

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
ENGENHARIA AMBIENTAL**

JHONATAN ALVES DE JESUS

**DIAGNÓSTICO E PROPOSIÇÃO DE MELHORIAS NO SISTEMA DE
TRATAMENTO DE EFLUENTES DE UM ABATEDOURO E
FRIGORÍFICO DE AVES**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

MEDIANEIRA

2018

JHONATAN ALVES DE JESUS

**DIAGNÓSTICO E PROPOSIÇÃO DE MELHORIAS NO SISTEMA DE
TRATAMENTO DE EFLUENTES DE UM ABATEDOURO E
FRIGORÍFICO DE AVES**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito parcial à obtenção do título de Engenheiro Ambiental, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Orientadora: Prof.^a Dra. Juliana Bortoli Rodrigues Mees.

MEDIANEIRA

2018



TERMO DE APROVAÇÃO

DIAGNÓSTICO E PROPOSIÇÃO DE MELHORIAS NO SISTEMA DE TRATAMENTO DE EFLUENTES DE UM ABATEDOURO E FRIGORÍFICO DE AVES.

Por

JHONATAN ALVES DE JESUS

Este trabalho de Conclusão de Curso (TCC) foi apresentado às 16h00 do dia 21 de novembro de 2018 como requisito parcial para obtenção de título de Bacharel no Curso de Engenharia Ambiental, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Medianeira. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Profa. Dra. Juliana Bortoli R. Mess
UTFPR – Câmpus Medianeira
(Orientadora)

Profa. Dra. Dangelma Maria Fernandes
UTFPR – Câmpus Medianeira
(Convidada)

James Morais
Empresa
(Convidado)

Dedico esse trabalho ao meu irmão Douglas pelo apoio no começo de uma nova etapa em minha vida, a minha mãe Maria, por acreditar em mim e me acalmar nos momentos difíceis, devido a saudade e a distância, e meu pai Luiz “In Memoriam” em que sua presença significou segurança e a certeza de que não estou sozinho nessa caminhada, sempre lembrando no homem íntegro que ele foi.

AGRADECIMENTOS

À minha família, pelo total apoio, incentivo e por compreenderem minha ausência, principalmente meus pais Maria parecida Alves de Jesus e Luiz Carlos Rodrigues de Jesus pela educação que me deram me proporcionou ser quem sou.

À Professora Dra. Juliana Bortoli Rodrigues Mees por me orientar nesse trabalho, com toda paciência, dedicação e carinho que me proporcionou a realização deste trabalho na área que tanto aprecio. Manifesto aqui minha gratidão por compartilhar sua sabedoria, o seu tempo e sua experiência.

A Cooperativa Agroindustrial Lar, em especial a Gestão Ambiental da indústria pelo apoio e o fornecimento de dados e esclarecimentos de dúvidas na realização desse trabalho.

Ao corpo docente da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, UTFPR, Câmpus Medianeira do curso de Engenharia Ambiental, que foram de tamanha importância na minha vida acadêmica pelos conhecimentos técnico-científicos transmitidos

Aos grandes amigos que fiz durante esses anos na graduação, pelo auxílio, momentos de risadas e parceria, em especial a Nayara Fernandes Mendonça, amiga verdadeira, que tive o prazer de conhecer na graduação, com toda a dedicação e paciência me apoiando nos momentos difíceis que passei no decorrer desta jornada.

A minha namorada, Maria Júlia Pavesi Marçal, pelo seu apoio e companheirismo nos momentos de dificuldades. Sem o seu apoio esse TCC não seria possível.

À Deus, por guiar-me sempre,

MUITO OBRIGADO!

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Fluxograma do processo de abate de aves e fontes geradoras de efluentes	19
Figura 2 - Esquema completo do sistema de flotação por ar dissolvido (FAD)	29
Figura 3 - Sistema de Lodo Ativado	33
Figura 4 - Vista superior do sistema de tratamento de efluentes em estudo	42
Figura 5 - Sistema geral de tratamento de efluentes do abatedouro e frigorífico de aves	43
Figura 6 - Sistema de tratamento de efluentes do abatedouro de aves em estudo. .	49
Figura 7 - Efluente Bruto.	50
Figura 8 – (a) Peneira malha de 0,50 mm; (b) Peneira de malha de 0,75 mm.	51
Figura 9 - Tanque de equalização.	51
Figura 10 - Flotador Físico/ Químico.	52
Figura 11 - Tanques de aquecimento.	52
Figura 12 – Tridecanters.	53
Figura 13 - (a) Biodigestor 1; (b) Biodigestor 2.	53
Figura 14 - Lagoa Anaeróbia 1.	55
Figura 15 - Lagoa Anaeróbia 2.	55
Figura 16 - Lagoa Anaeróbia 3.	55
Figura 17 - Reator Aerado.	56
Figura 18 - Decantadores Secundários.	57
Figura 19 - Lagoa de fertirrigação 1.	57
Figura 20 - Sistema de irrigação por gotejamento.	58
Figura 21 – Sistema das lagoas anaeróbias e pontos de amostragem.	60
Figura 22 - Sistema de lodo ativado e pontos de amostragem.	65
Figura 23 - Sistema Pré-Desnitrificação	73
Figura 24 - Sistema Pós-Desnitrificação	74
Figura 25 - Processo Bardenpho.	74
Figura 26 - Sistema sugerida para o tratamento secundário.	75

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Caracterização de efluentes de abatedouro e frigoríficos de aves.....	211
Tabela 2 - Parâmetros de projeto para dimensionamento de grades Erro! Indicador não definido.	4
Tabela 3 - Dimensionamento de peneiras rotativas em relação a malha e a taxa de aplicação	244
Tabela 4 - Parâmetros de Projeto para Dimensionamento de Lagoas de Estabilização	322
Tabela 5 - Parâmetros de projetos para o dimensionamento de um sistema de lodo ativado.....	355
Tabela 6 - Eficiência de remoção nos sistemas de lodos ativados convencional e aeração prolongada	355
Tabela 7 - Parâmetros e concentrações estabelecidos pelas Resoluções CONAMA nº 430/11 e CEMA nº 070/09.....	388
Tabela 8 - Parâmetros e concentrações para lançamento de efluentes para abatedouro e frigorífico de aves estabelecidos pela portaria do IAP nº 256/2013...	388
Tabela 9 - Dados climatológicos de Matelândia - PR	45
Tabela 10 - Parâmetros físico-químicos analisados e suas respectivas metodologias	455
Tabela 11 - Pontos de amostragem e parâmetros de análises realizada em cada local	455
Tabela 12 - Características físicas dos biodigestores	53
Tabela 13 - Características físicas do Tratamento de efluentes do abatedouro e frigorífico de aves em estudo	544
Tabela 14 - Eficiência na remoção de DQO para o sistema de três lagoas anaeróbias	61
Tabela 15 - Tempos de detenção hidráulica em reatores UASB.....	633
Tabela 16 - Parâmetros na decantação	644
Tabela 17 - Velocidade na abertura do decantador	644
Tabela 18 - Eficiência na remoção de DQO para o sistema de três lagoas anaeróbias	65
Tabela 19 - Novos pontos de amostragem a serem realizados em cada local	687
Tabela 20 - Novos parâmetros de amostragem e pontos análises a serem realizados em cada local.....	688
Tabela 21 - Resultados das análises para sólidos suspensos totais em $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ em cada ponto de amostragem no ano de 2017.....	83
Tabela 22 - Resultados das análises para demanda química de oxigênio em cada (DQO) em $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ em ponto de amostragem.....	84
Tabela 23 - Resultados das análises para óleos e graxas em $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ em cada ponto de amostragem no ano de 2017.....	84

Tabela 24 - Resultados das análises para nitrogênio total em $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ em cada ponto de amostragem no ano de 2017.....	85
Tabela 25 - Resultados das análises para de nitrogênio amoniacal em $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ em cada ponto de amostragem no ano de 2017.....	85
Tabela 26 - Resultados das análises para sólidos suspensos fixos em $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ em cada ponto de amostragem no ano de 2017.....	86
Tabela 27 - Resultados das análises para sólidos suspensos voláteis em $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ em cada ponto de amostragem no ano de 2017.....	86
Tabela 28 - Resultados das análises para demanda bioquímica de oxigênio (DBO) em $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ em cada ponto de amostragem no ano de 2017.....	87
Tabela 29 - Resultados das análises para fósforo total em $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ em cada ponto de amostragem no ano de 2017.....	87
Tabela 30 - Resultados das análises para pH em cada ponto de amostragem no ano de 2017.....	88

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Etapas do processo produtivo em um abatedouro e frigorifico de aves .18

RESUMO

JESUS, Jhonatan Alves. **Diagnóstico e proposição de melhorias no sistema de tratamento de efluentes de um abatedouro e frigorífico de aves.** 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Ambiental) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Medianeira, 2018.

Dentre os diversos ramos da agroindústria brasileira, um dos destaques é o setor de abate e industrialização da carne de aves, ao decorrer do seu processo produtivo, podem ser gerados vários aspectos ambientais, sendo os efluentes líquidos industriais, um dos maiores e mais sérios causadores de contaminação ao meio ambiente, onde os mesmos apresentam altos valores de matéria orgânica e nutrientes, o que requer investimentos consideráveis nos sistemas de tratamento para atender os padrões de lançamento. O presente estudo tem como objetivo caracterizar uma planta de efluentes de um abatedouro e frigorífico de aves do oeste do Paraná, buscando avaliar sua eficiência e elaborar um prognóstico, visando à remoção de poluentes. A partir do diagnóstico detalhado, realizado através do levantamento e análise dos dados com base nos parâmetros de projeto estrutural, bem como, das informações coletadas “*in loco*” e fornecidas pela empresa. Após a avaliação do sistema foi identificado que o sistema das três lagoas anaeróbias no tratamento secundário, apresentaram um baixo tempo de detenção hidráulico de aproximadamente um dia para cada lagoa e uma remoção de Demanda Química de Oxigênio (DQO) de 23,72 %, o que ocasiona em um tempo insuficiente para a sedimentação dos sólidos e dificuldade para a degradação dos microrganismos anaeróbios. Além disso, em relação ao sistema de lodos ativados, apresentam baixas taxas de conversão de nitrogênio, havendo a necessidade de realizar o processo de desnitrificação. Portanto, com a avaliação do sistema, foi proposto a alteração das lagoas anaeróbias por um reator anaeróbio UASB, implementação de reatores anóxicos e aerados para a formação processo Pós-Desnitrificação. Além de acrescentar pontos de amostragem e parâmetros físico-químicos avaliados em todos os níveis de tratamento com o propósito de ter uma avaliação mais completa do sistema de tratamento de efluentes da indústria, de modo a diminuir os riscos de impactos ambientais nos corpos receptores.

Palavras chaves: Tratamento de efluente, Remoção, Matéria Orgânica, Nitrogênio.

ABSTRACT

JESUS, Jhonatan Alves. **Diagnosis and proposition of improvements in the effluent treatment system of a poultry slaughterhouse.** 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Ambiental) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Medianeira, 2018.

Among the several branches of the Brazilian agroindustry, one of the highlights is the slaughter and industrialization of poultry meat, during the course of its production process, several environmental aspects can be generated, with industrial liquid effluents being one of the largest and most serious causes of contamination to the environment, where they present high values of organic matter and nutrients, which requires considerable investments in the treatment systems to meet the launching standards. Thus, the present study aims to characterize an effluent plant of a slaughterhouse and poultry slaughterhouse in western Paraná, seeking to evaluate its efficiency and to prepare a prognosis, aiming at the removal of pollutants. Based on the detailed diagnosis, performed through the collection and analysis of the data based on structural design parameters, as well as information collected "in loco" and provided by the company. After the evaluation of the system, it was identified that the system of the three anaerobic ponds in the secondary treatment, presented a low hydraulic detention time and an inefficient removal of Chemical Oxygen Demand, which ends up causing insufficient time for sedimentation of the solids and difficulty for the degradation of anaerobic microorganisms. In addition to that related to the activated sludge system, they present low rates of nitrogen conversion, necessitating the denitrification process. Therefore, with the detailed evaluation of the system, it was proposed the alteration of the anaerobic lagoons by an anaerobic UASB reactor, the implementation of anoxic and aerated reactors for the Bardenpho process formation or the performance of denitrification in the secondary settler. In addition to adding sampling points and physico-chemical parameters evaluated at all treatment levels in order to have a more complete evaluation of the effluent treatment system of the industry, thus reducing the risks of environmental impacts on the receiving bodies.

Keywords: effluent treatment, removal, organic matter, nitrogen

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
1.1 OBJETIVOS	16
1.1.1 OBJETIVO GERAL.....	16
1.1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	16
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	17
2.1 ABATEDOUROS E FRIGORÍFICOS DE AVES	17
2.2 PROCESSO PRODUTIVO	18
2.4 CARACTERIZAÇÃO DOS EFLUENTES DE FRIGORÍFICOS.....	21
2.5 SISTEMAS DE TRATAMENTO DE EFLUENTES DE ABATEDOURO E FRIGORÍFICO DE AVES	23
2.5.1 Tratamento Preliminar	23
2.5.2 Tratamento Primário.....	25
2.5.2.1 Coagulação/ Floculação	26
2.5.2.2 Flotação	27
2.5.3 Tratamento Secundário	30
2.5.3.1 Lagoas de estabilização	30
2.5.3.2 Lodo ativado	32
2.6 DISPOSIÇÃO FINAL.....	37
2.6.1 Corpo hídrico	37
2.6.2 Solo.....	39
3.METODOLOGIA	41
3.1 LOCAL DO ESTUDO	41
3.2 CARACTERIZAÇÃO E ANÁLISE DO ATUAL SISTEMA DE TRATAMENTO..	44
4.RESULTADOS E DISCUSSÃO	48
4.1. DIAGNÓSTICO DO SISTEMA DE TRATAMENTO EM ESTUDO.....	48
4.2 PROGNÓSTICO DO SISTEMA DE TRATAMENTO EM ESTUDO.....	58
4.2.1.Tratamento Preliminar e Primário.....	59
4.1.3 Tratamento Secundário	60
4.1.3.1 Lagoas Anaeróbias.....	60
4.1.3.2 Sistema de lodo ativado	64
4.3. PROPOSTAS DE MELHORIA DO SISTEMA DE TRATAMENTO	66
4.3.1. Parâmetros e Pontos de Amostragem.....	67
4.3.2 REMOÇÃO DE NITROGÊNIO NO TRATAMENTO SECUNDÁRIO.....	71
5 CONCLUSÃO.	76
REFERÊNCIAS	77
APÊNDICE A	83

1 INTRODUÇÃO

O agronegócio no Brasil tem uma expressiva participação na economia do país e representa aproximadamente 23,5% do Produto Interno Bruto (PIB) em 2017 (EMBRAPA, 2017). Atualmente o país se destaca mundialmente na produção agroindustrial. Dentre os diversos ramos da agroindústria, o setor de abate e industrialização da carne de aves, se destaca entre os principais, pois, o Brasil é o segundo maior produtor mundial de carne de frango. O estado do Paraná é o maior produtor do país, tendo um destaque na região Oeste do estado (IBGE, 2017).

Nos abatedouros e frigoríficos de aves ao decorrer do processo produtivo podem ser gerados vários aspectos ambientais, sendo os efluentes líquidos industriais, um dos maiores e mais sérios causadores de contaminação ao meio ambiente. As características deste efluente variam de acordo com o porte, tipos de produtos fabricados e condições operacionais da indústria.

De maneira geral, estes despejos apresentam altos valores de Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), quantidades expressivas de sólidos em suspensão, material flotável, gorduras, areia e material orgânico. De modo a evitar que essas águas residuais causem danos ao meio ambiente são empregados sistemas de tratamentos de efluentes.

Para realizar o tratamentos desses efluentes, deve-se ter uma eficiente gestão dos efluentes gerados na indústria, levando em consideração aspectos importantes, como a caracterização do efluente, condições climáticas e característica geomorfológicas da região de onde a indústria está inserida. Sendo que os principais tratamentos empregados nos abatedouros e frigoríficos de aves são tratamento preliminar, tratamento primário que envolverá processo físico/ químicos e tratamento secundários, composto por processos biológicos como, lagoas de estabilização e lodos ativados.

Desse modo, o efluente gerado deve ser adequadamente tratado, para que em seguida possa ocorrer o descarte correto, atendendo a legislação ambiental vigente e os padrões estabelecidos pelos órgãos ambientais quanto aos padrões de lançamento nos corpos hídricos e qualidade do corpo receptor, de acordo com a sua classe, condições de reuso e lançamento no solo através de infiltração e fertirrigação.

Diante disso , através das informações obtidas pela interpretação dos dados

coletados, das análises de auto monitoramento, levando em consideração os parâmetros de projeto e critérios estipulados pela literatura, este trabalho busca diagnosticar a situação atual do sistema de tratamento de efluentes de um abatedouro e frigorífico de aves localizado na região oeste do Paraná, com o objetivo propor melhorias com o propósito de otimizar o tratamento de efluentes e atender a legislação ambiental vigente.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

Diagnosticar o propor melhorias sistema do sistema de tratamento de efluentes de um abatedouro e frigorífico de aves.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Diagnosticar o atual sistema de tratamento (preliminar, primário e secundário), quanto à vazão, dimensões e eficiência, com base nos parâmetros de projeto estrutural e avaliação *in loco*;
- Caracterizar físico-quimicamente o efluente bruto, afluente e o efluente de cada unidade, operação ou processo, que compõe o sistema de tratamento;
- Elaborar o prognóstico e propor melhorias no sistema de tratamento de efluentes, visando a remoção de matéria orgânica e nitrogênio com base nos parâmetros de projeto e critérios estipulados pela literatura;

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 ABATEDOUROS E FRIGORÍFICOS DE AVES

A Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental CETESB (2014), define abatedouros como locais que realizam o abate dos animais, produzindo carcaças e vísceras comestíveis, podendo ser divididos em dois tipos: os que desossam os animais abatidos, separam sua carne, suas vísceras; e os que as industrializam, gerando seus derivados e subprodutos.

Para isso, o processamento da carne e a industrialização dos seus derivados devem ser realizados em frigoríficos ou em matadouros-frigoríficos, que segundo Decreto nº 30.691/1952 são estabelecimentos dotados de instalações completas e equipamento adequado para o abate, manipulação elaboração, preparo e conservação das espécies de açougue sob variadas formas, com aproveitamento completo, racional e perfeito de subprodutos não comestíveis; possuirá, instalações de frio industrial.

Segundo a Associação Brasileira de Proteína Animal (ABPA, 2017), em 2017, o Brasil obteve a segunda maior produção mundial de carne de frango, atrás apenas dos Estados Unidos (EUA). Os números do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) indicam que a produção brasileira chegou a 13,15 milhões de toneladas no ano de 2017, volume 1,9% superior ao de 2016 (IBGE, 2017).

Em 2017, foram abatidas 5,84 bilhões de cabeças de frango, com queda de 0,3% o que equivale a 18,54 milhões de cabeças a menos em relação a 2016, interrompendo a série de quatro anos consecutivos de crescimento do abate de frangos. A região Sul em 2017 representou cerca de 59,35% no abate nacional de aves, sendo que o estado do Paraná ocupa a liderança nacional na produção, correspondendo 31,79% da produção nacional (IBGE, 2017).

Segundo a Secretaria de Estado de Abastecimento e Agricultura do Paraná, considerando o período de janeiro a dezembro de 2017, o Paraná abateu aproximadamente 5,84 bilhões aves (SEAB, 2017), desse total, 31,3% foi proveniente da região oeste do Estado, cerca de, 1,84 bilhões de cabeças. Logo, tem-se que o abatedouro e frigorífico em estudo abateu um total de 107.388.000 aves no ano de

2017, sendo este valor equivalente a 5,83% do total da região oeste e 1,84% do estado do Paraná (EMBRAPA, 2017).

2.2 PROCESSO PRODUTIVO

O processo de abates de frango estão divididos, nas seguintes etapas: recepção dos animais, atordoamento, sangria, escaldagem, depenagem, evisceração, pré-resfriamento, resfriamento, gotejamento, embalagem, armazenamento e aproveitamento dos subprodutos (SCHATZMANN, 2009). O Quadro 1 demonstra o processo de abate de aves. E a Figura 1 ilustra por meio de um fluxograma o processo de fabricação e suas principais fontes geradoras de efluentes.

Etapas do processo	Descrição da Etapa
Recepção	As aves chegam ao abatedouro dentro de gaiolas através de caminhões.
Atordoamento	Pré choque onde as aves serão atordoadas por um choque de 70 Volts.
Sangria	Retirada do sangue da ave, seguindo para a graxaria ou para a estação de tratamento de efluentes.
Escaldagem e Depenagem	Lavagem da ave, afrouxamento e retirada das penas.
Evisceração	Retiradas das vísceras abdominais e pulmões e separação os miúdos.
Pré-resfriamento	Rebaixamento da temperatura da carcaças das aves em imersão a uma temperatura de 10 a 18°C, durante 12 minutos.
Resfriamento	Resfriamento da aves com temperatura de 2°C com adição de gelo durante 17 minutos.
Gotejamento	Remoção da água em excesso proveniente da etapa de resfriamento.
Empacotamento/ Congelamento	Sofrem todos os tipos de cortes ou segue inteiros, para serem embalados, congelados e transportados.

