

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

AGMAR FERREIRA

**ESTUDO DE VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA DA UTILIZAÇÃO DO LODO
FLOTADO PROVENIENTE DO TRATAMENTO DE EFLUENTES DE UM
FRIGORIFICO DE AVES COMO BIOMASSA PARA PRODUÇÃO DE VAPOR**

PALOTINA
2016

AGMAR FERREIRA

**ESTUDO DE VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA DA UTILIZAÇÃO DO LODO
FLOTADO PROVENIENTE DO TRATAMENTO DE EFLUENTES DE UM
FRIGORIFICO DE AVES COMO BIOMASSA PARA PRODUÇÃO DE VAPOR**

Dissertação apresentada como requisito parcial à obtenção do grau de Mestre em Tecnologia de Bioprodutos Agroindustriais, do Programa de Pós-graduação em Tecnologias de Bioprodutos Agroindustriais, do Setor de Palotina, Universidade Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Jonathan Dieter

PALOTINA
2016

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

A269 Ferreira , Agmar

Estudo de viabilidade técnica e econômica da utilização do lodo flotado proveniente do tratamento de efluentes de um frigorífico de aves como biomassa para produção de vapor / Agmar Ferreira.- Palotina, 2016 117f.

Orientador: Jonathan Dieter

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Paraná, Setor Palotina, Programa de Pós-Graduação em Tecnologia de Bioprodutos Agroindustriais.

1. Sustentabilidade corporativa. 2. Resíduos sólidos
3. Viabilidade econômica. I. Dieter, Jonathan.
II. Universidade Federal do Paraná. III. Título.

CDU 620.92



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
Setor PALOTINA
Programa de Pós Graduação em TECNOLOGIAS DE BIOPRODUTOS AGROINDUSTRIAIS
Código CAPES: 40001016083P6

TERMO DE APROVAÇÃO

Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em TECNOLOGIAS DE BIOPRODUTOS AGROINDUSTRIAIS da Universidade Federal do Paraná foram convocados para realizar a arguição da Dissertação de Mestrado de **AGMAR FERREIRA**, intitulada: "**ESTUDO DA VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA DA UTILIZAÇÃO DO LODO FLOTADO PROVENIENTE DO TRATAMENTO DE EFLUENTES DE UM FRIGORÍFICO DE AVES COMO BIOMASSA PARA PRODUÇÃO DE VAPOR**", após terem inquirido o aluno e realizado a avaliação do trabalho, são de parecer pela sua APROVAÇÃO.

PALOTINA, 17 de Novembro de 2016.

JONATHAN DIETER

Presidente da Banca Examinadora (UFPR)

SILVIO CESAR SAMPAIO
Avaliador Externo (UNIOESTE)

ADIR OTTO SCHMIDT
Avaliador Externo (UNIOESTE)

Dedico esse trabalho aos meus filhos
Letícia e Gabriel, todo o tempo ausente foi
em busca de um futuro melhor para
você.

AGRADECIMENTO

Agradeço primeiramente a Deus que me deu saúde e fé para alcançar mais uma conquista em minha vida.

Agradeço à minha amada esposa que junto comigo doou muitos momentos de sua vida em busca de um futuro digno para nossa família.

Agradeço aos meus queridos pais que nos apoiaram durante nossa ausência como cuidadores de nossos filhos.

Agradeço ao meu orientador, Professor Dr Jonathan Dieter pela assertividade, objetividade nas orientações e principalmente pela sua disponibilidade facilitando minha dupla jornada de funcionário e aluno.

Agradeço ao meu co-orientador Joel Gustavo Teleken pelas tão produtivas discussões e críticas que ajudaram como pessoa e ajudaram a enriquecer esse trabalho.

Agradeço aos colegas Paulo, Thompson e Kátia, pelas experiências trocadas e pelas importantes sugestões.

Agradeço aos professores do programa de pós-graduação que ministraram com muita sabedoria o conteúdo programático.

