnicas de instalações e equipamentos para abatedouro frigorífico de aves e coelhos, e dá outras providências. Brasília: 2019. Disponível em: <https://site.sorriso.mt.gov.br/dl/cve004pubdecreto-040-norma-tecnica-para-abatedouro-de-aves-ecoelhos.pdf>. Acesso em: 29 abr. 2020.

BUSATO, R. H. Projeto para tratamento de efluentes do zoológico municipal de Curitiba por meio da tecnologia de wetlands. **Dissertação de Mestrado**. UFP. 2014.

CHAVEZ, C. P.; CASTILLO, R. L.; DENDOOVEN, L.; ESCAMILLA-SILVA, E.M. **Poultry slaughter wastewater treatment with an up-flow anaerobic sludge blanket (UASB) reactor**. Bioresource Technol. v.96, p.1730-1736, 2005.

CHERNICHARO, C.A.L. (Coordenador). Pós-tratamento de Efluentes de Reatores Anaeróbios. **PROSAB**. Belo Horizonte, 2001.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – CONAMA. **Resolução CONAMA nº 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. Brasília. 2011. Disponível em: <http://www.mpf.mp.br/atuacaotematica/ccr4/dados-daatuacao/projetos/qualid0e,Nacional%20do%20Meio%20Ambiente%2DCONAMA>. Acesso em: 22 abr. 2020.

DOMINGOS, S. S. Vertical flow constructed wetlands for the treatment of inorganic industrial wastewater. 2011. **Thesis (PhD in Environmental Engineering)** – Murdoch University. Australia. 2011.

FAGUNDES, R. M.; SCHERER, M. J. Sistemas alternativos para o tratamento local dos efluentes sanitários. Série: **Ciências Naturais e Tecnológicas**, S. Maria, v. 10, n. 1, p. 53-65, 2009.

FAISSAL, A, A. Sistema construtivo alternativo para wetland de fluxo horizontal empregado no tratamento de esgoto de restaurante universitário. **Trabalho de Conclusão de Curso** (Graduação em Engenharia Ambiental) – Universidade Tecnológica do Paraná, Londrina, 2016.

FRANCO, B. F. J.; MOURA, M. J. S. Emprego de *wetlands* para reuso de águas cinzas em um condomínio residencial. **Monografia**. Universidade Federal Fluminense, 2017.

GANEM, R. S. Políticas setoriais e meio ambiente. **Série temas de interesse do Legislativo**. Edições Camara 374 p. 2015.

GIL, A. S. L. Caracterização do efluente de ETE de abatedouro visando o reuso. **Monografia**, UFP. 2010.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Pesquisa Trimestral do Abate de Animais**. 2019. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/9203-pesquisas-trimestrais-do-abate-deanimais.html?=&t=o-que-e>. Acesso: 26 de abr, 2020.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Produto Interno Bruto - PIB**. 2018. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/explica/pib.php> . Acesso: 26 de abr, 2020.

JORDÃO, E. P.; PESSÔA, C. A.. Tratamento de Esgotos Domésticos. 3. ed., Rio de Janeiro: **ABES**, 1995.

LEANDRO, N. S. M.; DEUS, H. A. B.; STRINGHINI, J. H. et al. Aspectos de qualidade interna e externa de ovos comercializados em diferentes critérios na região de Goiânia. **Ciência Animal Brasileira**, v. 6, n. 2, pág. 71-78, abr./jun. 2005.

LEVINE, A.D.; TCHOBANOGLIOUS, G.; ASANO, T. Size distribution of particulate contaminants in wastewater and their impact on treatability. **Water Research**, v. 25, n. 8, p. 911-922, 1991

LIBERATO, F. P.; ROTHBERG, D. Comunicação pública, transparência e políticas públicas: avaliação de informações em portais brasileiros de governo. **Revista Internacional de Relaciones Publicas**, 3, 6, 69-96. 2013.

LOPES, Jackeline Cristina Ost. Avicultura. **Relatório Técnico**. UFRN, 2011.

Marques, D. M. Terras úmidas construídas de fluxo subsuperficial. In: Campos, J.R. (Coord.). **Tratamento de esgotos sanitários por processo anaeróbio e disposição controlada no solo**. Rio de Janeiro: ABES, 1999.