Quadro 1 - Etapas do processo produtivo em um abatedouro e frigorífico de aves.
Fonte: Adaptado (Matsumura, 2007); (Schatzmann, 2009); (Fernades, 2004);

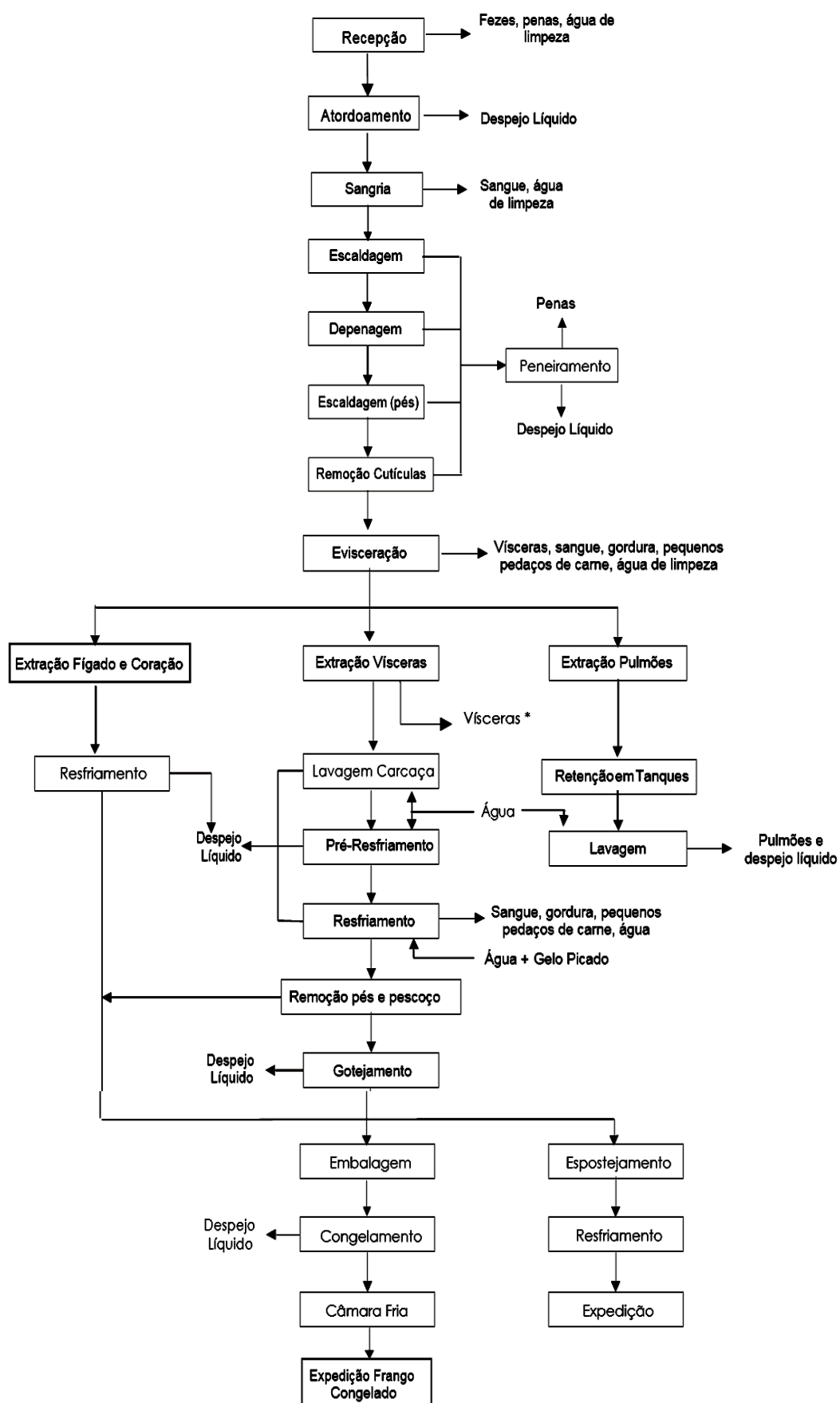


Figura 1 - Fluxograma do processo de abate de aves e fontes geradoras de efluentes
 Fonte: Adaptado Facta (1994) *apud* Matsumura (2007)

Portanto, o setor cárneo para o agronegócio é de extrema importância econômica, principalmente para a região Sul do país, exclusivamente o Paraná que tem a maior produção de aves do país. Contudo, abate e processamento da carne gera grandes quantidades de resíduos, sendo eles sólidos, líquidos e gasosos (MAPA, 2016).

2.3 GERAÇÃO DE RESÍDUOS EM ABATEDOUROS E FRIGORÍFICOS

Nos abatedouros e frigoríficos de aves há um grande geração de resíduos e um elevado consumo de água durante as etapas do processo de abate e industrialização das aves, o que contribui significativamente na geração de poluentes e efluentes líquidos, se tornando um aspecto ambiental relevante. Nesse tipo de indústria, os resíduos são constituídos basicamente por vísceras, fragmentos cárneos, sangue, fezes, urinas, penas, gorduras, ossos e águas residuais, consequentemente apresenta um grande volume de resíduos gerados (OLIVO, 2006).

Em relação ao consumo de água em um frigorífico, Santos (2003) estima que o consumo de água nos abatedouros e frigoríficos de aves varia de 18 a 22 litros por ave abatida e industrializada, o que depende do grau de automatização da empresa, o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento - (MAPA, 2016) destaca na portaria 210 que o consumo médio de água fica na faixa de 30 litros por ave abatida e industrializada para esta mesma tipologia de indústria. Agência Goiânia De Defesa Agropecuária – (AGRODEFESA, 2013) indica um consumo médio por animal abatido de 30 litros. No entanto, o volume de despejo, hoje, por ave abatida, tende a ser reduzido, podendo ser estimado em cerca 20 litros em média. Onde os efluentes líquidos gerados podem ser divididos em cinco linhas do processo produtivo (OLIVO, 2006):

- I. LINHA RECEPÇÃO: Efluente proveniente da limpeza dos caminhões, piso da recepção e gaiolas de frangos, juntamente com a água drenada dos boxes de espera com arraste de resíduos. Este efluente é constituído de partículas sólidas como areias, fezes e penas.

- II. LINHA DE PENAS: Efluente constituído de penas e cutículas, drenado da etapa de depenagem.
- III. LINHA DE VÍSCERAS: Efluente de drenagem e arraste vísceras e gorduras.
- IV. LINHA DE OSSOS: Efluente gerado no setor de pré-cozidos e empanados formado pela água gerada da drenagem e arraste de ossos.
- V. LINHA SANGUE: Efluente gerado na higienização do setor de sangria.

2.4 CARACTERIZAÇÃO DOS EFLUENTES DE FRIGORÍFICOS

No Brasil, geralmente as agroindústrias de abate e industrialização da carne de frango instaladas possuem uma grande semelhança no processo produtivo, tendo pequenas variações, em relação ao tipos de cortes da carne e seus tipos variados de produtos industrializados, que conseqüentemente refletirá em diferentes características físico-químicas do efluente bruto de uma indústria para outra (OLIVO, 2006).

De maneira geral as principais características dos efluentes do abatedouros e processamento de aves são compostos de material proteico, gorduras, penas, areia, fezes e ossos (SCHATZMANN, 2009). Porém, boa parte desses contaminantes fica retida no peneiramento, mas mesmo assim, a concentração de contaminantes ainda presente é maior do que no efluente do esgoto doméstico, quando é comparando em relação às concentrações de matéria orgânica (DBO, DQO), sólidos suspensos totais, nitrogênio e fósforo (MATSUMURA, 2007). Portanto, esse tipo de efluente é considerado com grande potencial poluente devido a sua grande capacidade de dispersão e por conter resíduos com elevada concentração de matéria orgânica (SARCINELLI; VENTURINI; SILVA, 2007).

A Tabela 1 a seguir apresenta características de efluentes de abatedouros e frigorífico de aves estudados por diferentes autores.

Tabela 1 - Caracterização de Efluentes de Abatedouro e Frigoríficos de Aves

Parâmetro (unidade)	Valor Referenciado
pH	6,0 a 7,0 ⁽¹⁾ ; 6,7 ⁽²⁾ ; 6,5 ⁽³⁾ ; 6,3 ⁽⁴⁾

Tabela 1 - Caracterização de Efluentes de Abatedouro e Frigoríficos de Aves
Conclusão.

Parâmetro (unidade)	Valor Referenciado
Sólidos Totais (mg·L⁻¹)	3.000 ⁽¹⁾ ; 2.000 ⁽²⁾ ; 1.440 ⁽³⁾
Sólidos Suspensos (mg·L⁻¹)	2.300 ⁽¹⁾ ; 340 ⁽³⁾
Sólidos Dissolvidos (mg·L⁻¹)	700 ⁽¹⁾ ; 1.100 ⁽³⁾ ; 1.530 ⁽⁴⁾
Sólidos Sedimentáveis (mL·L⁻¹·h⁻¹)	1 a 50 ⁽¹⁾ ; 150 a 200 ⁽²⁾ ; 202 ⁽⁴⁾
Óleos e Graxas (mg·L⁻¹)	500 a 1.500 ⁽¹⁾ ; 50 a 897 ⁽²⁾ ; 969 ⁽⁴⁾
Demanda Química de Oxigênio (mg·L⁻¹)	3.000 a 6.000 ⁽¹⁾ ; 710 a 4.633 ⁽²⁾ ; 1.058 ⁽³⁾ ; 9.115 ⁽⁴⁾
Demanda Bioquímica de Oxigênio (mg·L⁻¹)	1.500 a 3.500 ⁽¹⁾ ; 4.593 ⁽⁴⁾
Nitrogênio Amoniacal (mg·L⁻¹)	2 a 100 ⁽¹⁾ ; 3 a 300 ⁽²⁾
Nitrogênio Total (mg·L⁻¹)	110 a 700 ⁽²⁾ ; 147 ⁽⁴⁾
Sulfetos (mg·L⁻¹)	50 a 100 ⁽¹⁾ ;
Fósforo Total (mg·L⁻¹)	13 a 120 ⁽²⁾ ; 114 ⁽⁴⁾

Fonte: Olivo (2006)¹; Johns (1995)²; Da Silva (2005)³; Matsumura (2007)⁴.

Os efluentes gerados nos processos de abate e processamento da carne de aves possuem grande potencial poluidor, que quando destinados ao corpo receptor de maneira incorreta e sem o devido tratamento podem vir a causar danos ao meio ambiente, principalmente em relação aos materiais sólidos, matéria orgânica e nutrientes (DA SILVA, 2005).

Este efluente, quando lançado em água, pode elevar a concentração de nutrientes, principalmente em termos de nitrogênio (N) e fósforo (P) dissolvidos, ocasionando o fenômeno de eutrofização, gerando impactos ambientais a vida aquática, tais como, crescimento excessivo de algas e plantas aquáticas, mortalidade em massa de peixes, alteração de habitat e estruturas tróficas, consumo de oxigênio dissolvido e condições anaeróbias no fundo do corpo d'água ou na coluna d'água inteira (MACEDO 2010; BARÃO, 2014) .

O alto teor de matéria orgânica presente no efluente podem causar problemas, como a depleção de oxigênio, que consiste na queda no oxigênio dissolvido presente na água, devido a decomposição da matéria orgânica, que resulta na morte da biota aquática (VON SPERLING, 2007). Outra grande preocupação é a presença de microrganismos com grande potencial patogênico como a *Salmonella sp.*, *Staphylococcus sp.* e *Clostridium sp.* que podem estar presentes na carcaça do animal e contaminam o efluente, podendo ocasionar a transmissão de doenças de veiculação hídrica (SCHATZMANN, 2009).

2.5 SISTEMAS DE TRATAMENTO DE EFLUENTES DE ABATEDOURO E FRIGORÍFICO DE AVES

Os sistemas de tratamentos de efluentes têm como objetivo principal diminuir ou neutralizar os impactos ambientais gerados pelos efluentes líquidos e atender às legislações ambientais vigentes, federais, estaduais e municipais. Os sistemas de tratamento de efluentes líquidos industriais são compostos pela integração de operações unitárias físicas e processos (químicos e biológicos) organizadas, segundo VON SPERLING (1996) em níveis de tratamento preliminar, primário, secundário e terciário.

Os processos de tratamento a serem adotados, e suas formas construtivas e os materiais a serem empregados são considerados a partir dos seguintes fatores: da caracterização do efluente a ser tratado, da natureza e porte da indústria, do clima, vazão do efluente gerado, disponibilidade de área, topografia do local, tipo de solo, custos de implantação e operacionais, qualidade do efluente tratado, confiabilidade para atendimento à legislação ambiental e possibilidades de reuso de água e dos efluentes tratados na área industrial (GIORDANO, 2004; METYCALF; EDDY, 2016; JORDÃO; PESSÔA, 2017; VON SPERLING, 1996).

2.5.1 Tratamento Preliminar

A primeira etapa nos processos de tratamento de efluentes é o tratamento preliminar, que tem como objetivo remover sólidos em suspensão grosseiros (materiais de maiores dimensões), areia e gorduras. Nesse processo ocorre predominantemente operações físicas, como, gradeamento, peneiramento, desaneração e retenção grosseira de óleos e graxas (METYCALF; EDDY, 2016).

Nas operações de gradeamento, o efluente passa por um canal dotado de barras transversais ao fluxo onde ficam retidos os sólidos mais grosseiros, cujo a limpeza pode ser realizada por raspagem manual ou mecanizada (JORDÃO; PESSÔA 2017). Em frigoríficos, o sistema de gradeamento, é mais utilizado para tratamento preliminar dos efluentes provenientes da linha recepção, visto que este efluente é

constituído principalmente de fezes, areia e penas (OLIVO, 2006). Alguns parâmetros de projeto para dimensionamento de grades são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 - Parâmetros de projeto para dimensionamento de grades.

Tipo	Espaçamento entre as barras (mm)
Grosseira	40 a 100
Média	20 a 40
Pequenas (finas)	10 a 20
Ultrafinas	3 a 10

Fonte: Adaptado Jordão; Pessoa (2017); Nunes (2012).

Outro sistema, empregado para segregação de sólidos em frigoríficos de aves é o de peneiramento, cujo o objetivo principal é a remoção de sólidos grosseiros com granulometria superior a 0,25 mm. As peneiras podem ser classificadas em estáticas e rotativas e, para dimensioná-las sugere-se consultar tabelas de fabricantes, utilizando a vazão máxima do projeto, indicar o tipo de efluente e sua taxa de aplicação (NUNES, 2012) (Tabela 3).

Tabela 3 - Dimensionamento de peneiras rotativas em relação a malha e a taxa de aplicação.

Malha (mm)	Taxa de Aplicação $L \cdot m^3 \cdot (m^2 \cdot h)^{-1}$	
	Estática ou Hidrodinâmica	Rotativa
0,25	15	25
0,50	20	45
0,75	25	65
1,00	30	80
1,50	35	100

Fonte: Nunes (2012).

Em frigorífico e abatedouro de aves as peneiras são utilizados para a segregação de penas, vísceras, ossos e demais sólidos onde são separados e destinados para produção de farinhas. As malhas mais utilizadas para esse ramo é de 0,50 e 0,75 mm (OLIVO, 2006).

As caixas separadoras e gordura são unidades de tratamento preliminar com a finalidade de separar as substâncias mais leves que a água, como gorduras, graxas e óleo que podem ser removidas por separação por gravidade (remoção preliminar) ou por flotação (JORDÃO; PESSÔA, 2017). O tanque é dotado de defletores

(chicanas) sob os quais a água passa geralmente de forma contínua (METCALF; EDDY, 2016).

Os desarenadores ou caixas de areia tem como objetivo reter substâncias inertes, como areia e sólidos minerais sedimentáveis (NUNES, 2012). São empregados com a finalidade de evitar abrasão nos equipamentos e tubulações (bombas e válvulas), eliminar ou reduzir a possibilidade de obstruções e tubulações e demais unidades subsequentes do sistema e facilitar o transporte líquido (DACACH, 1991).

Os tanques de equalização têm por finalidade minimizar ou controlar as variações na vazão do efluente, homogeneizar a concentração do efluente, tornando uniformes: cor, turbidez, pH, temperatura, sólidos, DBO, DQO entre outros (LEME, 2010). O formato do tanque deverá ser, obrigatoriamente de secção quadrada, se a agitação for através de aeradores de superfície, a profundidade útil que o tanque deve ter é de 3 a 5 m (NUNES, 2012).

2.5.2 Tratamento Primário

O principal objetivo do tratamento primário é remover os sólidos em suspensão sedimentáveis do efluente, incluindo os sólidos flotáveis, decantáveis, óleos e graxas. Nessa etapa ocorrem as operações físicas, processos químicos e/ou físico – químicos, tais como, decantação, flotação, coagulação/ floculação, correção de pH e precipitação química. Sendo que as operações físicas removem sólidos sedimentáveis e uma parte da matéria orgânica e os processos químicos removem material coloidal, cor, turbidez, odor, ácidos, álcalis, metais pesados e óleos (LEME, 2010; NUNES, 2012; METCALF; EDDY, 2016; JORDÃO; PESSÔA; 2017).

Os sistemas mais utilizados para tratamento primário são os de decantação e flotação. Além da etapa de tratamento primário, estes equipamentos são utilizados nas etapas do tratamento secundário e ainda em sistemas de tratamento avançado ou terciário (SPELLMAN, 2016).

2.5.2.1 Coagulação/ Floculação

Na coagulação/floculação ocorre a redução de materiais suspensos e coloidais, responsáveis pela turbidez e poder reduzir a quantidade de matéria orgânica na qual contribui para as concentrações de DBO e DQO (NUNES, 2012).

Coagulação é o processo químico de desestabilização das partículas coloidais ou em suspensão que podem medir 0,001 a 1 μ m, por meio da redução das forças de repulsão (CRITTENDEN et al., 2005). Seu objetivo é viabilizar a colisão entre as partículas e conseqüentemente a floculação, com formação de partículas de maiores dimensões (flocos) que podem posteriormente ser removidos de forma mais eficiente em processos como a filtração, sedimentação ou flotação (METCALFY; EDDY, 2016).

Após à etapa de coagulação, ocorre o processo de floculação que é a etapa física, onde ocorre a aglomeração dos colóides descarregados até a formação de flocos que sedimentam a uma velocidade adequada (NUNES, 2012). Esse processo é favorecido pela agitação suave, que facilita o contato dos coágulos uns com os outros e evita a quebra dos flocos formados. Subseqüente aos processos de coagulação e floculação, pode ocorrer a etapa de decantação ou flotação, que tem por objetivo separar da água os flocos formados (METCALFY; EDDY, 2016).

Os reagentes utilizados no processo de coagulação são agrupados em três categorias, alcalinizantes, coagulantes e coadjuvantes (CRITTENDEN et al., 2005)

- I. Alcalinizantes: Capazes de conferir a alcalinidade necessária à coagulação.
- II. Coagulantes: Compostos orgânicos ou inorgânicos, capazes de produzir hidróxidos gelatinosos insolúveis e englobar as impurezas.
- III. Coadjuvantes: São auxiliares na coagulação, capazes de formar partículas mais densas e tornar os flocos maiores.

Coagulantes Inorgânicos: São mais empregados, no tratamento de águas e águas residuárias, são sais inorgânicos de ferro e alumínio (ex.: $Al_2(SO_4)_3$, $Fe_2(SO_4)_3$, $FeSO_4$, $FeCl_3$) (RENAULT et al., 2009). O uso de coagulantes inorgânicos terá eficiência se a água bruta contiver alcalinidade natural ou adicionada, caso contrário não ocorrerá a coagulação/floculação apresenta. Uma desvantagem na utilização desse tipo de coagulante é de que o mesmo gera grandes volumes de lodo não biodegradável devido à presença de metais, o que limita seu potencial de reciclagem. (VIEIRA et al., 2010 *apud* BOURSCHEIDT, 2014).

Coagulantes Orgânicos: São coagulantes que podem substituir o sulfato de alumínio de no tratamento por coagulação/ floculação e são de origem vegetal como, Acácia branca (*Moringa oleífera*), Quiabo (*Abelmoschus esculentus*), Mutamba (*Guazuma ulmifolia*), Cacau (*Theobroma cacao*), Acácia negra (*Acacia decurrens*), Mamona (*Ricinus communis*), Maracujá (*Passiflora sp*), entre outros (NOGUEIRA et al., 2010). No entanto os mais utilizados no tratamento de efluentes, são a base de tanino (TANFLOC®), que é um polímero orgânico catiônico de baixo peso molecular de oriundo da casca da Acácia Negra (PIANTÁ, 2008). Por ser um polímero natural ele não vai causar toxicidade para o meio ambiente e a biodegradabilidade. Além disso, o lodo gerado pode ser tratado biologicamente ou pode ser descartado com segurança como condicionadores de solo devido à sua não-toxicidade (VERMA et al., 2012 *apud* BOURSCHEIDT, 2014).

Coadjuvantes: Os materiais mais utilizados são polímeros sintéticos (polieletrólitos) (BORBA, 2011). Os polieletrólitos são substâncias químicas orgânicas de cadeia longa e alto peso molecular, e são classificados de acordo com sua carga elétrica, os carregados positivamente são chamados de catiônicos, os carregados negativamente são os aniônicos, e os que não possuem carga elétrica são os não-iônicos (MARTINS, 2014).

Os não-iônicos são geralmente utilizados com coagulantes metálicos para promoverem a ligação entre os colóides, a fim de desenvolver flocos maiores e mais resistentes. Os aniônico permitem a neutralização de cargas positivas presentes na superfície das partículas suspensas em meio aquoso, permitindo a formação de flocos maiores que serão mais facilmente separados do meio. Já os catiônicos é utilizado como coagulantes primários (BORBA, 2011). Embora o custo destes polímeros seja maior que o do sulfato, as dosagens requeridas são reduzidas, podendo igualar o custo final (LIMA, 2007).

2.5.2.2 Flotação

O processo de flotação envolve a separação de partículas sólidas da fase líquida. Essa separação é realizada com a introdução de pequenas bolhas de ar dissolvido. Durante o trajeto de subida à superfície, as bolhas de ar unem-se ao

material particulado em suspensão, resultando em uma força de empuxo relativamente grande para a subida das partículas para a superfície (LEME, 2010).

Segundo Eckenfelder (2000); Ramalho (1996), a flotação nos sistemas de tratamento de efluentes tem-se as seguintes aplicações: separação de sólidos em suspensão e outros sólidos de baixa densidade; separação óleos e graxas e, fibras; espessamento de lodos (biológicos); espessamento de lodos quimicamente floculados, entre outras.