Ora, a fé é o firme fundamento das coisas que se esperam, e a prova das coisas que se não vêem,

Hebreus 11

RESUMO

O cenário avícola nacional está consolidado por sua expressiva produção e relevância para matriz proteica mundial, porém associado ao crescimento está um aumento expressivo na geração de resíduos da cadeia produtiva. Um dos principais resíduos sólidos gerados no tratamento de efluentes avícola é o lodo. O presente trabalho apresenta a identificação da viabilidade técnica e econômica da utilização do lodo flotado como combustível, sendo que os resultados foram obtidos através de uma pesquisa empírica-teórica, com utilização de métricas de retorno econômico em um estudo de caso de uma indústria frigorífica em Palotina, Pr. As análises elementares demonstram que o poder calorífico do lodo flotado é elevado, em comparação com outras biomassas tradicionais, o que possibilita a sua utilização como uma eficiente fonte energética. A secagem do lodo proposta pelo projeto de investimento objetiva a redução do teor de umidade da biomassa como pré-requisito para utilização do mesmo consorciado com o cavaco. A viabilidade técnica do lodo flotado permite ainda, economia de até 10% no consumo de cavaco, pois sua eficiência energética é similar a eficiência da biomassa tradicional. Após a avaliação da legislação pertinente ao segmento industrial e identificação da viabilidade técnica da utilização do lodo como combustível, foi possível avaliar os principais indicadores econômicos e seus resultados, sendo que o payback simples retornou o investimento em 2,28 anos, o payback descontado com uma TMA de 14% retornou o investimento em 2,89 anos, seu VPL foi de R\$ 2.108.273,69 e sua TIR foi de 45,73 %, permitindo que todos os indicadores eleitos como fundamentais para este estudo demonstrassem sua viabilidade econômica e um baixo risco para o investimento.

Palavras Chave: Sustentabilidade corporativa. Resíduos sólidos. Projeto de investimento. Viabilidade econômica.

ABSTRACT

The national poultry scene is consolidated by its expressive production and relevance to the world protein matrix, but associated to the growth is an expressive increase in the generation of waste from the production chain. One of the main solid wastes generated in the treatment of poultry effluents is sludge. The present work presents the identification of the technical and economic viability of the use of float sludge as fuel, and the results were obtained through an empirical-theoretical research, using economic return metrics in a case study of a refrigeration industry in Pallotine, Pr. Elemental analyzes show that the calorific value of float sludge is high in comparison with other traditional biomass, which makes it possible to use it as an efficient energy source. The sludge drying proposed by the investment project aims to reduce the moisture content of biomass as a prerequisite for the use of the same consortium with the chip. The technical feasibility of float sludge also allows savings of up to 10% in chip consumption, since its energy efficiency is similar to the traditional biomass efficiency. After the evaluation of the legislation relevant to the industrial segment and identification of the technical feasibility of the use of sludge as fuel, it was possible to evaluate the main economic indicators and their results, with the simple payback returning the investment in 2.28 years, the payback discounted with A 14% TMA returned the investment in 2.89 years, its NPV was R \$ 2,108,273.69 and its IRR was 45.73%, allowing all indicators chosen as fundamental for this study to demonstrate its economic viability And a low risk for investment.

Key-words: corporative sustainability. solid waste. investment project. Economic viability.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - CONSUMO DE CARNE NO BRASIL E NO MUNDO (2014).....	18
FIGURA 2 - ABATE NACIONAL ANUAL EM MILHÕES DE CABEÇAS (*ESTIMATIVA)	19
FIGURA 3 - RANKING MUNDIAL DE PRODUÇÃO DE CARNE DE FRANGO EM 2014	19
FIGURA 4 - DISTRIBUIÇÃO DO ABATE NACIONAL POR ESTADO.....	20
FIGURA 5 - ROTAS TECNOLÓGICAS DE CONVERSÃO ENERGÉTICA DE BIOMASSA.....	21
FIGURA 6 - FLUXOGRAMA DO ABATE DE PROCESSAMENTO DE AVES E PRINCIPAIS RESÍDUOS.....	25
FIGURA 7 - FLUXOGRAMA DE UM TRATAMENTO PRIMÁRIO IDEAL PARA A LINHA VERDE.....	32
FIGURA 8 - FLUXOGRAMA DE UM TRATAMENTO PRIMÁRIO IDEAL PARA A LINHA VERMELHA	33
FIGURA 9 - SISTEMA DE LODOS ATIVADOS.....	35
FIGURA 10 - FILTROS PERCOLADORES.....	36
FIGURA 11 - ROTA DE PRODUÇÃO DO LODO FLOTADO.....	48
FIGURA 12 - COMPOSIÇÃO ELEMENTAR LODO COM UTILIZAÇÃO DE CLORETO FÉRRICO (FECL ₃) E SULFATO FÉRRICO.....	50
FIGURA 13 - REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DE UM FLUXO DE CAIXA COM VALORES FUTUROS E VALOR PRESENTE	69
FIGURA 14 - REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DE UM FLUXO DE CAIXA COM VALORES EM SÉRIE UNIFORME E VALOR PRESENTE	69
FIGURA 15 - RELAÇÃO TMA E TIR	72
FIGURA 16 - FLUXO DA PESQUISA OPERACIONAL	74
FIGURA 17 - MACROLOCALIZAÇÃO DO LOCAL DE ESTUDO	76
FIGURA 18 - FLUXOGRAMA GERAL DO PROCESSO DE TRATAMENTO DE EFLUENTES.....	77
FIGURA 19 - - IMPACTO DA ECONOMIA DE ESCALA SOBRE O CUSTO UNITÁRIO EM R\$ POR TONELADA	85