MENDES, A. A.; KOMIYAMA, C. M. Estratégias de manejo de frangos de corte visando qualidade de carcaça e carne. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v.40, p.352-357. 2011.

MENDONÇA, A.A.J. Avaliação de um sistema descentralizado de tratamento de esgotos domésticos em escala real composto por tanque séptico e wetland construída híbrida. **Dissertação de mestrado**. 209p. Universidade de São Paulo – USP. São Paulo, 2015.

METCALF; EDDY. Wastewater engineering treatment disposal reuse. 4. ed. Revised by G. Tchobanoglous, F. Burton e D. Stensel. **New York: McGraw Hill Book**, 2003.

MOTA, F. S. (Organizador). Reuso de água: experiência na Universidade do Ceará. Fortaleza: **DEHA/UFC**, 2000.

NUVOLARI, A. (COORD.) Esgoto Sanitário. Coleta, transporte, tratamento e reúso agrícola. São Paulo: **Edgard Blucher, vários autores. 1a. edição**. 2003.

OECD-FAO Agricultural Outlook 2018-2027: Special foc us: **Middle East and North Africa**. Disponível em: <<http://www.agrioutlook.org/Agricultural-Outlook2018.pdf>>. Acesso em mai. 2020.

OLIVEIRA JÚNIOR, J. L. Tratamento descentralizado de águas residuárias domésticas: uma estratégia de inclusão social. In: LIRA, WS., and CÂNDIDO, GA., orgs. **Gestão sustentável dos recursos naturais: uma abordagem participativa** [online]. Campina Grande: EDUEPB, 2013.



OLIVO, Rubinson. O Mundo do Frango, Cadeia Produtiva da Carne do Frango. Criciúma : **Editora do Autor**, 2006.

PAOLI, A. C. Análise de desempenho e comportamento de *wetlands* horizontais de fluxo subsuperficial baseado em modelos hidráulicos e cinéticos. **Dissertação de Mestrado**. Pós-graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos da Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, Escola de Engenharia da UFMG, 2010.

PASTORE, S.M.; OLIVEIRA, W.P.; MUNIZ, J.C.L. Panorama da coturnicultura no Brasil. **Rev. Elet. Nutrit.**, v.9, p.2041-2049, 2012.

PAULA, L. M. de.. Avaliação da qualidade da água e autodepuração do rio Jordão, Araguari (MG). **Dissertação de mestrado em engenharia civil**. Universidade Federal de Uberlândia. Uberlândia, 2011.

PINTO, R.; FERREIRA, A.S.; ALBINO, L.F.T.; GOMES, P.C.; VARGAS JÚNIOR, J.G.de. Níveis de Proteína e Energia para Codornas Japonesas em Postura. **R. Bras. Zootec.**, vol.31, n.4, p.1761-1770, 2002.

PLATZER, C., HOFFMANN, H., CARDIA, W., O wetland como componente de ecosan – experiências com o uso e dimensionamento no clima subtropical. In: **Proceedings of the International conference on sustainable sanitation: Food and water security for Latin America**. Fortaleza, Brazil. 2007.

POÇAS. C. D. Utilização da tecnologia de wetlands para tratamento terciário: controle de nutrientes. 2015. 109f. **Dissertação** (Mestrado em Ciências) Universidade de São Paulo. São Paulo, 2015.

RAN, N.; AGAMI, M.; ORON, G. A pilot study of constructed wetlands using duckweed (*lemna gibba* L.) for treatment of domestic primary effluent in Israel. **Water Research**, v.38, p. 2241-2248, 2004.

REBOUCAS, Alberto dos Santos et al. Contexto ambiental e aspectos tecnológicos das graxarias no Brasil para a inserção do pequeno produtor na indústria da carne. **R. Bras. Zootec.** [online]. 2010.

SALATI, E. Utilização de sistemas de Wetlands Construídos para Tratamento de Águas – **Relatório Técnico para o programa de Pós-Graduação em Ciências da Engenharia Ambiental da EESC**. São Carlos, 36 p, 2006.