Em efluentes industriais, o uso da flotação tem como objetivo: a remoção de gorduras, sólidos suspensos totais, particulados grosseiro, (DBO insolúvel), fibras, nutrientes (NH_3 e P), algas, cor, turbidez, metais precipitáveis, óleos emulsionados ou não, microrganismos compostos orgânicos e macromoléculas, além de proporcionar o reuso ou reaproveitamento da água no processo (MATIOLO; RUBIO, 2003).

A flotação nesse tipo de efluentes, podem ser, flotação mecânica, flotação por ar induzido (FAI), flotação por ar dissolvido (FAD) e por eletroflotação (METYCALF; EDDY, 2016). Na flotação por ar dissolvido (FAD), as bolhas são produzidas pela supersaturação do líquido (água/efluente), com o ar, podendo ser efetuada a vácuo ou por pressurização (NUNES, 2012).

A vácuo, o líquido é saturado com ar, à pressão atmosférica e, em seguida, é aplicado vácuo ao líquido, quando são formadas as bolhas de ar (ECKENFELDER, 2000). Sob pressão, o ar é dissolvido no líquido sob condições pressurizadas de 50 a 70 lb.in^{-2} ou 3,4 a 4,8 atm, seguido por descompressão para a pressão atmosférica, ocorrendo assim a formação de bolhas muito finas (microbolhas), de 40 a 70 μm , que ascendem à superfície do tanque, conduzindo consigo a matéria em suspensão ou gorduras (ECKENFELDER, 2000). Ramalho (1996); Nunes (2012) recomendam uma pressão de funcionamento para processo de pressurização, de 2 a 4 atm.

Na flotação por ar dissolvido possuem diversos fatores que interferem na formação destes agregados como os produtos químicos empregados (coagulação/ floculação/ flotação), a hidrofobicidade (aversão à água) da partícula que está relacionada à tendência que o material em suspensão tem em se aderir às bolhas de ar, além do tamanho das microbolhas, onde Eckenfelder (2000) relata que o tamanho ideal das microbolhas seja de 40 a 70 μm . Já Matiolo; Rubio (2003) indicam que os tamanhos podem ser de 30 a 100 μm .

No entanto o tamanho das microbolhas podem variar de 10 a 100 μm , porém o tamanho desejável das mesmas deve ser de aproximadamente 50 μm (RUBIO et al,

2001). O tempo de detenção no tanque deve variar de 10 a 30 minutos (NUNES, 2012).

Os flotadores para tratamento de efluentes é um sistema modular de flotação física e/ou química, especialmente projetados para efetuar a remoção de óleos e graxas, sólidos suspensos totais e cargas orgânicas Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) e Demanda Bioquímica de Oxigênio (DQO) em sistemas primários de tratamento de efluentes industriais (METYCALF; EDDY, 2016) (Figura 2).

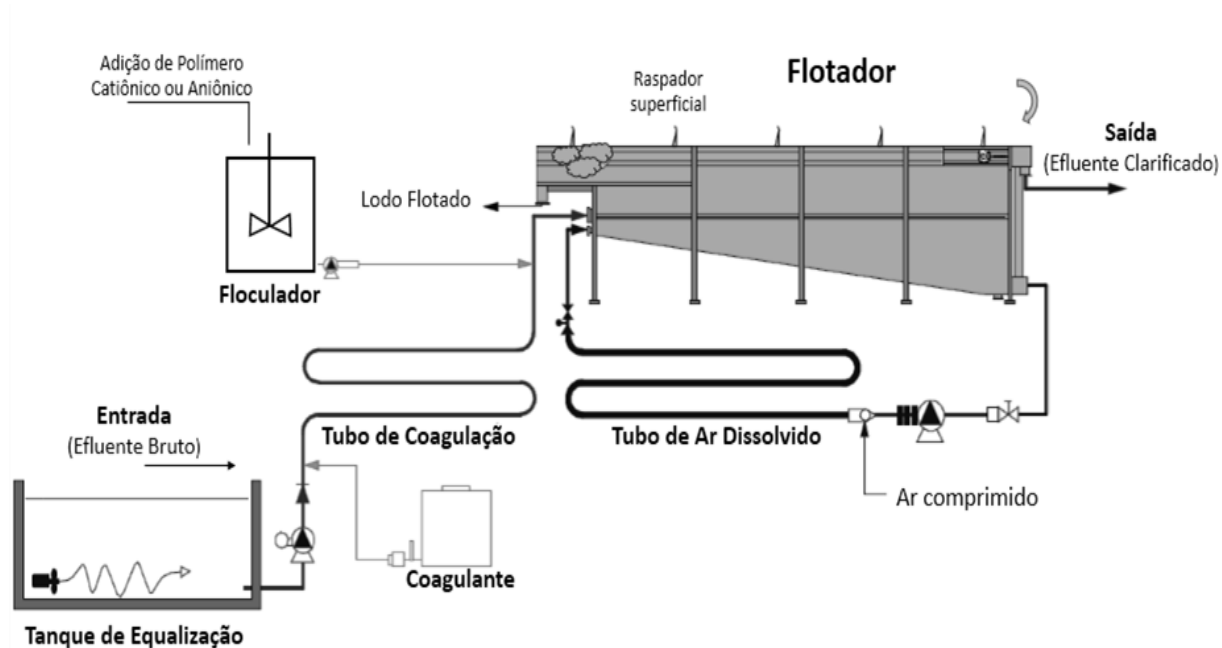


Figura 2 - Esquema completo do sistema de flotação por ar dissolvido (FAD)
 Fonte: Adaptado Springmann (2009) apud Schatzmann (2009).

O efluente ao entrar no flotador para tratamento, após receber o tratamento químico (coagulante e floclante), irá encher o tanque até o nível em que possa haver a recirculação de parte do efluente para a bomba de microbolhas. Ao desviar parte do efluente, a bomba faz sucção do ar atmosférico, ocorrendo a mistura do ar no efluente e posterior a pressurização. Onde, a água é clarificada devido à suspensão das partículas sólidas ou oleosas com o uso de microbolhas até a superfície do tanque, onde o lodo é removido por raspadores superficiais contínuos (METYCALF; EDDY, 2016; NUNES, 2012; RUBIO et al, 2001).

2.5.3 Tratamento Secundário

No tratamento secundário, onde predominam mecanismos biológicos, o objetivo é principalmente remover matéria orgânica carbonácea e nutrientes como nitrogênio e fósforo e organismos patogênicos (CAVALCANTI, 2012). Além de proporcionar sob determinadas condições a nitrificação, que é a oxidação de nitrogênio amoniacal em nitrito e nitrato, e a desnitrificação que a conversão dos nitratos em nitrogênio (N), podendo ter uma remoção parcial ou total do fósforo, e determinados compostos orgânicos de natureza tóxica (poluentes prioritários) ou persistentes (JORDÃO; PESSÔA; 2017).

Os processos biológicos mais utilizados para o tratamento de efluentes em abatedouros e frigoríficos de aves, são sistemas de lagoa de estabilização, lodos ativados e reatores anaeróbicos (DEL NERY, 2006). Entretanto, a aeração requer um consumo elevado de energia, o que encarece a operação do sistema, além da grande produção de lodo. Um sistema com digestão anaeróbia pode trazer um consumo baixo de energia, menor geração de lodo (NUNES, 2014).

Na indústria de abate e industrialização de aves, a configuração de um sistema que utilize flotação por ar dissolvido seguido de um reator anaeróbio de fluxo ascendente pode remover mais de 90% da matéria orgânica do efluente produzido (FUSHS et al., 2003 *apud* DEL NERY, 2006).

2.5.3.1 Lagoas de estabilização

Os sistemas de lagoas de estabilização constituem-se na forma mais simples de tratamento de efluentes, podendo haver variantes dos sistemas de lagoas de estabilização, com diferentes níveis de simplicidade operacional e requisito de área. São indicadas para regiões de clima quente e países em desenvolvimento devido ao suficiente disponibilidade de área em um grande número de localidades, operação simplificada, necessidade de poucos ou nenhum equipamento e clima favorável, com temperatura e insolação elevadas (VON SPERLING, 2017).

Lagoa facultativa: Seu funcionamento é por meio da ação de algas e bactérias sob a influência da luz solar (fotossíntese), onde a matéria orgânica contida nos despejos é estabilizada, parte transforma-se em matéria mais estável na forma de células de algas e parte em produtos inorgânicos finais que saem com efluente (MENDONÇA, 1990). São lagoas que consiste em basicamente na retenção do efluente por um longo período de tempo até ser suficiente para que os processos de estabilização da matéria orgânica realizada por bactérias dispersas no meio líquido, começam a se desenvolver no sistema (CAVALCANTI, 2012).

Lagoa anaeróbia: Tem a finalidade de oxidar compostos orgânicos complexos antes do tratamento com lagoas facultativas ou aeradas (NUNES, 2014). Segundo Von Sperlling (2017) o tratamento ocorre em duas etapas, na primeira, as moléculas da matéria orgânica são quebradas e transformadas em estruturas mais simples, já na segunda, a matéria orgânica é convertida em metano, gás carbônico e água. São lagoas usualmente mais profundas e com um menor volume, o que acaba reduzindo a possibilidade da penetração de oxigênio produzido na superfície (CAVALCANTI, 2012). Tal processo é realizado através da remoção da matéria orgânica por microrganismos anaeróbios. Esse processo remove em torno de 50 a 70% da DBO presente, podendo atingir até 80% quando bem operada (JORDÃO; PESSÔA; 2017).

Lagoa aerada de mistura completa: Processo predominantemente aeróbio, onde há a inserção de oxigênio dissolvido fornecido por aeradores mecânicos, onde os mesmos servem para garantir oxigênio no meio e manter os sólidos separados do líquido, para que ocorra a degradação da matéria orgânica por parte dos microrganismos (VON SPERLLING, 2017).

Lagoa de maturação: Ocorre a remoção de organismos patogênicos, através da radiação ultravioleta, alto pH e Oxigênio Dissolvido (OD), temperatura mais baixa que a do corpo humano, falta de nutrientes e predação por outros organismos. Onde nesse processo constitui um pós-tratamento que objetivam a remoção da DBO (NUNES, 2014). Constituem um pós-tratamento aos sistemas de remoção de carga orgânica, com alta eficiência de remoção de coliformes (MENDONÇA, 1990). São vários os parâmetros de projeto para o dimensionamento deste sistema (Tabela 4).

Tabela 4 - Parâmetros de Projeto para Dimensionamento de Lagoas de Estabilização

Parâmetros de projeto	Lagoas facultativas	Lagoas anaeróbias	Lagoas aeradas	Lagoa de maturação
Tempo de detenção (dias)	15 – 45 ^{1,2,5} 30 – 180 ³	3 - 6 ¹ 2 – 5 ²	2 – 4 ¹ 2 – 10 ^{2,5}	12 ¹ 3 – 7 ² 5 – 7 ^{4,6}
Taxa de aplicação (kg DBO ₅ (m ³ .d) ⁻¹)	-	0,10 – 0,35 ¹ 0,10 - 0,30 ⁶	-	-
Profundidade (m)	1,5 a 2,0 ¹ 1,0 a 3,0 ² 0,9 a 2,4 ³ 0,9 a 1,8 ⁵ 1,0 a 2,0 ⁶	3,0 a 5,0 ^{1,6} 3,0 a 4,5 ² 2,4 a 5,2 ⁵	2,5 a 4,0 ¹ 3 a 4 ² 2,4 a 4,9 ⁵	0,8 a 1,2 ¹ 1,0 a 1,5 ⁶
Relação comprimento e largura (L/B)	2 a 4 ¹	1 a 3 ¹ 2 a 3 ²	1 a 2 ¹	-
Remoção de lodo	>20 anos ^{1,5}	≈ 10 anos ²	-	-
Eficiência de Remoção de DBO (%)	75 – 85 ^{1,6} 75 – 95 ³ 70 – 90 ⁴	75 – 85 ¹ 65 - 80 ² 59 ⁵ 70 – 90 ⁶	75 – 85 ¹ 90 a 95 ² 80 ⁵ 70 – 90 ⁶	-

Fonte: Von Sperling (2017)¹; Jordão; Pessoa (2017)²; Lora (2001)³; Mendonça (1990)⁴; Eckenfelder (2000)⁵; Nunes (2014)⁶.

2.5.3.2 Lodo ativado

O sistema de lodos ativados é muito utilizado tanto para tratamento de despejos domésticos como industriais em situações em que há uma necessidade de elevada qualidade do efluente e reduzidos requisitos de área. No entanto, o sistema de lodos

ativados necessita de um maior índice de mecanização que os demais processos do sistema de tratamento, implicando em um sistema mais aprimorado, que conseqüentemente acaba tendo um maior consumo de energia elétrica (VON SPERLING, 1997).

O sistema de lodos ativados, esquematizado na Figura 3, é composto de tanque de aeração, tanque de decantação (decantador secundário) e o sistema de recirculação de lodo.

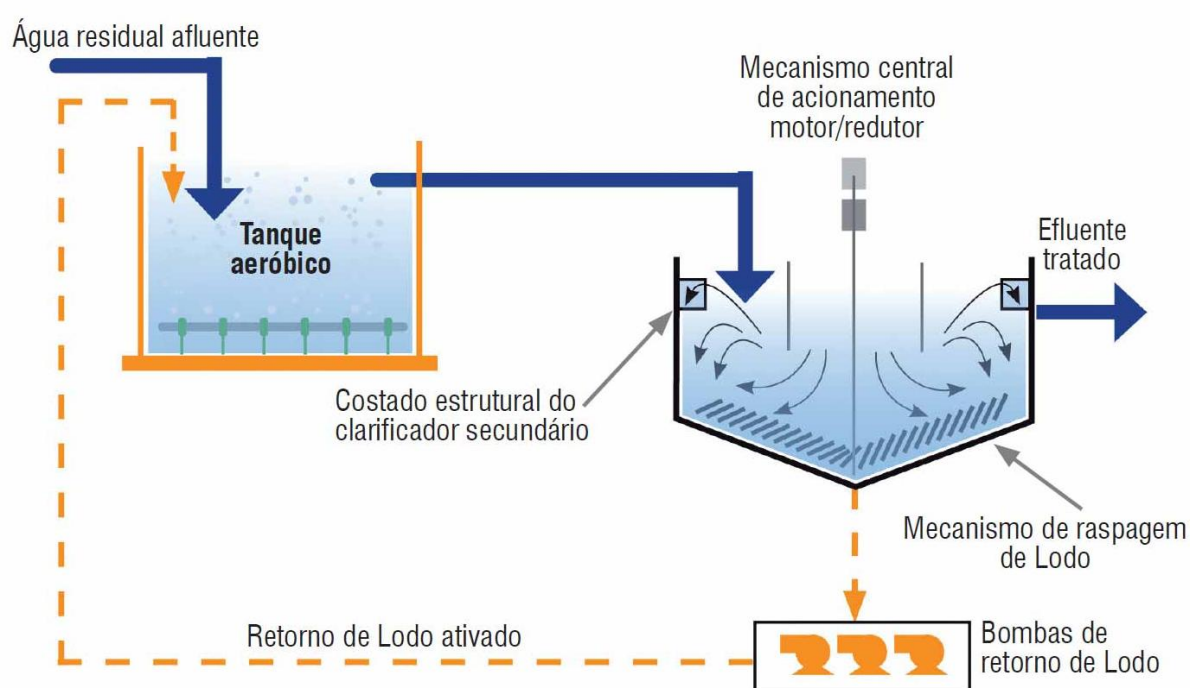


Figura 3 - Sistema de Lodo Ativado
 Fonte: Química (2018).

O tanque de aeração é o reator onde ocorrem as reações bioquímicas de estabilização da matéria orgânica sobre condições de alta taxa de aeração, garantida por sistemas de aeração mecânico ou de injeção de ar por difusores (METCALF; EDDY, 2016). A biomassa formada, agrupada na forma de flocos ativos, é separada da fase líquida no decantador secundário. Esta fase líquida segue para a próxima etapa de tratamento, quando existente, ou para o lançamento no corpo receptor. A fase sólida, por conter microrganismos ainda ativos, é recirculada para o tanque de aeração (CAVALCANTI 2012; VON SPERLING, 1997).

Este sistema permite um baixo tempo de detenção da fase líquida e um alto tempo de detenção dos sólidos ativos, permitindo alta eficiência de remoção de matéria orgânica. O tempo de permanência dos sólidos no sistema é chamado de idade do lodo (JORDÃO; PESSÔA, 2017). Este parâmetro deve ser diariamente controlado na operação do sistema para evitar o acúmulo excessivo de lodo. O controle da idade do lodo é realizado através do descarte de lodo excedente, que deve receber tratamento adicional até disposição final adequada (VON SPERLING, 1997).

As variantes do processo de lodo ativado, dependerá das características do efluente e a qualidade final que se deseja alcançar, sendo que os processos mais utilizados são os de lodos ativados convencional e os de aeração prolongada (JORDÃO; PESSÔA, 2016).

O sistema de lodo ativado convencional é composto por reator e decantadores primários e secundários. Este tipo de sistema requer um decantador primário para que a matéria orgânica em suspensão sedimentável seja retirada antes do tanque de aeração, gerando assim uma economia de energia (VON SPERLING, 1997). O tempo de detenção hidráulico é baixo, da ordem de 6 a 8 horas e a idade do lodo em torno de 4 a 10 dias. Dessa forma com o lodo retirado ainda jovem faz com que ele possua uma grande quantidade de Matéria orgânica em suas células, fazendo com que haja a necessidade de uma etapa de estabilização do lodo (NUNES, 2014).

Entretanto, no lodo ativado por aeração prolongada, o que difere do sistema convencional é que a biomassa permanece mais tempo no reator de 18 a 30 dias, porém continua recebendo a mesma carga de DBO (NUNES, 2014). Dessa forma o reator deve possuir tanques de aeração maiores que conseqüentemente existirá menor DBO disponível para as bactérias, o que faz com que elas consumam da matéria orgânica existentes em seu material celular para a sua manutenção (VON SPERLING, 1997). Em contrapartida, o lodo excedente retirado já sai estabilizado resultando em um maior consumo de energia elétrica. Porém, este é um sistema de maior eficiência de remoção de DBO dentre os demais sistemas de lodo ativado (CAVALCANTI (2012).

As principais características dos sistemas de lodos ativados de acordo com sua modalidade é apresentada na Tabela 5.

Tabela 5 - Parâmetros de projetos para o dimensionamento de um sistema de lodo ativado.

Parâmetros	Modalidade de lodo ativado	
	Convencional	Aeração Prolongada
Tempo de Detenção (h)	4 – 8 ^{1,2,4}	18 – 36 ¹
	6 – 8 ^{3,5}	16 – 24 ^{3,5}
		16 – 36 ²
		20 – 30 ⁴
Idade do Lodo (θ_c) (dias)	5 – 15 ¹	20 – 30 ^{1,2}
	4 – 15 ²	18 – 30 ^{3,5}
	4 – 10 ^{3,5}	20 – 40 ⁴
	3 – 15 ⁴	
Sólidos Suspensos Totais SST (mg·L ⁻¹)	1.200 - 3.000 ¹	1.500 – 5.000 ¹
	1.500 - 4.000 ²	2.500 – 4.000 ³
	1.500 – 3.500 ³	3.000 – 6.000 ²
	1.000 – 3.000 ⁴	3.500 – 5.000 ⁵
	2000 – 4000 ⁵	2.000 – 4.000 ⁴
Fator de carga A/M (kg DBO/ kg SSV·dia)	0,2 - 0,4 ^{1,4}	0,05 – 0,15 ^{1,2}
	0,06 - 1,10 ²	0,08 – 0,15 ^{3,5}
	0,3 – 0,8 ^{3,5}	0,04 – 0,1 ⁴
Eficiência de Remoção de DBO (%)	>90 ¹	90 – 95 ²
	85 – 95 ²	93 – 98 ³
	85 – 93 ^{3,5}	95 – 98 ⁵

Fonte: Cavalcanti (2012)¹; Jordão; Pessoa (2017)²; Von Sperling (1997)³; Metcalf; Eddy (2016)⁴; Nunes (2014)⁵.

Além dos parâmetros de projetos para o dimensionamento de um sistema de lodo ativado, Von Sperling (1997), apresenta a eficiência de remoção dos parâmetros presente em um sistema de lodos ativados (Tabela 6).

Tabela 6 - Eficiência de remoção nos sistemas de lodos ativados convencional e aeração prolongada.

Eficiência de Remoção (%)	Lodos ativados	
	Convencional	Aeração Prolongada
Demanda Bioquímica de Oxigênio	85 - 93	93 - 98
Demanda Química de Oxigênio	85 - 90	90 - 95
Sólidos em suspensão	85 - 95	85 - 95
Nitrogênio	30 - 40	15 - 30
Fósforo	30 - 45	10 - 20
Coliformes	60 - 90	65 - 90

Fonte: Von Sperling (1997).

De acordo com Jordão; Pessoa (2017), os sistemas de aeração mais convencionais e mais usual no processo de lodos ativados são sistemas que introduzam ar. Tais sistemas convencionais de aeração podem ser classificados segundo a forma pela qual o ar é introduzido no tanque de aeração, sendo normalmente por meio de difusores.

No sistema de ar difuso, utiliza-se difusores que são dispositivos que introduzem ar no tanque de aeração, esse sistema quando instalado no fundo do tanque sofre uma série de forças e esforços causados, pelo turbilhonamento e movimentação do efluente em razão da difusão proveniente da difusão de ar, o que proporciona, máxima eficiência, baixo consumo energético e uma homogeneização correta (JORDÃO; PESSÔA (2017). Onde podem classificar-se de acordo com o sistema de montagem, podendo ser fixos ou removíveis (DI BERNARDO; SABOAGAL PAZ, 2008).