FIGURA 20 - PAYBACK SIMPLES	92
FIGURA 21 - PAYBACK DESCONTADO	92
FIGURA 22 - VARIÁVEIS DA NÚVEM DE CENÁRIOS	96
FIGURA 23 - SENSIBILIDADE DO PAYBACK SOBRE INVESTIMENTO	97
FIGURA 24 - SENSIBILIDADE DO FCO SOBRE A RECEITA	98
FIGURA 25 - SENSIBILIDADE DO FCO SOBRE O CUSTO	98
FIGURA 26 - SENSIBILIDADE DO FCO SOBRE O CUSTO DE CAPITAL "K"	99

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - CARACTERIZAÇÃO DO EFLUENTE BRUTO AVÍCOLA	28
TABELA 2 - TIPOS DE SISTEMAS DE LAGOAS DE ESTABILIZAÇÃO.....	37
TABELA 3 - PRINCIPAIS PROCESSOS DE TRATAMENTO AVANÇADOS DE ACORDO COM O POLUENTE.....	39
TABELA 4 - PARÂMETROS E CONDIÇÕES DE LANÇAMENTO DE EFLUENTES PARA INDÚSTRIAS PARANAENSE.....	42
TABELA 5 - RESUMO DAS LEIS E RESOLUÇÕES REFERENTES AO GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS NO BRASIL.....	43
TABELA 6 - RESUMO DE ALGUMAS NBRS REFERENTE AO GERENCIAMENTO DE RESÍDUO NO BRASIL	44
TABELA 7 - PRINCIPAIS PARÂMETROS CONTROLADOS DE EMISSÕES GASOSAS	46
TABELA 8 - BIOMASSA GERADA POR M ³ DE EFLUENTE TRATADO	50
TABELA 9 - PROPRIEDADES DO CAVACO, LODO FLOTADO E MISTURA TEÓRICA DAS BIOMASSAS	51
TABELA 10 - ANÁLISES ELEMENTAR E IMEDIATA DOS LODOS COM DIFERENTES COAGULANTES COMPARADAS COM O CAVACO ...	53
TABELA 11 - VALORES MÉDIO DAS EMISSÕES GASOSAS DURANTE COMBUSTÃO DA MISTURA CAVACO + LODO E CAVACO	57
TABELA 12 - CONCENTRAÇÃO MÉDIA DOS POLUENTES CORRIGIDAS E COMPARADAS COM A LEGISLAÇÃO NACIONAL	57
TABELA 13 - CARACTERIZAÇÃO DO LODO BAIXA UMIDADE	79
TABELA 14 - PERCENTUAL DE LODO GERADO POR VOLUME ABATIDO	80
TABELA 15 - CUSTO DE DESTINAÇÃO DO LODO	80
TABELA 16 - INVESTIMENTO INICIAL DO PROJETO SECADOR DE LODO FLOTADO.....	82
TABELA 17 - PROJEÇÃO DE PRODUÇÃO DE LONGO PRAZO	84
TABELA 18 - IMPACTO DA ECONOMIA DE ESCALA SOBRE O CUSTO UNITÁRIO EM R\$ POR TONELADA.....	90
TABELA 19 - MATRIZ DE DECISÃO	95
TABELA 20 - MATRIZ DE SENSIBILIDADE DO VPL X CUSTO DE PRODUÇÃO X RECEITA LÍQUIDA	101