SALATI, E. Controle de Qualidade de Água através de Sistemas de Wetlands Construídos. 2019. Disponível em: [http://www.fbds.org.br/Apresentacoes/Controle\\_Qualid\\_Agua\\_Wetlands\\_ES\\_out06](http://www.fbds.org.br/Apresentacoes/Controle_Qualid_Agua_Wetlands_ES_out06) Acesso em 22 de Abril de 2019

SANCHEZ, A. A. Desempenho de sistema piloto de alagados construídos de fluxo subsuperficial horizontal no tratamento secundário de efluente sanitário. 2017. 148f. **Dissertação de mestrado**. Universidade Federal do ABC, 2017.

SAKAMOTO, M.I.; MURAKAMI, A.E.; SOUZA, L.M.G.DE; FRANCO, J.R.G.; BRUNO, L.D.G.; FURLAN, A.C. Valor energético de alguns alimentos para codornas japonesas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 35, n. 3, p. 818- 821, 2006.

- SCHOENHALS, Marlise; SENA, R.F. ; JOSÉ, Humberto Jorge . Avaliação da eficiência do processo de coagulação/flotação aplicado como tratamento primário de efluentes de abatedouro de frangos. **Engenharia Ambiental (Online)**, v. 3, p. 005-024, 2006.
- SEZERINO, P. H.; PHILIPPI, L. S. Aplicação de Sistemas Tipo Wetlands no Tratamento de Águas Residuárias: Utilização de Filtros Plantados com Mácrófitas. Florianópolis, **ed. do Autor**, 2004.
- SEZERINO, P. H.; A, A. P. BENTO B, S. T. DECEZAROB, E. CARISSIMIC AND L. S. PHILIPPI). Constructed wetlands and sand filter applied as onsite post-treatment of anaerobic effluent. **Water Practice & Technology**, v.7, n.3, p.1-8, 2012.
- SIRHESC – Sistema de Informações de Recursos Hídricos do Estado de Santa Catarina. Regionalização de vazões das bacias hidrográficas estaduais do Estado de Santa Catarina. **Volume 1** – texto. 2006.
- SILVA, D. L. *Wetlands* construídos de fluxo vertical aplicados no pós-tratamento de efluente de abatedouro de ovinos e bovinos. **Trabalho de Conclusão de Curso** Universidade Federal do Pampa, Engenharia Ambiental e Sanitária, 2017.
- SILVA, G. N. et al. Matadouros públicos e saúde ambiental em Sergipe. **Saude soc.**, São Paulo, v. 21, n. 4, p. 1013-1021, Dec. 2012.
- SOELA, D. M. Tratamento de Água Residuária de Suinocultura em Sistemas Alagados Construídos Cultivados com Lírio-Do-Brejo e Helicônia-Papagaio. Instituto Federal do Espírito Santo. **Prêmio Ecologia**. 2017.
- STIEGEMEIER, Ana Mara. Avaliação do sistema de Wetland construído no polimento do efluente da indústria frigorífica de aves, 2014. **Monografia** – Centro Universitário UNIVATES, Lajeado, 2014.
- TREIN, C. M. *et al.* Tratamento descentralizado de esgotos de empreendimentos comercial e residencial empregando a ecotecnologia dos *wetlands* construídos. **Ambient. constr. [online]**. vol.15, n.4, pp.351-367. 2015.
- VON SPERLING, Marcos. Lagoas de estabilização. Belo Horizonte: Editora **UFMG**, 1996.
- VON SPERLING, M. Princípios do tratamento biológico de águas residuárias: introdução a qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. 3. ed. Belo Horizonte: UFMG, 2005.
- VON SPERLING, M. V. Introdução à qualidade da água e ao tratamento de esgoto: Princípio do tratamento biológico de águas residuárias. 4ª ed. Belo Horizonte. **Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental/UFMG**, 2014.
- ZANELLA, L.. Plantas ornamentais no pós-tratamento de efluentes sanitários: wetlandsconstruídos utilizando brita e bambu como suporte. 2008. 189p. **Tese (Doutorado)** – Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2008.

ZINATO, T. M. C.; GUIMARÃES, M. M. Estudo sobre a utilização de “*wetlands*” construídas para tratamento de águas residuárias no Brasil. **VIII Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental**. Anais. Campo Grande/MS. 2017.

ZHANG, Z.; FENG, Y.; GAO, P.; WANG, C.; REN, N. Occurrence and removal efficiencies of eight EDCs and estrogenicity in a STP. **Journal of Environmental Monitoring**, v. 13, n. 5, p. 1366-1373. 2012.