Os sistema de aeração fixos é utilizado em diversos tipos de difusores de ar, possibilitando a implantação em maior densidade dos difusores (DI BERNARDO, 2008). Esse conceito permite a utilização de vazões unitárias por difusor, desta forma, é possível a obtenção de menores coeficientes de vazão de ar, que resultam em maiores índices de transferência de oxigênio e sua limpeza só é possível com o esvaziamento do tanque (VON SPERLING, 1997).

Já os sistema de aeração removível :é empregado com tipo de bolhas fina ou grossa, apresentando a possibilidade de criação de zonas anóxicas para o processo de nitrificação e desnitrificação. Para instalação ou manutenção do sistema basta emergir do tanque a estrutura sobre qual o sistema está montado

Além disso, Von Sperlling (1997) afirma que os sistemas de aeração podem ser classificados de acordo com o material de fabricação e tipo de bolhas, podendo ser:

- Difusores porosos cerâmicos: construídos de dióxido de silicone ou óxido de alumínio em grãos mantidos unidos por uma massa porosa por aglutinamentos cerâmicos onde desprendem bolhas finas.
- Difusores porosos não cerâmicos: discos e tubos de revestimento flexível porosos onde desprendem bolhas finas ou médias
- Difusores não porosos: bocais que permitem o desprendimento do ar por bolhas grandes ou médias.

Portanto, para avaliar qual o processo a ser instalado, deve-se levar em consideração alguns aspectos dos sistemas de lodos ativados, tais como, idade do lodo, tipo de aeração, condições climáticas da região e qualidade final do efluente

(JORDÃO; PESSÔA, 2017; VON SPERLING, 1997; METCALF; EDDY, 2016; NUNES, 2014).

2.6 DISPOSIÇÃO FINAL

Após a utilização da água nas diversas etapas do processo industrial e conseqüentemente na conversão em efluente, sua disposição final deve ser ambientalmente adequada segundo as normas e regulamentações estabelecidas tanto pelos órgãos ambientais federais, estaduais e municipais. Sendo que tais despejos podem ser destinados diretamente (corpo hídrico) ou indiretamente (solo) (VON SPERLING, 1996).

2.6.1 Corpo hídrico

As indústrias, de maneira geral, lançam seus efluentes, sendo eles tratados ou não, em corpos hídricos. Porém, os efluentes de qualquer fonte poluidora somente poderão ser lançados, direta ou indiretamente, nos corpos d'água desde que atendam às condições e padrões estabelecidos pelo órgão ambiental (CONAMA, 2011).

Os padrões de lançamento dos efluentes industriais no Paraná obedecem aos limites estipulados, no âmbito federal, pela Resolução CONAMA nº 430/2011 que alterou alguns incisos da resolução CONAMA nº 357/2005, que dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes (BRASIL, 2005).

No âmbito estadual, as indústrias do Paraná seguem os limites de lançamento de efluentes apresentados pela Resolução CEMA nº 070/2009 (PARANÁ, 2009), onde, dispõem sobre as condições de lançamento e os limites que cada composto em efluentes de diferentes industriais deve obedecer para que haja sua disposição final em um corpo receptor, podendo ser observado na Tabela 7.

Tabela 7 - Parâmetros e concentrações estabelecidos pelas Resoluções CONAMA n° 430/11 e CEMA n° 070/09.

Parâmetros	Resolução CONAMA n° 430/2011	Resolução CEMA n° 070/2009
DBO	Redução mínima de 60%	60 mg·L ⁻¹
Material Sedimentável	Até 1 mL·L ⁻¹ ·h ⁻¹	Até 1 mL·L ⁻¹ ·h ⁻¹
pH	5 a 9	5 a 9
Nitrogênio Amoniacal	20,0 mg·L ⁻¹	20,0 mg·L ⁻¹
Óleos e Graxas	Até 50 mg·L ⁻¹	Até 50 mg·L ⁻¹
Materiais Flutuantes	Ausente	Ausente
Temperatura	Inferior a 40°C	Inferior a 40°C

Fonte: Adaptado CONAMA (2011); CEMA (2009).

Para as indústrias de frigoríficos e abate de aves, os parâmetros mais importantes são a carga orgânica, DQO, DBO, pH, temperatura, materiais sedimentáveis, óleos e graxas e nitrogênio amoniacal (OLIVO, 2006). A portaria do IAP n° 256/2013, estabelece parâmetros de lançamento de efluentes líquidos para o mesmo ramo de indústria (Tabela 8).

Tabela 8 - Parâmetros e concentrações para lançamento de efluentes para abatedouro e frigorífico de aves estabelecidos pela portaria do IAP n° 256/2013.

Parâmetros	Portaria do IAP n° 256/2013
DBO	Até 50 mg·L ⁻¹
DQO	Até 150 mg·L ⁻¹
Material Sedimentável	Até 1 mL·L ⁻¹ ·h ⁻¹
pH	5 a 9
Nitrogênio Amoniacal Total	20,0 mg·L ⁻¹
Óleos e Graxas	Até 50 mg·L ⁻¹
Materiais Flutuantes	Ausente
Temperatura	Inferior a 40°C
Cobre	1 mg·L ⁻¹
Zinco	5 mg·L ⁻¹
Regime de Lançamento	Vazão máxima de até 1,5 vezes da vazão média do período de atividade diária

Fonte: Adaptado IAP (2013).

Além de cumprir e estabelecer e exigências para a apresentação da declaração de carga poluidora, através do sistema de auto monitoramento de atividades poluidoras no Paraná.

2.6.2 Solo

A disposição no solo é definida como aplicação planejada e controlada de um resíduo determinado sobre a superfície do solo, a fim de se alcançar um grau específico de tratamento por meio de processos físicos, químicos e biológicos que ocorrem naturalmente no sistema água/solo/planta (METCALF; EDDY, 1991).

Segundo (Coraucchi Filho et al. (2003), a aplicação de águas residuárias no solo consiste não apenas da utilização do efluente como um recurso de água e nutrientes, mas também como uma ótima forma de tratamento. Os efluentes podem ser aplicados diretamente solo descoberto ou vegetado, para que possa ocorrer uma depuração mais eficiente, através dos processos de irrigação, infiltração/percolação e escoamento superficial. (VON SPERLING, 1996).

Infiltração: Esse processo é similar aos filtros intermitentes de areia, onde a maior porção do efluente infiltra-se no solo. A aplicação é feita de forma intermitente, de modo a permitir um período de descanso para o solo, no qual ele seca e restabelece as condições aeróbias. Este método é aplicado a solos arenosos com alta permeabilidade devendo a profundidade do lençol freático estar, no mínimo 1,5 m, e para maior segurança profundidades maiores de 4,5m (VON SPERLING, 1996).

Escoamento Superficial: É um processo de tratamento no qual o efluente é filtrado e estabilizado, onde uma parte do efluente é evaporado e a outra se infiltra no solo, e o restante é coletado em canais situados na parte inferior do terreno. Esse método é recomendável para os terrenos que apresentam baixa permeabilidade, ou para solos com maior porosidade (COURACCI FILHO et al., 2003).

Irrigação: A irrigação é o sistema de disposição no solo mais utilizado, sendo o efluente aplicado por aspersão, irrigação localizada ou por superfície, com taxas em torno de 30 a 50 m³·ha⁻¹·d⁻¹ para áreas de cultivo agrícola e acima de 150 m³·ha⁻¹·d⁻¹ para áreas gramadas (METCALF; EDDY, 2016).

Consiste na aplicação do efluente sobre uma área com vegetação, com a finalidade de fornecer água e nutrientes para o crescimento das plantas, onde boa parte do efluente é absorvida pelas plantas e transpiradas para atmosfera, e parte é percolado podendo atingir o lençol freático. Este método é aplicado aos solos com permeabilidade de moderada lenta para moderada rápida e a profundidade do lençol

freático deve estar no mínimo a 0,6 m da superfície, para que não ocorra sua contaminação (VON SPERLING, 1996).

3. METODOLOGIA

3.1 LOCAL DO ESTUDO

O abatedouro e frigorífico em estudo está localizado na região oeste do estado do Paraná, à latitude sul 25°17'40" e longitude oeste 25°17'40", sendo que o clima da região é o subtropical úmido, e as temperaturas máxima e mínima mensais e o índice de precipitação da região foram obtidos a partir de dados da série histórica de cada mês (Tabela 9).

Tabela 9 - Dados Climatológicos de Matelândia - PR

	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
*Mínima (°C)	21	21	21	19	14	14	13	15	16	19	20	21
*Máxima (°C)	31	31	30	28	22	22	24	25	26	29	30	31
*Precipitação (mm)	167	170	129	149	195	146	106	107	150	219	169	164

Fonte: Climatempo (2018).

Notas:

*Médias climatológicas calculados a partir de uma série histórica de 30 anos

A indústria recebe diariamente aproximadamente 342 mil aves, que são encaminhadas para o abate, processamento e industrialização da carne. Os principais produtos gerados são empanados, salsichas, linguiças e cortes de frango.

Em média são utilizados 26 litros de água por ave abatida e industrializada, totalizando cerca de 375 m³·h⁻¹ de efluente gerado pela indústria, nos quais o mesmo é totalmente tratado em uma estação de tratamento de efluentes da própria indústria (Figura 4).



Figura 4 - Vista superior do sistema de tratamento de efluentes em estudo

Fonte: Google Earth (2018).

Notas:

- A – tratamento preliminar e primário: peneiras rotativas, tanque de equalização e flotor (FAD)
- B – biodigestor 1
- C – biodigestor 2
- D – lagoa anaeróbia 1
- E – lagoa anaeróbia 2
- F – lagoa anaeróbia 3
- G – reator aerado
- H – decantadores secundários
- I – lagoa de fertirrigação 1
- J – lagoa de fertirrigação 2
- K – lagoa de fertirrigação 3 (retenção de lodo)
- L – lagoa de fertirrigação 4

O efluente líquido gerado na planta industrial (interna e externa) é segregado em três linhas, sendo estas: a linha composta pelo efluente bruto industrial, pelo efluente gerado devido a separação das penas, e por fim pelos efluentes advindo do esgoto doméstico como lavagem de caminhões, refeitório, efluente dos aerocondensadores. Ambas, visualizadas na Figura 5, são destinadas ao sistemas de tratamento de efluentes.

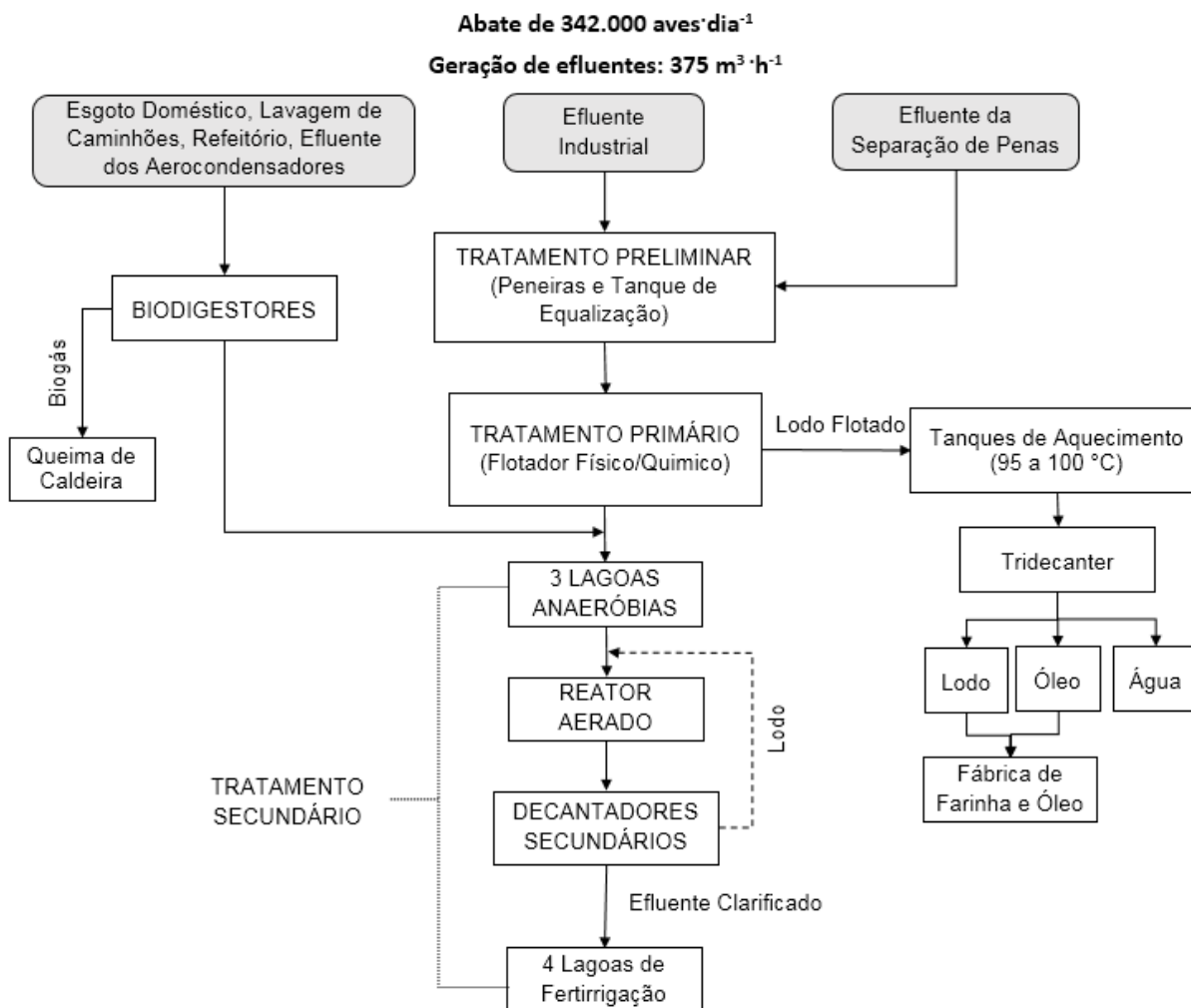


Figura 5 - Sistema geral de tratamento de efluentes do abatedouro e frigorífico de aves
Fonte: Autoria própria (2018).

O efluente bruto da indústria e o efluente proveniente da separação de penas são destinados ao tratamento preliminar composto por peneiramento e tanque de equalização para a homogeneização do efluente. Logo após, os efluentes são destinados para o tratamento primário de flotação por ar dissolvido (FAD) com tratamento físico/ químico (coagulação/ flotação). Na sequência, o efluente segue para o tratamento secundário e o lodo flutuado é destinado para dois tanques de aquecimentos em seguida para um *tridecanter*, tendo como produtos finais, lodo e óleo que são destinado para a fábrica de farinha e a água retorna para o tanque de equalização para o posterior tratamento.

A linha proveniente dos esgoto doméstico, lavagem de caminhões, refeitórios e dos aerocondensadores, são destinados para dois biodigestores tipo fluxo contínuo, que operam em paralelo, para que o biogás gerado seja utilizado para queima nas

caldeiras. Logo após a passagem dos biodigestores, o efluente segue para o tratamento secundário com as demais linhas.

O tratamento secundário é composto por lagoas de estabilização em série, sendo três lagoas de estabilização anaeróbias em série, seguidas de um sistema de lodo ativado por aeração prolongada, composto por um tanque de aeração com sistema de aeradores removíveis, seguido por dois decantadores secundários em paralelo e quatro lagoas de fertirrigação, sendo que uma dessas lagoas é utilizado como contenção de lodo excedentes provenientes dos decantadores.

3.2 CARACTERIZAÇÃO E ANÁLISE DO ATUAL SISTEMA DE TRATAMENTO

O presente estudo foi dividido em três etapas: diagnóstico, prognóstico e propostas de melhoria de adequação do atual sistema de tratamento de efluentes da Unidade de Aves.

A etapa do diagnóstico consistiu em um levantamento e análise dos dados com base nos parâmetros de projeto estrutural, bem como, das informações coletadas “*in loco*” e fornecidas pela empresa. Através das informações sobre o funcionamento do sistema adquirido, foi possível calcular a eficiência real de cada unidade, permitindo o diagnóstico dos possíveis problemas operacionais ou do processo, que compõe o sistema de tratamento. Assim, com base nos dados fornecidos e critérios estipulados pela literatura específica foi feito o diagnóstico da planta de tratamento. Por meio de análises físico-químicas de pH, demanda química de oxigênio, demanda bioquímica de oxigênio e sólidos sedimentáveis, efetuando-se a avaliação das eficiências de cada tratamento pelo período de um ano.

As amostras dos efluentes foram coletadas e preservadas de acordo com a NBR 9898/87 (ABNT, 1987), que determina técnicas adequadas de planejamento e amostragem para efluentes líquidos e corpos receptores. As coletas foram reavaliadas por um técnico responsável da indústria, e as análises foram feitas no Laboratório Central da Cooperativa Agroindustrial Lar, que é credenciado pela rede de Laboratórios Nacionais Agropecuário do Rio Grande do Sul (LANAGRO – RS). A Tabela 10, traz principais parâmetros analisados em cada etapa do tratamento, sua

periodicidade de análise, bem como suas respectivas metodologias e pontos de amostragem.

Tabela 10 - Parâmetros físico-químicos analisados e suas respectivas metodologias.

Parâmetro	Unidade	Método
Demanda Bioquímica de Oxigênio	mg·L ⁻¹	DBO ₅ , ²⁰ (5 dias, 20°C)
Demanda Química de Oxigênio	mg·L ⁻¹	Colorimétrico
Sólidos Suspensos Totais	mg·L ⁻¹	Gravimétrico
Sólidos Suspensos Voláteis	mg·L ⁻¹	Gravimétrico
Sólidos Suspensos Fixos	mg·L ⁻¹	Gravimétrico
Sólidos Dissolvidos	mg·L ⁻¹	Gravimétrico
Sólidos Sedimentáveis	mL·L ⁻¹ ·h ⁻¹	Volumétrico
Nitrogênio Amoniacal	mg·L ⁻¹	Método do Fenato
Nitrogênio Total Kjeldahl	mg·L ⁻¹	Método de Kjeldahl
pH	-	Potenciométrico
Óleos e Graxas	mg·L ⁻¹	Extração Soxhlet
Coliformes	NPM·(100ml) ⁻¹	Método de Collibert
Fósforo Total	mg·L ⁻¹	Colorimétrico

Fonte: APHA et al., (2012).

A Tabela 11 apresenta os principais pontos de amostragem e os principais parâmetros físico – químicos avaliados em cada ponto

Tabela 11 - Pontos de amostragem e parâmetros de análises realizada em cada local.

Pontos de Amostragem	Descrição do Ponto	Parâmetros	Unidades
P1	Efluente Bruto	DQO	mg·L ⁻¹
		Óleos e Graxas	mg·L ⁻¹
		Sólido Suspensos Totais	mg·L ⁻¹
		pH	-
		Sólido Suspensos Fixos	mg·L ⁻¹
		Sólido Suspensos Voláteis	mg·L ⁻¹
P2	Saída do Flotador	DQO	mg·L ⁻¹
		Óleos e Graxas	mg·L ⁻¹
		Sólido Suspensos Totais	mg·L ⁻¹
		pH	-
		Sólido Suspensos Fixos	mg·L ⁻¹
		Sólido Suspensos Voláteis	mg·L ⁻¹

Fonte: Autoria própria (2018).

Tabela 11 - Pontos de amostragem e parâmetros de análises realizada em cada local.

Continuação.

Pontos de Amostragem	Descrição do Ponto	Parâmetros	Unidades
P3	Entrada Biodigestor 1	DQO	mg·L ⁻¹
		Sólido Suspensos Totais	mg·L ⁻¹
		pH	-
		Sólido Suspensos Fixos	mg·L ⁻¹
		Sólido Suspensos Voláteis	mg·L ⁻¹
P4	Saída Biodigestor 1	Nitrogênio Amoniacal	mg·L ⁻¹
		DQO	mg·L ⁻¹
		Sólido Suspensos Totais	mg·L ⁻¹
		pH	-
		Sólido Suspensos Fixos	mg·L ⁻¹
P5	Entrada Biodigestor 2	Sólido Suspensos Voláteis	mg·L ⁻¹
		Sólido Suspensos Totais	mg·L ⁻¹
		pH	-
		Sólido Suspensos Fixos	mg·L ⁻¹
		Sólido Suspensos Voláteis	mg·L ⁻¹
P6	Saída Biodigestor 2	Nitrogênio Amoniacal	mg·L ⁻¹
		DQO	mg·L ⁻¹
		Sólido Suspensos Totais	mg·L ⁻¹
		pH	-
		Sólido Suspensos Fixos	mg·L ⁻¹
P7	Entrada Lagoa Anaeróbia 1	Sólido Suspensos Voláteis	mg·L ⁻¹
		Sólido Suspensos Totais	mg·L ⁻¹
		pH	-
		Sólido Suspensos Fixos	mg·L ⁻¹
		Nitrogênio Amoniacal	mg·L ⁻¹
P8	Entrada Reator Aerado (Lagoa 6)	Nitrogênio Total Kjeldahl	mg·L ⁻¹
		DBO	mg·L ⁻¹
		DQO	mg·L ⁻¹
		Sólido Suspensos Totais	mg·L ⁻¹
		pH	-
		Sólido Suspensos Fixos	mg·L ⁻¹
		Sólido Suspensos Voláteis	mg·L ⁻¹
		Nitrogênio Total Kjeldahl	mg·L ⁻¹

Fonte: Autoria própria (2018).

Tabela 11 - Pontos de amostragem e parâmetros de análises realizada em cada local.