TABELA 21 - MATRIZ DE SENSIBILIDADE DO PAYBACK SIMPLES X CUSTO DE PRODUÇÃO X RECEITA LÍQUIDA	102
TABELA 22 - MATRIZ DE SENSIBILIDADE DO PAYBACK DESCONTADO X CUSTO DE PRODUÇÃO X RECEITA LÍQUIDA	102

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	17
2 OBJETIVOS	23
2.1 OBJETIVO GERAL	23
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	23
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	24
3.1 ABATEDOURO DE AVES.....	24
3.2 ÁGUA RESIDUÁRIA	27
3.3 TRATAMENTO DE EFLUENTES.....	28
3.3.1 Caracterização do efluente líquido	28
3.3.2 Pré-tratamento	29
3.3.2.1 Gradeamento	29
3.3.2.2 Peneiramento.....	30
3.3.2.3 Equalização.....	30
3.3.3 Tratamento primário	31
3.3.4 Tratamento Secundário	33
3.3.5 Tratamento Avançado	38
3.4 Aspectos Legais	40
3.4.1 Padrões de lançamento de efluentes	40
3.4.2 Legislação para resíduos sólidos	42
3.4.3 Parâmetros para emissões gasosas	44
3.5 Caracterização do lodo do tratamento de efluentes	47
3.5.1 Rota de produção do lodo frigorífico.....	47
3.5.2 Análise imediata, elementar e poder calorífico do lodo flotado	49
3.5.3 Emissões geradas a partir da queima do lodo flotado	54
3.6 TÉCNICAS DE ANÁLISE DE INVESTIMENTOS	58
3.6.1 Modelagem da análise de investimentos.....	58
3.6.2 Fluxo de caixa	60
3.6.2.1 Orçamentação, custos fixos e variáveis	62
3.6.2.2 Projeção de despesas.....	63

3.6.2.3	Projeção de receitas.....	64
3.7	INDICADORES PARA VIABILIDADE ECONÔMICA	65
3.7.1	Taxa de desconto.....	65
3.7.2	Payback	66
3.7.3	Payback descontado	67
3.7.4	Valor presente líquido	67
3.7.5	Taxa interna de retorno	70
3.7.5.1	Outros indicadores de viabilidade econômica	70
4	MATERIAIS E MÉTODOS.....	73
4.1	METODOLOGIA	73
5	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	76
5.1	LOCALIZAÇÃO DA EMPRESA.....	76
5.1.1	Processo Produtivo	77
5.2	VIABILIDADE TÉCNICA	78
5.3	VARIÁVEIS DE MERCADO	79
5.3.1	Identificação do problema	79
5.3.2	Fontes e recursos	81
5.3.3	Orçamento do projeto de investimento	81
5.4	ESTIMATIVAS DE CAIXA	83
5.4.1	Projeção de ingressos (receita).....	83
5.4.2	Custos fixos de fabricação	85
5.4.2.1	Manutenção	86
5.4.2.2	Mão de obra	86
5.4.2.3	Custos gerais de fabricação	87
5.4.2.4	Depreciação	87
5.4.3	Custos variáveis.....	88
5.4.3.1	Cavaco.....	88
5.4.3.2	Energia Elétrica.....	88
5.4.4	Elaboração do Fluxo de caixa	89
5.5	Cálculo de Indicadores.....	91
5.5.1	Taxa de desconto.....	91

5.5.2 Payback time.....	91
5.5.3 Valor presente líquido	93
5.5.4 Taxa interna de retorno	94
5.6 ANÁLISE DE RESULTADOS.....	94
5.7 ANÁLISE DE CENÁRIOS	95
5.7.1 Analise de sensibilidade.....	96
5.7.2 Matriz de sensibilidade.....	100
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	103
7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	106

1 INTRODUÇÃO

Segundo Araújo (2014) sustentabilidade corporativa pode ser entendida como um movimento voluntário das organizações na preservação do meio ambiente conciliado ao progresso econômico. O desenvolvimento sustentável está pautado em três pilares com abrangência dos aspectos econômicos, ambientais e sociais, onde a sinergia das dimensões devem atender os critérios de relevância social, prudência ecológica e eficiência econômica (ARORA, 2014).