			Conclusão.
Pontos de Amostragem	Descrição do Ponto	Parâmetros	Unidades
P9	Saída Reator Aerado (Lagoa 6)	DQO	mg·L ⁻¹
		Sólido Suspensos Totais	mg·L ⁻¹
		pH	-
		Sólido Suspensos Fixos	mg·L ⁻¹
		Sólido Suspensos Voláteis	mg·L ⁻¹
P10	Saída dos Decantadores	DQO	mg·L ⁻¹
		Sólido Suspensos Totais	mg·L ⁻¹
		pH	-
		Sólido Suspensos Fixos	mg·L ⁻¹
		Sólido Suspensos Voláteis	mg·L ⁻¹
		Nitrogênio Amoniacal	mg·L ⁻¹
		Sólidos Sedimentáveis	mL·L ⁻¹ ·h ⁻¹
P11	Saída da Lagoa Indicadora 1 (Lagoa 7)	DBO	mg·L ⁻¹
		DQO meses	mg·L ⁻¹
		Óleos e Graxas	mg·L ⁻¹
		Sólido Suspensos Totais	mg·L ⁻¹
		pH	-
		Sólido Suspensos Fixos	mg·L ⁻¹
		Sólido Suspensos Voláteis	mg·L ⁻¹
		Nitrogênio Total Kjeldahl	mg·L ⁻¹
		Nitrogênio Amoniacal	mg·L ⁻¹
		Coliformes	NPM·(100mL) ⁻¹
Fósforo Total	mg·L ⁻¹		
P12	Água de Reciclo	Sólido Suspensos Totais	mg·L ⁻¹
		pH	-
		Sólido Suspensos Fixos	mg·L ⁻¹
		Sólido Suspensos Voláteis	mg·L ⁻¹
		Nitrogênio Total Kjeldahl	mg·L ⁻¹
		Sólidos Sedimentáveis	mL·L ⁻¹ ·h ⁻¹

Fonte: Autoria própria (2018).

A partir da obtenção dos dados, realizou-se uma análise detalhada de cada etapa do sistema de tratamento, de modo a propor melhorias a serem realizadas, com foco na substituição ou novas implantações no sistema de tratamento para adequá-lo aos padrões das leis ambientais vigentes para esse tipo de efluentes.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. DIAGNÓSTICO DO SISTEMA DE TRATAMENTO EM ESTUDO

Ao analisar detalhadamente o sistema de tratamento de efluentes da indústria, foi possível identificar que o efluente é decorrente de três linhas (Figura 6), sendo elas: efluente advindo do processo produtivo corresponde a $230 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$, o que equivale a 61,3% do efluente gerado pela indústria; o efluente proveniente da separação das penas que corresponde a uma vazão de $70 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$, cerca de 18,7% e pelo efluente dos esgoto doméstico, lavagem dos caminhões, refeitórios e aerocondensadores da fábrica de farinha e óleos com cerca de $75 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$, equivalente a 20% da vazão.

A principal linha que compõem o sistema de tratamento, é a advinda do processo produtivo, passa por um tratamento preliminar, primário e secundário e, segue para disposição final.

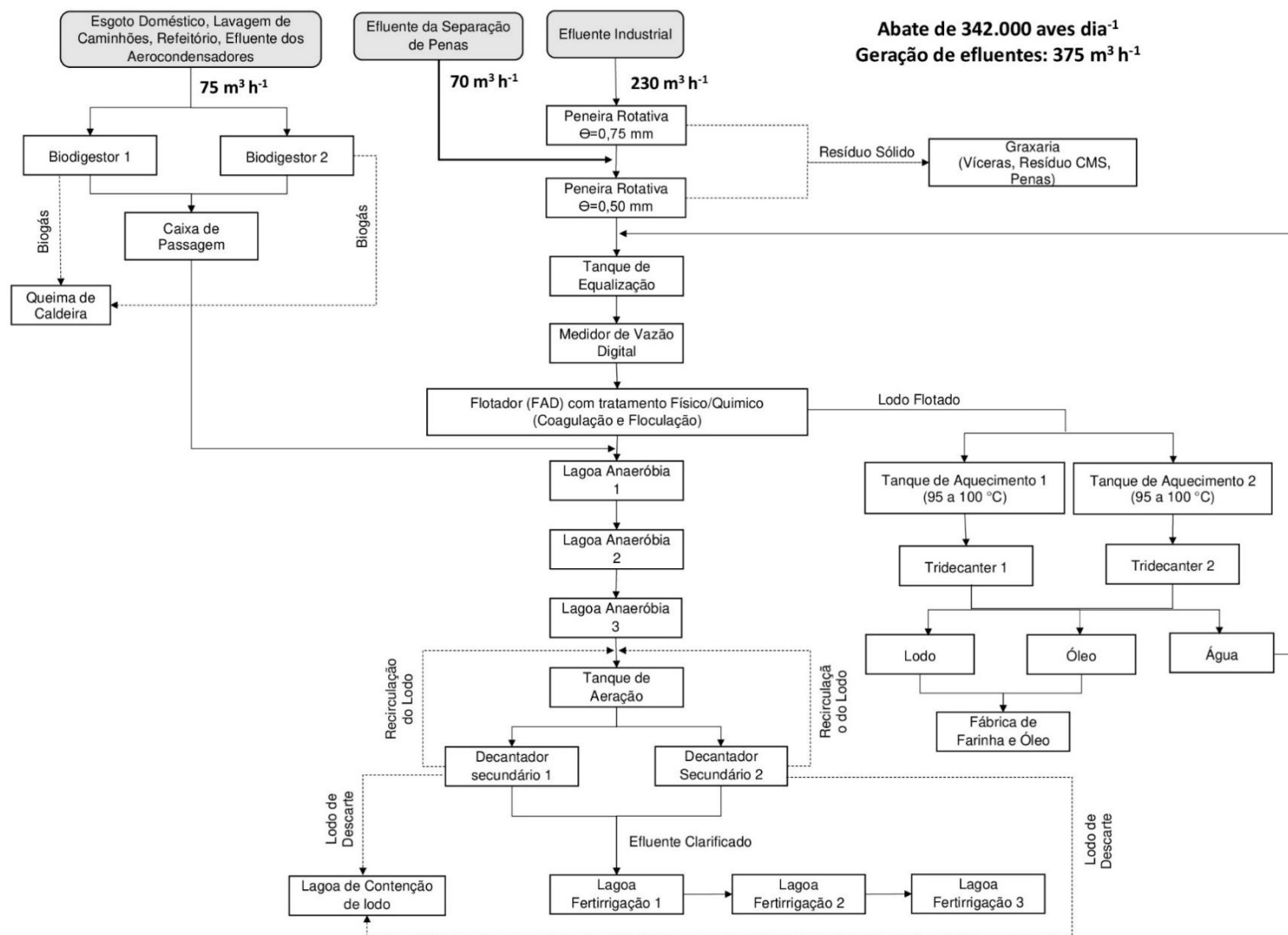


Figura 6 - Sistema de tratamento de efluentes do abatedouro de aves em estudo.
Fonte: Autoria própria (2018).

O efluente industrial bruto advindo do processo produtivo (Figura 7), visualmente apresenta uma cor avermelhada, proveniente de resíduos sanguíneos, presença de restos de vísceras, fragmentos cárneos e gorduras e sem características aparentes de utilização de detergentes ou produtos de limpeza em excesso, devido a não presença de espumas.



Figura 7 - Efluente Bruto.
Fonte: Autoria própria (2018).

Os principais parâmetros analisados para caracterização do efluente bruto foram a matéria orgânica caracterizada através da demanda química de oxigênio (DQO), óleos e graxas (OG), sólidos suspensos totais (SST), sólidos suspensos fixos (SSF), sólidos suspensos voláteis (SSV) e pH. O efluente bruto, caracterizado a partir de quatro amostras, apresentou concentrações médias de DQO de 7.000 a 9.000 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$; de OG de 1.130 a 1.817 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$; de SST de 2.470 a 3.480 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$; de SSF de 165 a 315 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$; de SSV de 2.255 a 3.300 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ e valores médios de pH de 6,60 a 6,64.

O tratamento preliminar do sistema de tratamento de efluente é composto por duas peneiras rotativas (Figura 8), onde o efluente industrial bruto com vazão de 230 $\text{m}^3\cdot\text{h}^{-1}$ passa primeiramente pela peneira de malha de 0,75 mm e posteriormente passa pela segunda peneira de 0,50 mm. Já o efluente com vazão de 70 $\text{m}^3\cdot\text{h}^{-1}$ da graxaria proveniente da separação de penas passa por uma peneira estática dentro da indústria e depois passa pela peneira rotativa de 0,50 mm. A partir da segunda peneira a vazão do sistema passa ser 300 $\text{m}^3\cdot\text{h}^{-1}$.



(a)



(b)

**Figura 8 – (a) Peneira malha de 0,50 mm; (b) Peneira de malha de 0,75 mm.
Fonte: Auto própria (2018).**

Após o peneiramento, o efluente passa pelo tanque de equalização de seção quadrada e nível variável, (Figura 8). Apresenta dimensões de 18 m de comprimento, 9 m de largura e 4,5 m de altura, com um volume de 729 m³ e possui dois agitadores mecânicos com potência de 10 CV cada para homogeneizar o efluente. O tempo de detenção hidráulico (TDH) para a vazão de 300 m³·h⁻¹ é de aproximadamente 2 horas e 25 minutos.



**Figura 9 - Tanque de equalização.
Fonte: Autoria própria (2018).**

Em seguida no tratamento preliminar, o efluente é encaminhado para um flotor primário com tratamento físico-químico (Figura 10) com 13,75 m de comprimento, 3,32 m de largura e 1,8 m de altura. O tratamento é composto por um sistema de flotação por ar dissolvido (FAD) com microbolhas finas operando a uma pressão de 1,5 a 2 bar equivalente a 1,48 a 1,97 atm, com capacidade no tanque de $350 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ e um tempo de detenção de 14 minutos. Além disso, possui um tratamento físico-químico por coagulação/ floculação, utilizando coagulante líquido catiônico orgânico polidadmac e floculante poliamina da marca BASF®.



Figura 10 - Flotador Físico/ Químico.
Fonte: Autoria própria (2018).

O lodo gerado durante o processo é direcionado para dois tanques de aquecimento em paralelo (Figura 11), operando de 95 a 100 °C que segue para dois tridecanterers em paralelo (Figura 12), onde haverá a separação do lodo e óleo que é destinado para a fábrica de farinha e a água que volta para o sistema de tratamento a partir do tanque de equalização.



Figura 11 - Tanques de aquecimento.
Fonte: Autoria própria (2018).



Figura 12 – Tridecanters.
Fonte: Aatoria própria (2018).

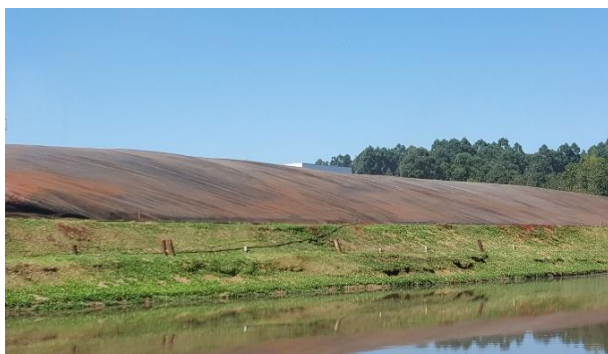
Os efluentes provenientes da lavagem dos caminhões, esgoto sanitário e aerocondensadores da fábrica de farinha e óleos correspondem a uma vazão de $75 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ são encaminhados para os biodigestores com manta de laminado de PVC. A Tabela 12 apresenta as dimensões dos dois biodigestores que integram o sistema de tratamento

Tabela 12 - Características físicas dos biodigestores.

Biodigestores	Comprimento (m)	Largura (m)	H (m)	Volume (m^3)
Biodigestor 1	96	37	8	28.416
Biodigestor 2	45	45	5	10.125

Fonte: Aatoria própria (2018).

Os biodigestores estão ligados em paralelo, onde o biodigestor 1 (Figura 13 a) possui um TDH de 29 dias 14 horas e 24 minutos e o biodigestor 2 (Figura 3 b) com 14 dias 1 hora e 30 minutos de retenção. O biogás gerado é utilizado na indústria para a queima nas caldeiras.



(a)



(b)

Figura 13 - (a) Biodigestor 1; (b) Biodigestor 2
Fonte: Aatoria própria (2018).

Depois do tratamento preliminar e primário, inicia-se o tratamento secundário. Com a junção dos efluentes provenientes da indústria, da separação de penas e dos biodigestores tem-se uma vazão de $375 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$.

A Tabela 13 traz as dimensões, do tratamento secundário que compõe o sistema de tratamento de efluentes, organizada na sequência do tratamento.

Tabela 13 - Características físicas do Tratamento de efluentes do abatedouro e frigorífico de aves em estudo

Tratamento Secundário				
Tipo	Comprimento (m)	Largura (m)	H (m)	Volume (m³)
Lagoa Anaeróbia 1	65	35	5	11.375
Lagoa Anaeróbia 2	58	30	5	8.700
Lagoa Anaeróbia 3	76	36	5	13.680
Reator Aerado	64	28	4,5	8.064
Lagoa Fertirrigação 1	99	46	4,5	20.493
Lagoa Fertirrigação 2	82	43	4,5	15.867
Lagoa Fertirrigação 3	62	30	3	5.580
Lagoa Fertirrigação 4	89	44	6	23.496

Tratamento Secundário - Decantadores Secundário				
Tipo	Raio (m)	H (m)	Volume (m³)	
Decantador 1	9,65	3	877,63	
Decantador 2	13,6	3	1.743,15	

Fonte: Autoria própria (2018).

O tratamento secundário, que é composto por lagoas de estabilização em série, sendo as três primeiras lagoas anaeróbias, sendo que a lagoa anaeróbia 1 (Figura 14) possui um volume de 11.375 m^3 e um TDH de 1 dia 6 horas e 15 minutos. Visualmente, a lagoa anaeróbia 1 possui uma camada de aproximadamente 8 cm de espuma, segundo Von Sperling (2017) são camadas de materiais sólido, óleos e graxas que flutuam superficialmente nos reatores, onde essa camada ajuda a manter as condições anaeróbias do meio. No entanto para ser benéfico no tratamento, essa camada deve ter até 10 cm de espuma, o que acaba protegendo os microrganismos anaeróbios da incidência solar (JORDÃO; PESSOA, 2017).

Já a lagoa anaeróbia 2 ilustrada na (Figura 15) possui um volume útil de 8.700 m^3 e um TDH de 23 horas e 12 minutos, não apresenta espuma na sua superfície e a sua impermeabilização é de argila compactada. A lagoa anaeróbio 3 possui um volume de 13.680 m^3 e um TDH de 1 dia 23 horas e 28 minutos, possui uma camada

bem fina de espuma em uma parte da e a sua impermeabilização é concreto, visualizada na (Figura 16). Considerando as três lagoas como um sistema anaeróbio único, terá um tempo de detenção hidráulico de aproximadamente 3 dias e 18 horas.



Figura 14 - Lagoa Anaeróbia 1.
Fonte: Autoria própria (2018).



Figura 15 - Lagoa Anaeróbia 2.
Fonte: Autoria própria (2018).



Figura 16 - Lagoa Anaeróbia 3.
Fonte: Autoria própria (2018).

Após as lagoas anaeróbias, o efluente passa pelo lodo ativado, que é composto por um reator aerado e dois decantadores secundários com formato circular e remoção mecanizada de lodo. O reator aerado possui um volume de 8.064 m^3 , que consistia em uma lagoa aerada de mistura completa que foi readaptada com um sistema de aeração removível constituído por cinco sopradores de ar de 75 CV cada, composto de membrana de etileno-propileno-dieno de classe M (EPDM) de $90 \times 1000 \text{ mm}$, totalizando oitocentos e sessenta e quatro unidades no reator dispostas em vinte e quatro linhas com seis grades cada da marca B&F Dias. A concentração de oxigênio dissolvido (OD) é realizada por uma sonda que fica dentro do reator aerado e é mantida na faixa de 1 a $2,5 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$. Seu tempo de detenção hidráulico (TDH) é de aproximadamente 21 horas e 30 minutos e sua impermeabilização é de geomembrana de PEAD (polietileno de alta densidade) (Figura 17).



Figura 17 - Reator Aerado.
Fonte: Aatoria própria (2018).

Após o efluente passar pelo tanque de aeração, o mesmo vai para dois decantadores secundários circulares em paralelo, onde um dos tanques possui volume de $877,63 \text{ m}^3$ com vazão de $130,65 \text{ m}^3\cdot\text{h}^{-1}$ (Figura 18 a) e o segundo decantador com uma capacidade de $1.743,15 \text{ m}^3$ a uma vazão de $259,35 \text{ m}^3\cdot\text{h}^{-1}$ (Figura 18 b), o efluente fica retido em ambos decantadores por cerca de 6 horas e 40 minutos. Os mesmos possuem uma vazão de recirculação de lodo de 70 a 100% da vazão do tratamento, controlada pela concentração de sólidos.



Figura 18 - Decantadores Secundários.
Fonte: Autoria própria (2018).

O lodo que não vai para recirculação, lodo descartado ou excedente, é destinado para uma lagoa de contenção de lodo com volume de 5.580 m^3 , onde o lodo é coletado por uma empresa terceirizada, que fará a destinação do mesmo. Após passar pelos decantadores secundários, o efluente já clarificado fica armazenado na lagoa de fertirrigação 1 (Figura 19) que possui um volume de 20.493 m^3 .



Figura 19 - Lagoa de fertirrigação 1.
Fonte: Autoria própria (2018).

Ao final do tratamento, a disposição final do efluente é realizada no solo por meio da fertirrigação por gotejamento (Figura 20) de uma área de plantação de eucaliptos que pertence a empresa. Os gotejadores são compostos por furos de 3 mm nas mangueiras de polietileno de alta densidade (PEAD) de 2".



Figura 20 - Sistema de irrigação por gotejamento
Fonte: Moraes (2017)

O excedente é direcionado para duas lagoas de fertirrigação, sendo que, a lagoa de fertirrigação 2 com volume 15.867 m^3 e a lagoa de fertirrigação 4 com capacidade de 23.496 m^3 , que serve de escape em períodos com elevado índice de precipitação pluviométrica.

4.2 PROGNÓSTICO DO SISTEMA DE TRATAMENTO EM ESTUDO

Com o intuito de avaliar as eficiências de remoção e conversão de poluentes, consideraram-se os parâmetros físico-químicos especificados Tabela 10 e um histórico de coletas de 12 meses, de janeiro de 2017 a dezembro de 2017. As amostras avaliadas foram amostras simples, exceto para o efluente bruto, coletadas na entrada e saída dos reatores que compõem o sistema de tratamento preliminar, primário e secundário da indústria em estudo. As amostras foram coletadas, acondicionadas e preservadas de acordo com a NBR 9898/87 (ABNT, 1987), e analisadas pelo laboratório da própria indústria, onde o resultado de cada parâmetro estão dispostos no Apêndice A.

Considerou-se para avaliação das eficiências de remoção e conversão, os pontos de amostragem especificados na Tabela 11 (P1 a P12), considerando apenas as amostras coletadas no mesmo dia para todos os pontos de amostragem. No entanto, por serem reatores abertos, sujeitos a intempéries climáticas, o que pode ocasionar algumas alterações nos resultados foram consideradas apenas as amostras coletadas após 48h da incidência de chuvas. Levaram-se em consideração, além do

índice de precipitação pluviométrico, as temperaturas médias locais no período avaliado.

4.2.1. Tratamento Preliminar e Primário

Como visto anteriormente no item 4.1.1.1, o sistema preliminar é composto por peneiras rotativas da fabricante Prestatti®, com malhas de 0,75 e 0,50 mm para as linhas do efluente bruto e da linha de separação das penas, respectivamente. Avaliando o dimensionamento das peneiras juntamente com a sua taxa de aplicação superficial, constata-se que a mesma atende os padrões de projetos proposto na literatura, podendo ser capaz de reter grande quantidade de materiais sólidos grosseiros.

Em relação ao tanque de equalização de nível fixo da indústria, onde ele controla a vazão que vai para o flotor além de homogeneizar os efluentes decorrente da indústria e da separação de penas. Analisando seu formato junto com o tempo de detenção no tanque, cerca de 2 horas e 25 minutos, nota-se que os mesmos atendem os valores apresentados na literatura, de acordo com Nunes, (2012), esse tempo de detenção deve estar de até 24 horas.

O tratamento primário é composto por um flotor da marca Gratt®, com capacidade de operação de $350 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$, e o processo utiliza coagulante de base orgânica. A finalidade desse processo é a retirada de sólidos suspensos totais e matéria orgânica presentes no efluente. O TDH do tanque de 14 minutos opera de acordo com os parâmetros de projetos estabelecidos por Nunes, (2012) de 10 a 30 minutos, dessa forma não havendo necessidade de alteração no layout ou de dosagem dos coagulantes.

Para uma avaliação completa do sistema FAD aplicado no tratamento primário seria necessário efetuar um ensaio de bancada em equipamento flotateste para determinar razão entre a massa de ar liberada (pressurizada) e a massa de sólidos suspensos (A/S) e a partir desta razão definir e/ou conferir a pressão de trabalho utilizada.

De acordo com Eckenfelder (2000), a performance de um sistema de flotação por ar dissolvido está relacionada à razão entre a massa de ar liberada e a massa de

sólidos suspensos (A/S) necessária para obter um determinado nível de clarificação. Metcalf; Eddy (2003) afirmam que o processo de clarificação por flotação é bastante dependente das características do material particulado presente no efluente, sendo necessários ensaios em escala de bancada em laboratório ou em escala piloto para determinar experimentalmente o valor ótimo da razão A/S para um determinado efluente, a fim de definir os critérios de projeto do sistema de FAD.

4.1.3 Tratamento Secundário

O tratamento secundário composto por três lagoas de estabilização anaeróbias em série seguidas de um sistema de lodo ativado, composto por tanque de aeração e dois decantadores secundários em paralelo foi avaliado considerando a etapa anaeróbia e a etapa aeróbia, separadamente.

4.1.3.1 Lagoas Anaeróbias

As coletas das amostras e análises feitas no sistema anaeróbio, composto pelas três lagoas anaeróbias em séries, foram realizadas e avaliadas como um sistema único, tendo os pontos de amostragem no início da lagoa anaeróbia 1 (P7) e no final da lagoa anaeróbia 3 (P8), conforme ilustra a Figura 21.

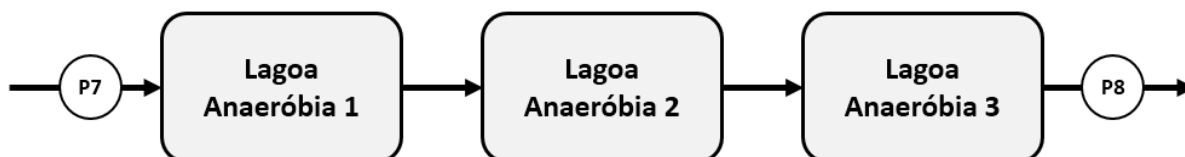


Figura 21 – Sistema das lagoas anaeróbias e pontos de amostragem.
Fonte: Aatoria própria (2018).

Partindo do princípio que as lagoas anaeróbias para esse tipo de indústria tem como finalidade principal a diminuição da matéria orgânica carbonácea e conversão

de nitrogênio através da amonificação. Os parâmetros avaliados para esse sistema foram demanda química de oxigênio (DQO), nitrogênio total Kjeldahl (NTK) e nitrogênio amoniacal. A partir dos valores de DQO obtidos, mensalmente durante o período de amostragem, calculou-se a eficiência de remoção de DQO para o conjunto de reatores anaeróbios, três lagoas em série (Tabela 14).

Tabela 14 - Eficiência de remoção de DQO para o sistema das três lagoas anaeróbias.

Mês	Média *	Desvio Padrão
Janeiro	21,24	± 3,43
Fevereiro	43,17	± 5,99
Março	25,97	± 12,54
Abril	25,70	± 18,06
Mai	36,13	± 13,83
Junho	20,12	± 1,03
Julho	25,88	± 30,53
Agosto	12,76	± 6,59
Setembro	13,56	± 8,36
Outubro	21,76	± 46,75
Novembro	20,63	± 25,90
Dezembro	17,68	± 28,37

Fonte: Autoria própria (2018).

Notas:

*Médias aritmética obtida a partir de 3 amostras, seguidas do desvio padrão.

Avaliando os parâmetros de projetos do sistema das três lagoas anaeróbias junto com a avaliação físico-química do efluente, constata-se que as mesmas possuem eficiências médias de remoção de DQO em torno de 23,72%, o que segundo Jordão; Pessôa (2017), é uma eficiência muito baixa para a temperatura da região (média de 20 °C), onde a remoção de matéria orgânica para essa faixa de temperatura é de 50 a 60%. Nesse caso, em comparação com os meses onde geralmente é mais quente não teve uma diferença com o dos meses que geralmente faz frio, resultando em um sistema ineficiente.

A baixa eficiência também pode ter sido em decorrência de cargas de choques pelas variações da concentração de DQO e devido à presença de grande quantidade de sólidos suspensos e óleos e graxas, formando uma camada espessa de espuma, superior a 10 cm, observada especialmente na lagoa anaeróbia 1. A presença desses materiais particulados causa dificuldade para a degradação dos microrganismos

anaeróbios, o que acaba formando uma densa camada de espuma, que dificulta a eliminação dos gases produzidos na lagoa (JORDÃO; PESSÔA, 2017).

Além disso, ambas apresentam um baixo tempo de detenção hidráulico próximo a 1 dia cada lagoa totalizando 3 dias aproximadamente, contrariando o que determina a literatura, onde o TDH recomendado para cada lagoa anaeróbia de 3 a 5 dias (VON SPERLING, 2017), 2 a 5 dias (JORDÃO; PESSÔA, 2017). O baixo TDH pode implicar, em um tempo insuficiente para a sedimentação dos sólidos e para a degradação anaeróbia da matéria orgânica solúvel, sendo essa realizada de forma parcial; conseqüentemente, o pH da lagoa se torna mais ácido (JORDÃO; PESSÔA, 2017).

Além do TDH, carga orgânica e pH, segundo Zaher et al., (2007), diversos parâmetros podem afetar a eficiência de digestão anaeróbia, tais como temperatura, relação carbono e nitrogênio, competição bacteriana, teor de sólidos, entre outros.

Dentre as alternativas cabíveis para aumentar o TDH pode-se diminuir a vazão do efluente, aumentar o volume dos reatores, através da ampliação da área superficial ou da profundidade, ou optar por reatores mais compactos que trabalhem com um fator de carga maior. De acordo com Von Sperling (2017), a carga orgânica volumétrica aplicada nas lagoas anaeróbias deve ser adotada em função da temperatura, variando de 0,1 a 0,35 KgDBO·m³·d⁻¹, considerando que locais mais quentes permitem uma taxa maior, mais próxima de 0,35 KgDBO·m³·d⁻¹. Já reatores compactos, como o caso dos reatores tipo UASB (*Upflow Anaerobic Sludge Blanket Reactors*) podem operar com cargas maiores de 2 a 5 kgDBO/m³·d (CHERNICHARO, 1997); 2,5 a 3,5 KgDBO·m³·d⁻¹ (VON SPERLING, 1997).

Levando em consideração o espaço físico atual da indústria e a vazão atual do sistema, fica inviável a modificação de ambos, devido que tal mudança afetaria em uma menor produção, já que não há espaço físico suficiente para aumentar as lagoas anaeróbias. Nesse caso sugere-se a substituição das lagoas anaeróbias por um reator mais compacto, tipo UASB, que é um reator anaeróbio de fluxo ascendente de alta eficiência utilizado para a estabilização da matéria orgânica, com baixa demanda de área, operado com um baixo tempo de detenção, na faixa de 4 a 10 horas (VON SPRLING, 1997).

Contudo, para o dimensionamento do UASB apresenta-se a descrição dos principais parâmetros de projeto de reatores UASB, descritos por diversos autores,

que envolveu a experiência de vários autores, salientando que, para os casos de efluentes industriais específicos, critérios específicos deverão ser buscados.

Carga orgânica volumétrica (COV): massa de matéria orgânica aplicada, por dia, por unidade de volume do mesmo, pode ser o parâmetro de dimensionamento do volume do reator. O critério utilizado para este parâmetro para estações em escala real tem sido inferiores a $15 \text{ kgDQO}\cdot\text{m}^3$.

Tempo de detenção hidráulica (t): deve estar diretamente relacionado com as variações de temperatura (JORDÃO e PESSÔA, 2017). A Tabela 15 indica os tempos recomendados segundo a variação de temperatura.

Tabela 15 - Tempos de detenção hidráulica em reatores UASB

Temperatura do efluente °C	Tempo de detenção hidráulica (h)	
	Média Diária	Mínimo
16 – 19	>10 – 14	>7 - 9
20 – 26	>6 - 9	>4 - 6
>26	>6	> 4

Fonte: Von Sperlling (1997), Jordão; Pessôa (2017).

- Altura do reator (H): Situa-se entre 5,0 a 7,0 m para efluentes de alta carga orgânica e 3,0 a 5,0 m para efluentes de baixa carga orgânica (NUNES, 2014). Já Von Sperlling (1997) relata que essa profundidade deve ser compreendidas entre 3 a 6 m.
- Carga biológica (CB): Definida como quantidade de matéria orgânica aplicada ao reator, por unidade de biomassa presente no mesmo. O critério indicado é o de utilizar $CB = 0,05$ a $0,15 \text{ kgDQO}/\text{kgSVT}\cdot\text{d}$ na partida do UASB e, atingido o regime permanente, pode atingir valores em torno de $2,0 \text{ kgDQO}/(\text{kgSVT}\cdot\text{d})$
- Velocidade Ascensional (v): Garante o melhor contato entre o substrato afluente e a biomassa, mantém o TDH de projeto, e se proximamente igual em toda seção do reator, reduz a possibilidade de curto-circuito. Utiliza-se a velocidade na faixa de $0,5$ a $0,7 \text{ m}\cdot\text{h}^{-1}$ para a vazão média $0,9$ a $1,1 \text{ m}\cdot\text{h}^{-1}$ para a vazão máxima e velocidades menores que $1,5 \text{ m}\cdot\text{h}^{-1}$ para picos temporários (VON SPRLIG, 1997; JORDÃO; PESSÔA, 2017).
- A taxa de aplicação superficial e tempos de detenção hidráulica no compartimento de decantação servem para garantir o não carreamento de

sólidos para o compartimento de decantação, indica-se para estes parâmetros Tabela16.

Tabela 16 - Parâmetros na decantação

Condição de Vazão	Taxa aplicação superficial m·h⁻¹	Tempo de detenção (h)
Vazão Média	0,6 – 0,8 ²	>1,5 ¹ 1,5 – 2,0 ²
Vazão máxima	<1,2 ^{1,2}	>1,0 ^{1,2}
Picos temporários *	<1,6 ^{1,2}	>0,6 ^{1,2}

Fonte: Jordão; Pessôa (2017) ¹, Chernicharo (1997)²

*Duração de 2 a 4 horas

A inclinação das paredes do decantador deve ser maior que 50° para que os sólidos possam retornar ao compartimento de digestão, estas paredes podem ser construídas de concreto ou de lona especial esticada. A velocidade deve ser delimitada aos valores indicados na Tabela 17.

Tabela 17 - Velocidade na abertura do decantador

Condição de Vazão	Velocidade m·h⁻¹
Vazão Média	<2,5
Vazão máxima	<4,0
Picos temporários *	<4,6

Fonte: Jordão; Pessôa (2017)

*Duração de 2 a 4 horas

Na etapa anaeróbia, além da avaliação da remoção da matéria orgânica carbonácea, buscou-se avaliar a amonificação, conversão do nitrogênio orgânico a amoniacal, primeiro mecanismo básico visando à remoção biológica de nutrientes. Contudo o histórico de análises não permitiu uma avaliação completa.

4.1.3.2 Sistema de lodo ativado

Em relação à etapa aeróbia do sistema de tratamento secundário, sistema de lodo ativado, os pontos de amostragem avaliados foram o efluente lagoa anaeróbia 3/ entrada do taque de aeração (P8), a saída do tanque de aeração (P9), a saída dos

decantadores secundários (P10) e na água de reciclo (P12) que é localizado na saída da tubulação de retorno do lodo que chega na canaleta de entrada do reator aerado (Figura 24).

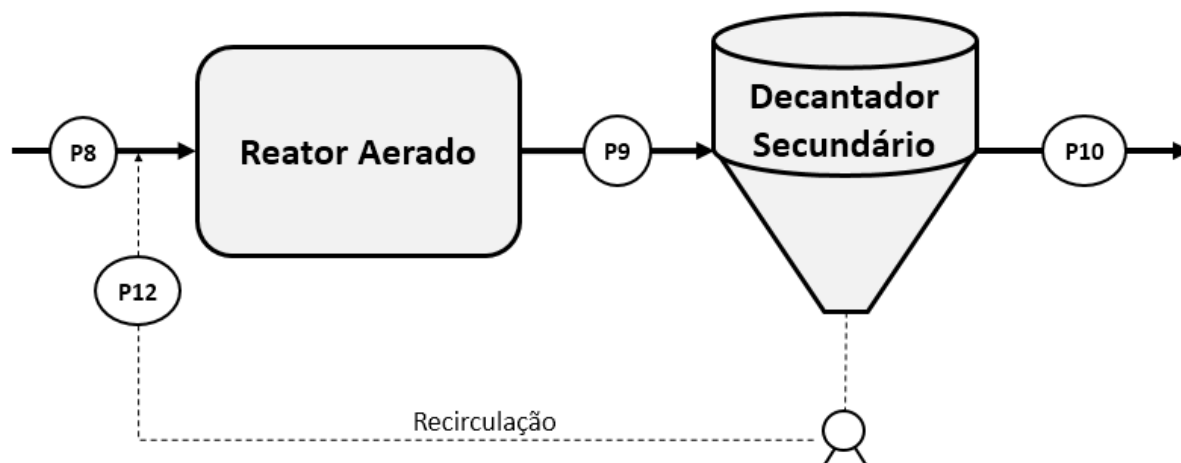


Figura 22 - Sistema de lodo ativado e pontos de amostragem.
Fonte: Autoria própria (2018).

O processo de lodo ativado tem como finalidade a remoção da matéria orgânica e nitrogenada (VON SPERLING, 1997). Os parâmetros avaliados nesse sistema foram demanda química de oxigênio (DQO), pH e nitrogênio amoniacal. A partir desses resultados foi realizado a eficiência de remoção de DQO para esse sistema (Tabela 18).

Tabela 18 - Eficiência de remoção de DQO para o sistema de lodo ativado

Mês	Média *	Desvio Padrão
JAN	86,02	± 4,06
FEV	86,14	± 0,30
MAR	83,38	± 5,50
ABR	83,48	± 5,71
MAI	84,67	± 2,08
JUN	90,65	± 2,81
JUL	88,57	± 6,92
AGO	77,79	± 10,49
SET	86,89	± 2,99
OUT	77,91	± 25,08
NOV	81,28	± 14,61
DEZ	91,24	± 1,08

Fonte: Autoria própria (2018).

Notas:

*Médias aritmética obtida a partir de 3 amostras, seguidas do desvio padrão

O sistema de lodo ativado por aeração prolongada da indústria, possui um TDH de 27 horas, o que condiz com os parâmetros propostos por Jordão; Pessoa (2017) sendo na faixa de 16 a 36 horas e por sendo mais próximos com os valores descritos por Metcalf; Eddy (2016) com tempos de 20 a 30 horas. E possui uma eficiência de remoção de matéria orgânica em torno de 86%, apesar de estar um pouco abaixo em relação do que é proposto por Von Sperling (1995) de 90 a 95% e Nunes, (2014) de 95 a 98% é considerado satisfatório.

A temperatura e o pH são os fatores ambientais importantes que afetam diretamente o funcionamento do processo de lodo ativado. Comparando o pH juntamente com as variações de temperatura durante o ano de análise, o pH do efluente na indústria apresenta uma média $6,84 \pm 0,22$. Os flocos considerados desejáveis ao processo de lodos ativados, ocorrem na faixa de pH de 6 a 9 (METCALY; EDDY, 2016).

O valor da temperatura considerado ótimo para o crescimento e sobrevivência dos microrganismos no sistema está na faixa de 20°C e 30°C (VON SPERLLING, 1997). Além disso, a temperatura influencia diretamente na concentração de oxigênio dissolvido (OD) na reator, quanto maior a temperatura menor a concentração de OD. Portanto, para ocorrer esse processo de remoção de matéria orgânica, há a necessidade de oxigênio dissolvido no efluente entre $1,5 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ e $2,0 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ (NUNES, 2014). Já em relação a idade do lodo (θ_c), o sistema apresentou o valor de 33,5 dias, de acordo com Metcaly; Eddy (2016) a idade do lodo para um sistema de flotação por aeração prolongada deve estar na faixa de 20 a 40 dias. Dessa forma o sistema de lodo ativado atende o que é estabelecido pela literatura.

4.3. PROPOSTAS DE MELHORIA DO SISTEMA DE TRATAMENTO

Para uma avaliação completa do sistema de tratamento de efluentes da indústria em estudo, considerando as três linhas de efluentes gerados, seria necessário ampliar os pontos de amostragem atualmente adotados e efetuar uma revisão nos parâmetros físico-químicos avaliados, para que cada operação ou processo que compõe o sistema de tratamento pudesse ter a sua eficiência avaliada isoladamente considerando a finalidade de sua aplicação.

4.3.1. Parâmetros e Pontos de Amostragem

Levando em consideração os pontos de amostragem e os parâmetros das amostras coletas na indústria dispostos na Tabela 11. Nota-se que, o sistema anaeróbio composto pelas lagoas anaeróbias 1, 2 e 3 os pontos de coleta é na entrada da lagoa 1 e na saída da lagoa 3, o que impossibilita analisar a eficiência de cada lagoa isoladamente. Além disso, estão faltando em vários pontos, parâmetros de amostragem, que conseqüentemente tornariam a análise do efluente mais difícil. Dessa forma seria necessário uma análise de cada unidade, o que possibilita ter uma análise mais detalhada da planta de tratamento, nesse caso foi adicionado mais dois novos pontos de coleta e pontos de amostragem sugeridos a ser realizado em cada local da indústria (Tabela 19).

Tabela 19 - Novos pontos de amostragem a serem realizados em cada local.

Pontos de Amostragem	Descrição do Ponto
P1	Efluente Bruto/ Entrada Tanque de Equalização
P2	Saída Tanque de Equallização/ Entrada Flotador FAD
P3	Saída Flotador FAD/ Entrada Lagoa Anaeróbia 1
P4	Saída Lagoa Anaeróbia 1/ Entrada Lagoa Anaeróbia 2
P5	Saída Lagoa Anaeróbia 2/ Entrada Lagoa Anaeróbia 3
P6	Saída Lagoa Anaeróbia 3/ Entrada Tanque de Aeração
P7	Saída Tanque de Aeração/ Entrada Decantadores Secundários
P8 (a) e (b)	Saída Decantadores Secundários/ Entrada Lagoa de Fertirrigação 1
P9	Saída Lagoa de Fertirrigação 1/ Entrada Lagoa de Fertirrigação 2
P10	Entrada Biodigestor 1
P11	Saída Biodigestor 1
P12	Entrada Biodigestor 2
P13	Saída Biodigestor 2
P14	Água de Reciclo

Fonte: Aatoria própria (2018).

A tabela 20 apresenta os novos pontos de amostragem e os principais paramentos físico- químicos a serem avaliados em cada ponto.

Tabela 20 – Novos parâmetros de amostragem e pontos análises a serem realizados em cada local.

Pontos de Amostragem	Parâmetros	Unidades
.P1	DBO	mg·L ⁻¹
	DQO	mg·L ⁻¹
	pH	-
	Temperatura	°C
	Óleo e Graxas	mg·L ⁻¹
	Nitrogênio Amoniacal	mg·L ⁻¹
	Nitrogênio Total Kjeldahl	mg·L ⁻¹
	Sólidos Sedimentáveis	mL·L ⁻¹ ·h ⁻¹
	Sólidos Totais	mg·L ⁻¹
	Sólidos Suspensos Totais	mg·L ⁻¹
P2	DQO	mg·L ⁻¹
	pH	-
	Temperatura	°C
	Oléo e Graxas	mg·L ⁻¹
	Sólidos Suspensos Totais	mg·L ⁻¹
P3	DBO	mg·L ⁻¹
	DQO	mg·L ⁻¹
	pH	-
	Temperatura	°C
	Sólidos Suspensos Totais	mg·L ⁻¹
	Nitrogênio Total Kjeldahl	mg·L ⁻¹
P4 / P5 / P6	Nitrogênio Amoniacal	mg·L ⁻¹
	DBO	mg·L ⁻¹
	DQO	mg·L ⁻¹
	pH	-
	Temperatura	°C
	Nitrogênio Total Kjeldahl	mg·L ⁻¹
P7	Nitrogênio Amoniacal	mg·L ⁻¹
	DBO	mg·L ⁻¹
	DQO	mg·L ⁻¹
	pH	-
	Temperatura	°C
	Sólidos Sedimentáveis	mL·L ⁻¹ ·h ⁻¹
	Sólidos Suspensos Totais	mg·L ⁻¹
	Sólidos Suspensos Voláteis	mg·L ⁻¹
	Nitrogênio Total Kjeldahl	mg·L ⁻¹
	Nitrogênio Amoniacal	mg·L ⁻¹
	Nitrato	mg·L ⁻¹
Nitrito	mg·L ⁻¹	
P8 (a) e (b)	DQO	mg·L ⁻¹
	pH	-
	Temperatura	°C
	Sólidos Sedimentáveis	mL·L ⁻¹ ·h ⁻¹
	Sólidos Suspensos Voláteis	mg·L ⁻¹
	Nitrogênio Total Kjeldahl	mg·L ⁻¹

Fonte: Autoria própria (2018).

Tabela 20 – Novos parâmetros de amostragem e pontos análises a serem realizados em cada local.

		Conclusão.
Pontos de Amostragem	Parâmetros	Unidades
P8 (a) e (b)	Nitrogênio Amoniacal	mg·L ⁻¹
	Nitrato	mg·L ⁻¹
	Nitrito	mg·L ⁻¹
P9	DBO	mg·L ⁻¹
	DQO	mg·L ⁻¹
	pH	-
	Temperatura	°C
	Sólidos Sedimentáveis	mL·L ⁻¹ ·h ⁻¹
	Nitrogênio Total Kjeldahl	mg·L ⁻¹
	Nitrogênio Amoniacal	mg·L ⁻¹
	Coliformes	mg·L ⁻¹
	Fósforo Total	mg·L ⁻¹
P10, P11, P12, P13	DBO	mg·L ⁻¹
	DQO	mg·L ⁻¹
	Sólido Suspensos Totais	mg·L ⁻¹
	pH	-
	Temperatura	°C
	Sólido Suspensos Voláteis	mg·L ⁻¹
	Nitrogênio Total Kjeldahl	mg·L ⁻¹
	Nitrogênio Amoniacal	mg·L ⁻¹
P14	pH	-
	DBO	mg·L ⁻¹
	DQO	mg·L ⁻¹
	Temperatura	°C
	Sólidos Sedimentáveis	mL·L ⁻¹ ·h ⁻¹
	Sólido Suspensos Totais	mg·L ⁻¹
	Nitrogênio Total Kjeldahl	mg·L ⁻¹

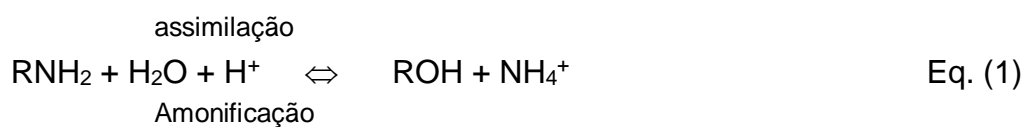
Fonte: Autoria própria (2018).

Notas:

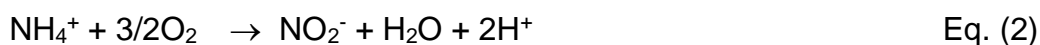
- P1 - Efluente Bruto/ Entrada Tanque de Equalização
- P2 – Saída Tanque de Equalização/ Entrada Flotador FAD
- P3 – Saída Flotador FAD/ Entrada Lagoa Anaeróbia 1
- P4 – Saída Lagoa Anaeróbia 1/ Entrada Lagoa Anaeróbia 2
- P5 – Saída Lagoa Anaeróbia 2/ Entrada Lagoa Anaeróbia 3
- P6 – Saída Lagoa Anaeróbia 3/ Entrada Tanque de Aeração
- P7 – Saída Tanque de Aeração/ Entrada Decantadores Secundários
- P8 (a) e (b)– Saída Decantadores Secundários/ Entrada Lagoa de Fertirrigação 1
- P9 – Saída Lagoa de Fertirrigação 1/ Entrada Lagoa de Fertirrigação 2
- P10 – Entrada Biodigestor 1
- P11 – Saída Biodigestor 1
- P12- Entrada Biodigestor 2
- P13 – Saída Biodigestor 2
- P14 - Água de Reciclo

Considerando a natureza da indústria em estudo, abate e industrialização de aves, recomenda-se no efluente bruto (P1) além da caracterização da matéria orgânica (DBO e DQO) a caracterização da matéria nitrogenada, especialmente o nitrogênio orgânico e amoniacal. De acordo com Grady et al. (1999), nas águas residuárias, o nitrogênio se compõe principalmente de nitrogênio amoniacal e nitrogênio orgânico (aminoácidos, proteínas, nucleotídeos, etc.).

Nos pontos P3, P4, P5 e P6, entradas e saídas dos reatores anaeróbio, recomenda-se a avaliação do nitrogênio orgânico e amoniacal. De acordo com Eckenfelder (2000), na reação de amonificação o nitrogênio orgânico é convertido em nitrogênio amoniacal, enquanto na assimilação o processo inverso ocorre. Segundo Van Haandel; Marais (1999), levando-se em consideração que o nitrogênio amoniacal a um pH perto do valor neutro terá predominantemente a forma salina (NH_4^+), pode-se representar esta etapa através da Equação 1.



No sistema de lodos ativados, pontos P6, P7 e P8 (a) e (b), podem acontecer vários processos que mudam a forma do material nitrogenado, especialmente a nitrificação. De acordo com Henze et al. (2001), a nitrificação é um processo que ocorre em duas etapas, como ilustra as equações (2) e (3), na primeira ocorre a oxidação do íon amônio (NH_4^+) a nitrito (NO_2^-) pelas bactérias autotróficas oxidantes de amônia, frequentemente conhecidas como Nitrossomonas. Subsequentemente o nitrito é então oxidado a (NO_3^-) por outro grupo, frequentemente conhecidas como Nitrobacter.



Desta forma, como o processo anaeróbio ocorrido converte nitrogênio orgânico em nitrogênio amoniacal. No sistema de lodos ativados, onde ocorre a nitrificação, deve-se avaliar a conversão do nitrogênio amoniacal a nitrito (NO_2^-) e nitrato (NO_3^-).

Para ter uma amostragem mais concreta do processo de lodo ativado requer uma avaliação da microfauna, biota do lodo. Segundo Curds (1969) apud Medeiros (2005), a função principal dos microrganismos no processo de lodos ativados está diretamente relacionado a sua capacidade de assimilar matéria orgânica, fungos e bactérias. Estes são bem sensíveis às alterações no processo, os componentes da microfauna alternam-se no sistema em resposta às mudanças nas condições físico-químicas e ambientais (JENKINS et al., 1993 apud KLAUS, 2012). Tendo em vista, que a composição da microfauna do lodo ativado revela particularidades do processo, em relação a eficiência na remoção de DBO, de sólidos suspensos, das condições de sedimentação do lodo, do nível de aeração empregado no sistema, da presença de compostos tóxicos, tais como metais pesados e amônia, além de poder indicar a ocorrência de sobrecargas orgânicas e de nitrificação (GERARDI, 1986 apud KLAUS, 2012).

O monitoramento de oxigênio dissolvido (OD) no tanque de aeração deve-se realizado com frequência, pois ele está diretamente ligado ao crescimento dos microrganismos. Além disso, nos tanques de aeração de sistemas de lodo ativado por aeração prolongada a faixa de concentração de OD normalmente utilizada é entre 2,0 e 2,5 mg OD·L⁻¹ (NUNES, 2014).

4.3.2 Remoção de nitrogênio no tratamento secundário

Segundo Von Sperling (1996), a remoção biológica de nutrientes pode ocorrer por sistemas biológicos convencionais de tratamento, tais como lagoas de estabilização, processos de lodos ativados convencionais, filtros biológicos, biodiscos, etc., além do uso de sistemas biológicos alternativos, como a utilização de macrófitas, entre outros. Os processos de remoção biológica de nutrientes convencionais, usados no tratamento de águas residuárias, atingem a remoção de nitrogênio envolvendo fases aeróbias e anaeróbias, separadas em diferentes reatores ou por diferentes intervalos de aeração.

Durante a transformação do nitrogênio da forma orgânica até a forma molecular (N₂), todo o processo é biológico e participam microrganismos heterotróficos e autotróficos, anaeróbios e aeróbios, e a remoção de nitrogênio ocorre sob três

mecanismos básicos: amonificação, nitrificação e desnitrificação (ECKENFELDER, 2000).

O sistema de tratamento atual, nível secundário, é composto por reatores anaeróbios convencionais (lagoas de estabilização em série) seguidos por um sistema de lodos ativados composto por tanque de aeração e dois decantadores secundários operados em paralelo. O mesmo foi concebido apenas para nitrificação, contudo o processo de nitrificação não remove nitrogênio da água residuária, apenas altera o estado de oxidação dos compostos de nitrogênio. Sendo necessária a etapa de desnitrificação para ocorrer a conversão do nitrito e nitrato em nitrogênio gasoso.

A desnitrificação é o processo de conversão biológica de compostos oxidados de nitrogênio, como nitrito e nitrato a formas mais reduzidas. As reações de redução do nitrato envolvem as seguintes etapas de redução, de nitrato (NO_3^-) para (NO_2^-), para óxido nítrico (NO), óxido nitroso (N_2O) e gás nitrogênio (N_2), como ilustrado na equação (4) (HENZE et al., 2001).



Os três últimos produtos são liberados na forma gasosa, mas somente a redução a N_2 é capaz de evitar os prejuízos decorrentes da presença de compostos nitrogenados no meio líquido.

Como proposta de melhoria na etapa de desnitrificação Cavalcanti (2012); Nunes (2014) recomendam que a remoção biológica de nitrogênio deve ocorrer no reator anóxico, devido o desprendimento de nitrogênio gasoso para a atmosfera. Nesse caso a desnitrificação no decantador secundário é inapropriado, por provocar perdas de sólidos, que conseqüentemente acaba prejudicando a qualidade do efluente tratado (NUNES, 2014). No entanto a parcela de N removido, que não é emitida como N_2O , encontra-se incorporada ao lodo de descarte, ou é transferida para a atmosfera como em N_2 , produzido pela desnitrificação associada à nitrificação desnitrificante no tanque de aeração e, possivelmente, esse processo está ligado nitrificação seguida de desnitrificação no decantador, causando ascensão e perda de lodo (BROTTO, 2011).

O reator anóxico produz um efluente com redução de nitrogênio total via desnitrificação. Estes reatores são utilizados para tratamento de efluentes com carga orgânica e nitrogênio amoniacal ou nitrato (METCALFY; EDDY, 2016). As

condições anóxicas ocorrem devido à ausência ou baixas concentrações de oxigênio dissolvido, onde as bactérias facultativas desnitrificantes utilizam o nitrato disponível como oxidante (NUNES, 2014). Nos sistemas de lodo ativado, a desnitrificação poderá ocorrer através dos sistemas de Pré-Desnitrificação (Pré-D), Pós-Desnitrificação (Pós-D) ou pelo processo de Bardepho (NUNES, 2012); (CAVALCANTI, 2012)

O sistema de pré-desnitrificação constitui de um reator anóxico, (onde se desenvolve a desnitrificação), em série com um reator aerado (onde se desenvolve a etapa de nitrificação) seguido de um decantador (METCALFY; EDDY, 2016). Esse sistema contempla dois sistemas de reciclo, um após o reator aeróbio para o reator anóxico e o outro após o decantador secundário para o reator anóxico (NUNES, 2012). Ilustrado na (Figura 25).

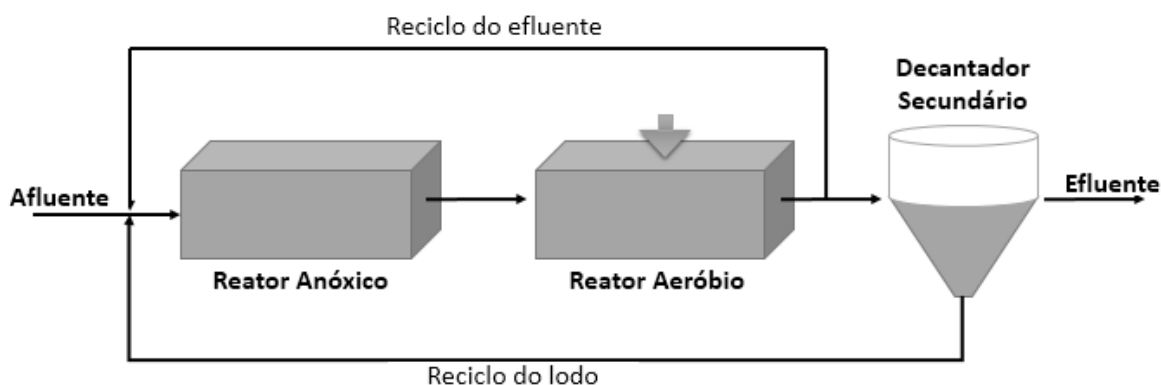


Figura 23 - Sistema Pré-Desnitrificação
Fonte: Adaptado Nunes (2014)

A taxa de desnitrificação nesse sistema é bastante elevada, em decorrência da concentração de matéria orgânica, porém uma parte do nitrato será incorporado com o efluente devido a introdução de um sistema de reciclo (CAVALCANTI, 2012).

O sistema de pós-desnitrificação é formado por dois reatores em série sendo o primeiro aeróbio e o segundo anóxico, ocorrendo o processo de nitrificação e desnitrificação respectivamente e em seguida um decantador secundário. O lodo é recirculado do decantador secundário para a entrada do reator aerado (NUNES, 2012). Exposto na (Figura 26).

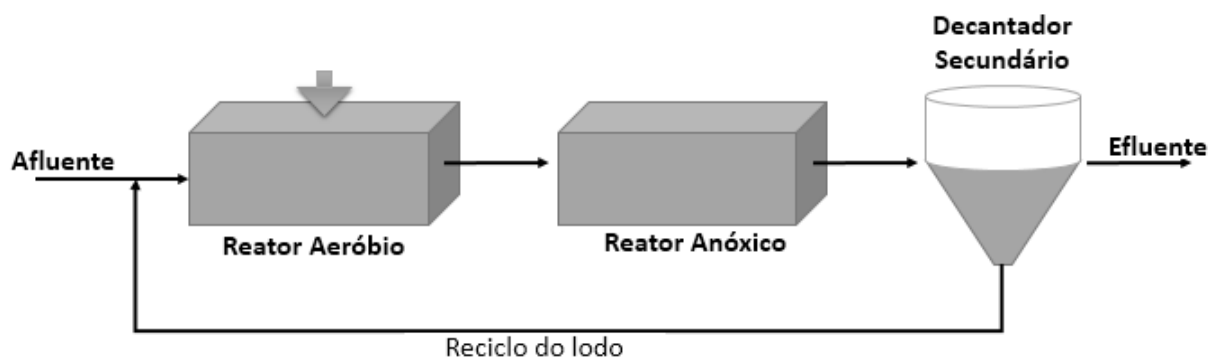


Figura 24 - Sistema Pós-Desnitrificação

Fonte: Adaptado Nunes (2014)

Nesse sistema o processo de desnitrificação é baixa em decorrência da remoção de uma grande parte do material orgânico no reator aeróbio. (CAVALCANTI, 2012).

O sistema Bardenpho, incorpora quatro reatores em série e um decantador secundário, através da sequência, reator anóxico, reator aeróbio, reator anóxico, reator aeróbio (Figura 27).

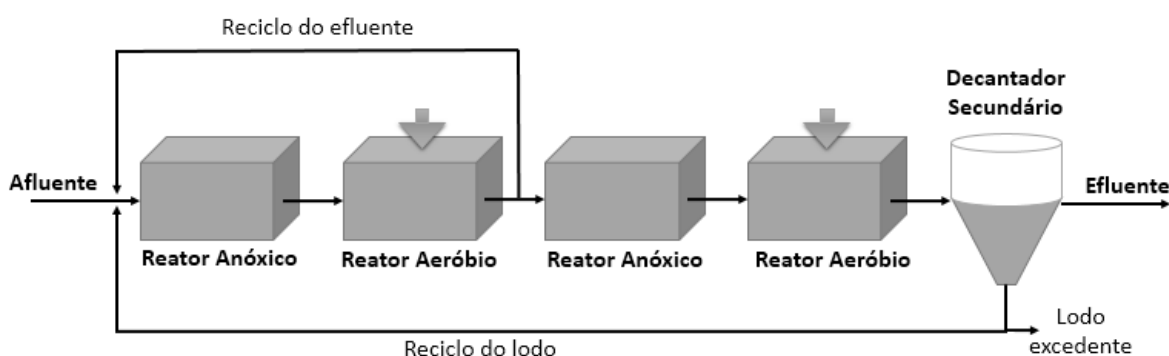


Figura 25 - Processo Bardenpho

Fonte: Adaptado Nunes (2014)

Este processo é uma combinação dos sistemas Pré-D e Pós-D, reunindo as vantagens de ambos, podendo obter eficiência de remoção de nitrogênio de 90 a 95%, que acaba reduzindo a concentração de nitrogênio no efluente final a valores abaixo de $5 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ (NUNES, 2012). Dessa forma encaixando nos valores estabelecido pela legislação de até $20 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ (IAP, 2013). Porém uma desvantagem em relação a esse sistema, é que o mesmo demanda um alto investimento na construção dos reatores (CAVALCANTI, 2012).

Avaliando os sistemas proposto para desnitrificação do efluente, levando em consideração os aspectos físicos da indústria em conjunto do atual sistema de

tratamento e ao custo de implementação. A maneira mais adequada para desnitrificação seria a execução do sistema de Pós-Desnitrificação constituído de um reator aeróbio seguido de um reator anóxico e decantador secundário, tendo em vista que as instalações do sistema de aeração e decantadores encontram-se na indústria, tornando essa opção viável economicamente. A Figura 26 ilustra o sistema sugerido para o tratamento secundário do abatedouro e frigorífico em estudo para remoção dos poluentes.

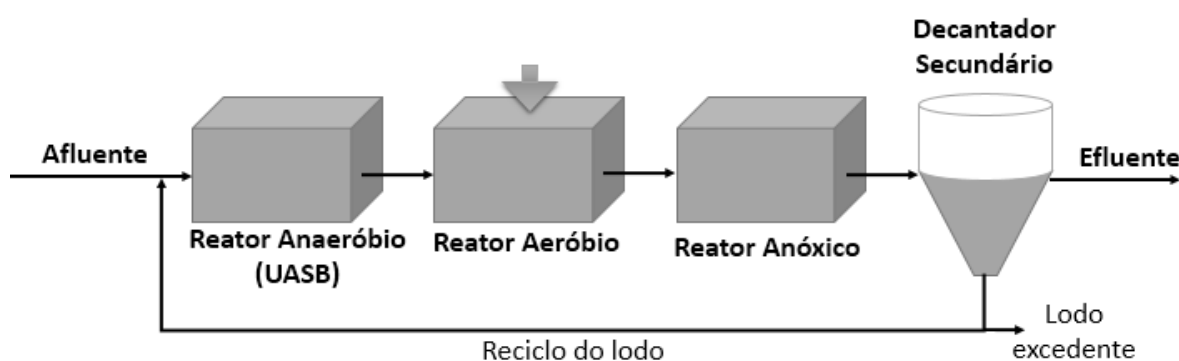


Figura 26 - Sistema sugerida para o tratamento secundário.
Fonte: Autoria própria (2018).

Dessa forma, o sistema proposto para o tratamento secundário na remoção adequada de matéria orgânica e nutrientes, deve-se constituído por um reator anaeróbio tipo UASB seguido de um reator aeróbio, um reator anóxico e dois decantadores secundários.

5 CONCLUSÃO

O sistema de tratamento de efluentes do abatedouro e frigorífico de aves em estudo, apresentou os níveis de tratamento adequado na remoção de poluentes para esse ramo de indústria, sendo estes, preliminar, primário e secundário. Sendo que o efluente final atende todos os parâmetros dispostos pela legislação para destinação final em solo. No entanto, avaliando os parâmetros de projetos da planta de tratamento, junto com a avaliação físico-química do efluente disponibilizados pela empresa e observações in loco, foi permitido identificar possíveis melhorias a serem realizadas nesses níveis, de modo a aumentar a eficiência na remoção dos poluentes e atender a legislações ambientais vigentes.

O sistema secundário apresentou um tratamento ineficiente em relação a remoção de matéria orgânica e nutrientes, sendo que, o sistema de lagoas anaeróbias apresentou um TDH bem abaixo do valor previsto pela literatura, que acaba afetando a degradação da matéria orgânica pelos microrganismos anaeróbios, que conseqüentemente acabam reduzindo a eficiência de remoção das mesmas. Em relação ao sistema de lodos ativados, apresentam taxas de conversão de nitrogênio baixo, havendo a necessidade de realizar o processo de desnitrificação.

Ao identificar as possíveis melhorias para esses sistemas, relacionando-os aos parâmetros de projetos alinhados aos dados físico-químicos e ao custo de implementação, as propostas foram feitas de modo que o sistema de tratamento de efluentes possa ser operado de maneira adequada a fim continuar atendendo os parâmetros legais. Essas propostas foram, a alteração das lagoas anaeróbias por um reator anaeróbio UASB, implementação de reatores aerados e anóxicos para a formação processo Pós.

Por fim, para uma avaliação mais completa do sistema de tratamento de efluentes da indústria, seria necessário acrescentar pontos de amostragem e parâmetros físico-químicos avaliados em todos os níveis de tratamento, para que cada operação pudesse ter a sua eficiência avaliada individualmente considerando a finalidade e sua aplicação. Faz com que haja uma diminuição expressiva de possíveis impactos que o efluente poderia causar no corpo receptor.

REFERÊNCIAS

ABPA - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PROTEÍNA ANIMAL. **Relatório anual 2017-**, disponível em abpa-br.com.br/storage/files/relatório-anual-2017.pdf, acesso 12 mai. 2018.

AGÊNCIA GOIÂNIA DE DEFESA AGROPECUÁRIA – AGRODEFESA. (2013) **Gerência de inspeção produtos de origem animal: normas de construção abatedouro de aves**. Disponível em: <http://www.agrodefesa.go.gov.br/index.php/publicacoes/insp-areas-atuacao/88-abatedouro-de-aves/file>. Acesso em: 10 jun. 2015.

APHA. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. 22 th Edition. Washington: APHA-AWWA-WEF, 2012. 1360 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 9898/87** - Preservação e técnicas de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores.

BARÃO, L. Z. **Avaliação inicial de lagoas de lemnas com chicanas na remoção de DQO e fósforo de efluentes domésticos e na fixação de CO₂**. 2014. 79 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Sanitária e Ambiental, Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2014.

BOURSCHEIDT, C. T. **Estudo do processo de coagulação/floculação utilizando moringa oleifera lam para tratabilidade de efluentes líquidos do processamento de pescado**. Universidade estadual do oeste do paraná – Toledo – PR, 2014

BORBA, L. R. **Viabilidade do uso da moringa oleira lam no tratamento simplificado de água para pequenas comunidades**. 2001. 76p. Dissertação (Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente) – Centro de Ciencias exatas e da Natureza, Universidade Federal da Paraiba – UFPB, João Pessoa. 2001

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **CONAMA. Resolução 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, do Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA. Publicado no Diário Oficial da União em 16-05-2011. Seção 1, p.89.

CAVALCANTI, J. E. W. de A. **Manual de Tratamento de Efluentes Industriais**. 2 ed. São Paulo: Engenho Editora Técnica Ltda, 2012.

CETESB – COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. **Guia Técnico Ambiental de Abate (Bovino e Suíno) - Série P + L**. São Paulo, 2008.

Disponível em: <[http://www.cetesb.sp.gov.br/Tecnologia/producao_limpa/documentos/abate .pdf](http://www.cetesb.sp.gov.br/Tecnologia/producao_limpa/documentos/abate.pdf)>. Acesso em 22 mai. 2018.

CONAMA, CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE. **Resolução no 357**. Março 2005.

_____. **Resolução no 397**. 2008.

CHERNICHARO, C. A. L. **Reatores Anaeróbios - Princípios de tratamento Biológico de águas Residuárias**. v. 5. Belo Horizonte: DESA-UFMG. 1997.

CLIMATEMPO, **Dados climatológico da cidade de Matelândia**, disponível em <https://www.climatempo.com.br/climatologia/2868/matelandia-pr>, acesso 26 set 2018.

CONSELHO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução CEMA Resolução n.º 070, de 19 de outubro de 2010. **Dispõe sobre o licenciamento ambiental, estabelece condições e critérios e dá outras providências, para empreendimentos industriais**. Disponível em: < http://www.iap.pr.gov.br/arquivos/File/Legislacao_ambiental/Legislacao_estadual/RESOLUCOES/resolucao_cema_70_2009.pdf>. Acesso em: 22 ago. 2018.

CORAUCCI FILHO, B. et al. **Disposição no solo**. Desinfecção de efluentes sanitários. **ABES, RiMa, Rio de Janeiro**, p. 337-387, 2003.

CRITTENDEN, J. C.; TRUSSELL, R.R.; HAND, D. W.; HOWE, K. J.; TCHOBANOGLOUS, G. **Water Treatment: Principles and Design**, MWH, 2 ed., 2005.

DACACH, N. G. **Tratamento Primário de Esgoto**. Rio de Janeiro: EDC – Editora didática e Científica 1991.

DA SILVA, Herbert Lima Belo. **Uso de Membranas Microporosas no Tratamento de Efluentes de um Frigorífico de Abate de Aves**. Dissertação de Mestrado. Engenharia de Alimentos, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis : UFSC, 2005. p. 81.

DEL NERY, V. et al. **Long-term operating performance of a poultry slaughterhouse wastewater treatment plant**. Resources, conservation and recycling, v. 50, n. 1, p. 102-114, 2007.

DI BERNARDO, L; SABOAGAL PAZ, L.P., **Seleção de tecnologia de tratamento de água**, Ed; LDiBe, São Carlos, SP. 2008.

ECKENFELDER JR, W. W. **Industrial Water Pollution Control**. 3. Ed, EUA: McGraw-Hill, 2000. 271 p.

EMBRAPA, EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA, **Desempenho da produção suína e avícola**, disponível em www.embrapa.br/suino-e-aves/cias/estatisticas-2017, acesso 18 mai 2018.

FERNANDES, Marcelo Antônio. **Avaliação de desempenho de um frigorífico avícola quanto aos princípios da produção sustentável**. Dissertação de Mestrado, Departamento de Administração, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre: s.n., 2004.

GIORDANO, G. (2004). **Tratamento e controle de efluentes industriais**. Revista ABES, 4(76).

GRADY, C. P. L. et al. **Biological Wastewater Treatment**. 2. ed. New York: Marcel Dekker, 1076 p, 1999.

HENZE, M. *et al.* **Wastewater Treatment: Biological and Chemical Processes**. 3 ed. Berlin, Germany: Springer. 430p. 2001.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Indicadores IBGE – Estatística de produção Pecuária**, Junho-Dezembro 2017. Disponível em: <<https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-noticias/2013-agencia-de-noticias/releases/20523-em-2017-cresce-abate-de-bovinos-e-suinos-mas-cai-o-de-frangos.html>> Acesso em: 22 jun. 2018.

JOHNS, M. R. **Developments in wastewater treatment in the meat processing industry: a review**. Bioresource Technology, v. 54, p. 203-216, 1995

JORDÃO, E.P.; PESSÔA, C.A. **Tratamento de esgotos domésticos**. ABES: Rio de Janeiro, 2017, vol 8, p. 915.

LORA, E. E. S.. **Prevenção e controle da poluição nos setores energético, industrial e transporte**. Brasília, DF: ANEEL, 2001

LEME, E. J. de A. **Manual Prático de Tratamento de Águas Residuárias**. São Carlos: EDUFSCar, 2010.

LIMA, G. J. A. **Uso de polímero natural do quiabo como auxiliar de floculação e filtração em tratamento e água e esgoto**. 2007, 154p. Dissertação de mestrado em engenharia ambiental, UERJ, Rio de Janeiro/ RJ. 2007

MACEDO, C.F.; TAVARES, L.S.; **Eutrofização e qualidade da água na piscicultura: consequências e recomendações**. Bol. Inst. Pesca, São Paulo, 36(2): 149 – 163, 2010.

MAPA, MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. **Informações sobre a agricultura e pecuária no Brasil**. 2016 Disponível em: <www.agricultura.org.br>. Acesso em: 15 de maio 2018.

MARTINS, H. C. **Estudo sobre os processos de coagulação, floculação e decantação em efluentes oriundos de usina canavieira**. 2014, 56p. Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, 2014.

MATSUMURA, **Perspectivas para conservação e reuso de água na indústria de alimentos** - Estudo de uma unidade de processamento de frangos. Dissertação de Mestrado. Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo: s.n., 2007.

MATIOLO, M. E.; RUBIO. E. **Flotação avançada para o tratamento e reaproveitamento de águas poluídas**. XIX Prêmio Jovem Cientista - Água – Fonte de vida, Universidade Federal do Rio Grande do Sul 2003.

MENDONÇA, S. R.; **Lagoas de Estabilização e Aeradas Mecanicamente: novos conceitos**. João Pessoa, PB: S. Rolim Mendonça, 1990.

METCALF, L.; EDDY, H.P. **Wastewater Engineering: Treatment and Reuse**. 4 ed. Revisado por George Tchobanoglous, Franklin L. Burton, H. David Stensel. New York: McGraw-Hill, 1819p, 2003.

METCALF, L; EDDY, H P. **Tratamento de Efluentes e Recuperação de Recursos**. 5. ed. Nova Iorque: Mcgraw-hill, 2016. 2008 p. Tradução de: Ivanildo Hespanhol e José Carlos Mierzwa.

MORAES, **Uniformidade de irrigação por gotejamento usando efluente tratado de abatedouro de aves**, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Universidade Estadual Do Oeste Do Parana, Cascavel, 2017.

QUIMICA – **Esquema do lodo ativado**, disponível em <https://www.quimica.com.br/artigo-tecnico-tratamento-de-efluentes-tecnicos-criticam-unidades-anaerobicas-de-fluxo-ascendente-em-esgoto-e-sugerem-alternativas/3/>, acesso 26 jun 2018.

NOGUEIRA, F. C. B. NETO, F. R. C. ZAMPERO, R. SABINO, P. H. **Sementes de Moringa Oleífera e extrato de quiabo no tratamento de efluentes urbanos e industriais**. Anais...II Encontro Nacional de Moringa. Aracaju – SE, 2010.

NUNES, J. A. **Tratamento biológico de águas residuárias**. 4. ed. Aracaju: Gráfica e Editora J. Andrade , 2014,305 p.

_____. **Tratamento físico-químico de águas residuárias industriais**. 6. ed. Aracaju: Gráfica e Editora J. Andrade , 2012, 315p.

OLIVO, Rubinson. **O Mundo do Frango, Cadeia Produtiva da Carne do Frango**. Criciúma : Editora do Autor, 2006. 680p.

PIANTÁ, C. A. V. **Emprego de coagulantes orgânicos naturais como alternativa ao uso do sulfato de alumínio no tratamento de água**. Projeto de pesquisa – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008.

RAMALHO, R. S. **Tratamento de Águas Residuais**. Barcelona, Editora Reverte, 1996.

RENAULT, F.; Sancey, B.; Badot, P.-M.; Crini, G. **Chitosan for coagulation/flocculation processes an eco-friendly approach**. European Polymer Journal, vol. 45, p. 1337–1348, 2009.

RUBIO, J.; TESSELE, F.; PORCILE, P. A. MARINKOVIC, E. **Flotación como proceso de remoción de contaminantes**. I: Principios básicos, técnicas y aplicaciones. Minerales, v. 56, n. 242, p. 9-18, 2001.

SARCINELLI, M. F.; VENTURINI, K. S.; SILVA, L. C. **Abate das Aves**. Boletim Técnico. Universidade Federal do Espírito Santo. Vitória, ES, 2007.

SCHATZMANN, H. C. **Tratamento avançado de efluentes de frigorífico de aves e o reuso da água**. Programa de Pós-graduação em Engenharia de Química, Universidade Federal De Santa Catarina, 2009.

SEAB PR – SECRETARIA DE ESTADO DA AGRICULTURA E DO ABASTECIMENTO DO PARANÁ. **Números da Pecuária Paranaense**, 2017. Disponível em: < <http://www.agricultura.pr.gov.br/arquivos/File/deral/nppr.pdf>>. Acesso em 22 jun. 2018.

SINDICARNE PR – Sindicato da Indústria de Carnes e Derivados no Estado do Paraná. **Abate de suínos com Inspeção Federal no Paraná**. Disponível em: < <http://www.sindicarne.com.br/content/view/11219/6//>>. Acesso 22 jun. 2018.

SPELLMAN, Frank R. **Handbook of Water and Wastewater treatment plant operations**. London : Lewis Publishers, 2003. p. 669.

VAN HAANDEL, A.; MARAIS, G. **O Comportamento do Sistema de Lodo Ativado: Teoria e Aplicações para Projetos e Operação**. Campina Grande: Epigraf, 488p, 1999.

VON SPERLING, M. **Princípios do tratamento biológico de águas residuárias V. 4 - Lodos ativados**. Belo Horizonte : UFMG, 1997. Vol. 4. p. 414

_____. **Princípios do tratamento biológico de águas residuárias V. 5 – Reatores anaeróbios**. Belo Horizonte : UFMG, 1997. Vol. 5. 245p.

_____. **Estudo e modelagem da qualidade da água de rios.** Belo Horizonte: UFMG, 2007, p. 588

_____. **Princípios do tratamento biológico de águas residuárias V. 3 – Lagoas de estabilização.** Belo Horizonte: UFMG, 2017. 3ed.. 196p.

_____. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos,** Vol. 1. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental – UFMG 1996.

WIESMANN, U. *et al.* **Fundamentals of Biological Wastewater Treatment** Weinheim, Germany:WILEY-VCH Verlag GmbH & Co KGaA. 362p., 2007

ZAHER, Usama; CHEONG, Dae-Yeol; WU, BINXIN; CHEN, Shulin. **Producing Energy and Fertilizer From Organic Municipal Solid Waste. Department of Biological Systems Engineering.** Washington State University. Ecology Publication No. 07.07.024. 2007. Disponível em: <<https://fortress.wa.gov/ecy/publications/publications/0707024.pdf>>. Acesso em 07 out. 2018.

APÊNDICE A

1.1 RESULTADOS OBTIDOS ATRÁVÉS DA ANÁLISE DOS PARÂMETROS E PONTOS DE AMOSTRAGEM

Os resultados nessa secção foram obtidos através da análise e os pontos de amostragem na planta de tratamento em estudo, levando em consideração análises mensais para cada ponto.

Tabela 21 - Resultados das análises para Sólidos Suspensos Totais (SST) em mg·L⁻¹ em cada ponto de amostragem no ano de 2017.

Mês	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12
JAN	1805,00	108,75	6005,00	307,50	607,50	1418,75	135,00	172,50	555,00	70,50	70,50	1353,33
FEV	1417,50	101,25	1852,50	195,00	4607,50	226,25	227,50	116,25	555,00	26,92	30,25	1880,00
MAR	2282,00	156,00	3302,00	288,00	1260,00	188,00	218,00	218,00	522,00	77,50	96,00	2234,00
ABR	2496,67	300,00	3106,67	366,67	2643,33	150,00	110,00	176,67	343,33	133,33	82,50	2120,00
MAI	2422,50	68,75	792,50	110,00	490,00	185,00	107,50	115,00	810,00	43,00	56,50	2325,00
JUN	2620,00	110,00	21906,67	335,00	463,33	255,00	143,33	156,67	1116,67	428,33	34,67	2320,00
JUL	1511,25	297,04	56890,00	225,00	852,50	285,00	145,00	110,71	467,50	93,75	88,24	1481,50
AGO	2648,89	58,40	4240,00	127,86	762,50	567,50	108,50	262,86	373,50	34,58	89,62	945,00
SET	2746,00	504,84	7430,00	138,50	1352,60	320,67	148,17	169,42	954,29	37,11	54,20	2125,71
OUT	28380,00	2140,54	10646,66	494,51	9210,00	36877,50	995,82	936,66	7330,00	1144,16	447,83	24710,00
NOV	3024,29	345,71	728,33	100,00	13800,00	5795,00	609,50	538,75	1260,00	85,70	51,08	2891,43
DEZ	2684,00	98,24	42200,00	260,00	232,69	230,87	199,68	104,44	618,00	44,17	28,38	1842,50

Tabela 22 - Resultados das análises para Demanda Química de Oxigênio em cada (DQO) em mg-L⁻¹ em ponto de amostragem no ano de 2017.

Mês	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12
JAN	5816,25	1484,75	17813,75	707,75	1707,25	1801,75	864,25	676,75	872,75	92,50	239,50	-
FEV	6333,75	990,00	7368,75	551,33	1975,00	583,25	971,75	648,75	776,25	84,00	69,00	-
MAR	7569,80	1026,00	8734,00	2396,80	960,00	548,00	1039,00	760,80	1157,00	124,80	83,20	-
ABR	5520,00	1215,00	7358,33	375,67	5256,00	583,67	1261,67	905,33	950,67	147,00	111,50	-
MAI	7420,00	838,75	4143,75	374,50	1642,50	572,50	1168,25	824,00	1458,25	105,25	69,25	-
JUN	7866,67	861,67	9568,33	415,50	963,00	573,00	844,33	795,67	1746,67	71,33	31,50	-
JUL	7025,00	988,75	82250,00	365,75	3068,75	1207,50	1057,75	795,50	1064,50	115,75	67,50	-
AGO	6487,50	934,00	7546,25	549,25	2177,25	1169,25	963,75	876,50	836,25	177,50	94,50	-
SET	8365,00	5191,50	5105,00	594,50	1145,00	955,50	981,00	842,50	1290,00	110,00	91,00	-
OUT	7690,00	1596,33	1235,80	163,67	2318,33	12973,33	1173,00	1141,67	1356,00	368,33	130,67	-
NOV	7901,67	1536,00	1730,00	247,00	35100,00	6966,67	1375,00	1146,67	1666,67	182,00	130,33	-
DEZ	7010,00	901,00	7540,00	591,50	845,00	1046,00	1116,00	1010,00	1281,67	99,33	71,67	-

Tabela 23 - Resultados das análises para Óleos e Graxas (OG) em mg-L⁻¹ em cada ponto de amostragem no ano de 2017.

Mês	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12
JAN	1.693,18	11,80	-	-	-	-	-	-	-	-	11,9	-
FEV	960,73	24,05	-	-	-	-	-	-	-	-	11,33	-
MAR	1342,94	23,0	-	-	-	-	-	-	-	-	9,4	-
ABR	1.813,40	936,87	-	-	-	-	-	-	-	-	4,6	-
MAI	638,18	10,47	-	-	-	-	-	-	-	-	7,57	-
JUN	1.208,23	10	-	-	-	-	-	-	-	-	8,88	-
JUL	830,43	35,25	-	-	-	-	-	-	-	-	7,14	-
AGO	1.417	8,08	-	-	-	-	-	-	-	-	2,93	-
SET	1.281,75	11,87	-	-	-	-	-	-	-	-	6,2	-
OUT	879,98	36,56	-	-	-	-	-	-	-	-	7,75	-
NOV	483	50,35	-	-	-	-	-	-	-	-	6,05	-
DEZ	660,1	103,95	-	-	-	-	-	-	-	-	9,35	-

Tabela 24 - Resultados das análises para Nitrogênio Total Kjeldahl (NTK) em mg-L⁻¹ em cada ponto de amostragem no ano de 2017.

Mês	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12
JAN	-	-	-	-	-	-	127,21	134,15	-	-	51,35	167,87
FEV	-	-	-	-	-	-	117,58	142,10	-	-	62,44	169,17
MAR	-	-	-	-	-	-	63,48	126,85	-	-	46,91	81,04
ABR	-	-	-	-	-	-	129,16	146,81	-	-	53,71	247,12
MAI	-	-	-	-	-	-	123,71	151,07	-	-	37,68	170,42
JUN	-	-	-	-	-	-	143,52	130,44	-	-	48,68	206,33
JUL	-	-	-	-	-	-	81,45	126,97	-	-	50,56	202,94
AGO	-	-	-	-	-	94,14	92,54	124,05	97,63	-	41,14	134,23
SET	-	-	-	-	-	77,56	95,59	127,27	-	-	22,84	215,18
OUT	-	-	-	-	-	-	109,01	140,73	-	-	65,33	292,22
NOV	-	-	-	-	-	-	121,40	143,87	-	-	66,30	238,75
DEZ	-	-	-	-	-	-	183,71	148,67	-	-	33,00	164,93

Tabela 25 - Resultados das análises para de Nitrogênio Amoniacal em mg-L⁻¹ em cada ponto de amostragem no ano de 2017.

	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12
JAN	-	-	13,78	97,13	100,23	99,38	20,53	-	-	18,98	15,93	-
FEV	-	-	6,03	27,55	18,93	23,38	12,53	-	-	5,01	3,60	-
MAR	-	-	10,56	22,62	24,32	27,08	11,36	-	-	1,71	2,03	-
ABR	-	-	8,73	25,63	23,17	21,77	9,77	-	-	1,70	2,22	-
MAI	-	-	14,68	48,53	23,65	25,60	14,25	-	-	1,71	2,65	-
JUN	-	-	8,90	23,55	23,17	29,75	6,03	-	-	2,39	2,16	-
JUL	-	-	38,65	21,88	18,30	23,83	5,15	-	-	1,80	1,75	-
AGO	-	-	5,95	17,00	15,43	23,03	5,18	90,00	-	1,20	1,55	-
SET	-	-	7,05	112,08	14,06	41,88	6,96	4,70	-	5,55	1,48	-
OUT	-	-	27,90	243,00	63,88	157,90	26,55	-	-	43,63	4,83	-
NOV	-	-	6,34	6,32	77,40	231,40	31,80	-	-	47,60	6,80	-
DEZ	-	-	14,16	62,24	35,69	65,05	13,69	47,35	-	12,11	4,22	-

Tabela 26 - Resultados das análises para Sólidos Suspensos Fixos (SSF) em mg·L⁻¹ em cada ponto de amostragem no ano de 2017.

	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12
JAN	145,00	58,75	182,50	125,00	95,00	236,25	75,00	55,00	105,00	32,25	25,75	313,33
FEV	142,50	16,25	102,50	55,00	322,50	56,25	62,50	30,00	122,50	4,58	8,50	652,50
MAR	180,00	60,00	640,00	154,00	180,00	100,00	112,00	68,00	138,00	34,90	35,00	712,00
ABR	383,33	25,00	280,00	50,00	1146,67	46,67	28,33	56,67	66,67	38,33	35,00	505,00
MAI	185,00	17,50	75,00	55,00	40,00	42,50	22,50	30,00	165,00	9,50	16,00	325,00
JUN	106,67	16,67	253,33	20,00	33,33	25,00	23,33	23,33	110,00	14,67	6,33	263,33
JUL	117,50	23,50	645,00	60,00	117,50	72,50	27,50	32,14	70,00	14,79	11,81	207,50
AGO	130,00	9,02	270,00	28,75	100,00	60,00	9,83	39,78	36,67	3,92	25,61	160,83
SET	162,89	46,83	267,50	74,00	125,33	81,33	46,00	53,97	168,57	13,65	33,74	351,43
OUT	228,75	24,24	129,33	30,71	204,00	380,50	35,00	41,33	149,00	35,99	12,71	333,00
NOV	166,25	45,55	130,00	-	149,52	597,50	66,50	130,42	144,29	11,17	13,70	505,00
DEZ	60,00	4,61	-	0,00	24,00	60,00	17,14	28,00	10,00	8,57	4,00	140,00

Tabela 27 - Resultados das análises para Sólidos Suspensos Voláteis (SSV) em mg·L⁻¹ em cada ponto de amostragem no ano de 2017.

	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12
JAN	6640,00	200,00	23290,00	730,00	2050,00	4730,00	240,00	525,81	1800,00	153,00	179,00	3120,00
FEV	1275,00	85,00	1750,00	140,00	3522,00	1005,00	215,00	91,25	342,50	22,33	21,75	1227,50
MAR	2102,00	96,00	2662,00	1014,00	1056,00	124,00	106,00	150,00	544,00	42,60	61,00	1522,00
ABR	2113,33	275,00	2826,67	316,67	2403,33	130,00	81,67	120,00	276,67	95,00	47,50	1615,00
MAI	2237,50	51,25	692,50	92,50	450,00	142,50	85,00	85,00	645,00	33,50	40,50	2000,00
JUN	2513,33	93,33	21653,33	315,00	430,00	230,00	120,00	140,00	1006,67	40,33	28,33	2056,67
JUL	1393,75	273,54	56245,00	165,00	735,00	212,50	117,50	90,00	397,50	78,96	59,29	1287,50
AGO	2545,56	49,38	3970,00	105,54	662,50	505,00	98,67	190,75	520,00	30,67	66,95	784,17
SET	2583,11	458,34	7162,50	64,50	1227,33	239,33	102,17	106,13	831,43	254,29	17,05	2040,00
OUT	2963,75	159,71	2511,67	86,90	2232,50	8788,75	225,21	192,50	666,67	87,76	61,93	2411,11
NOV	2803,33	292,24	640,00	93,34	19930,00	3680,00	528,00	405,00	1126,67	70,69	379,88	2540,00
DEZ	2536,00	60,93	42160,00	255,00	207,62	205,78	169,52	81,78	567,00	27,89	18,00	1530,00

Tabela 30 - Resultados das análises para pH em cada ponto de amostragem no ano de 2017.

MÊS	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12
JAN	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
FEV	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MAR	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ABR	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MAI	7,10	6,94	6,76	6,72	7,28	6,66	6,73	6,81	6,56	6,75	-	6,87
JUN	7,03	6,85	6,68	6,70	6,91	6,49	6,54	6,50	6,68	6,78	-	6,83
JUL	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
AGO	6,59	6,59	6,66	6,39	6,95	6,47	6,46	6,49	7,02	7,21	7,37	7,38
SET	6,58	6,69	6,62	6,44	6,89	6,48	6,81	6,64	6,62	7,17	7,36	7,58
OUT	6,35	6,54	6,72	6,42	7,08	6,51	6,79	6,70	6,91	7,07	7,177	7,16
NOV	6,55	6,25	7,06	6,63	7,44	6,51	6,69	6,67	6,90	-	7,24	6,82
DEZ	6,59	6,37	6,97	6,99	7,25	6,79	6,88	6,62	6,9	-	7,3	7,09