Segundo Ouchi (2006), o tema sustentabilidade corporativa se baseia no conceito de que o bom desempenho social e ambiental agregam valor à empresa e devem ser tratados com equivalência do desempenho econômico.

Inserido neste contexto está o agronegócio brasileiro que de acordo com o Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada (CEPEA) o setor foi responsável em 2013 por 22,5% do Produto Interno Bruto (PIB) do país, e a avicultura responsável por aproximadamente 7,0% desse montante, sendo um dos principais motores da economia brasileira. Embora não é comum questionamentos sobre os impactos ambientais da indústria avícola do ponto de vista de sustentabilidade ambiental ela tem alta dependência do consumo de água, consumo de energia com emissão de efluentes e odores (KUSSANO et al., 2008).

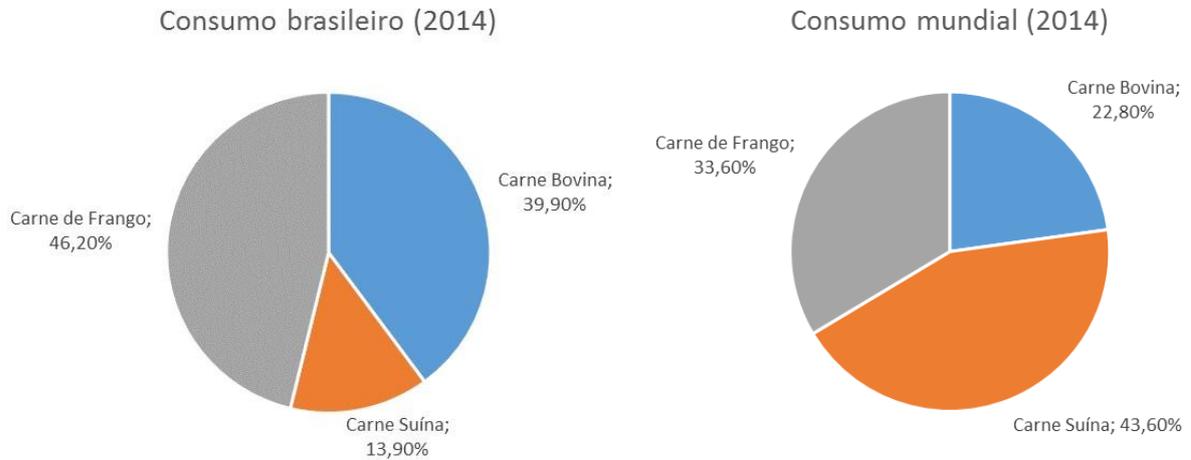
Até 2050, a demanda mundial por alimentos deve aumentar expressivos 70,0 %, principalmente em relação às fontes de proteína animal, segundo dados da Organização das Nações Unidas (ONU). Embora o ritmo de crescimento populacional deva se desacelerar em relação a períodos anteriores, o incremento de 2 bilhões de pessoas no mundo (totalizando 9 bilhões), associado à projeção de aumento da renda em alguns países em desenvolvimento, tendem a aumentar o consumo das proteínas animais.

Segundo dados do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA) o total de carne produzido no mundo em 2014 foi de 86,1 milhões de toneladas e a estimativa para 2015 é atingir a marca de 87,4 milhões de toneladas proporcionando ao segmento um crescimento real de 1,5% em relação ao ano anterior.

Neste cenário o segmento avícola vem se consolidando como uma das mais importantes atividades para o suprimento de alimentos proteicos do mundo. Esse fenômeno é mais evidente no Brasil. De acordo com dados da USDA (FIGURA 1), o

consumo mundial de proteínas e o consumo nacional demonstram a relevância da carne de frango entre as três principais fontes de suprimento.

FIGURA 1 - CONSUMO DE CARNE NO BRASIL E NO MUNDO (2014).



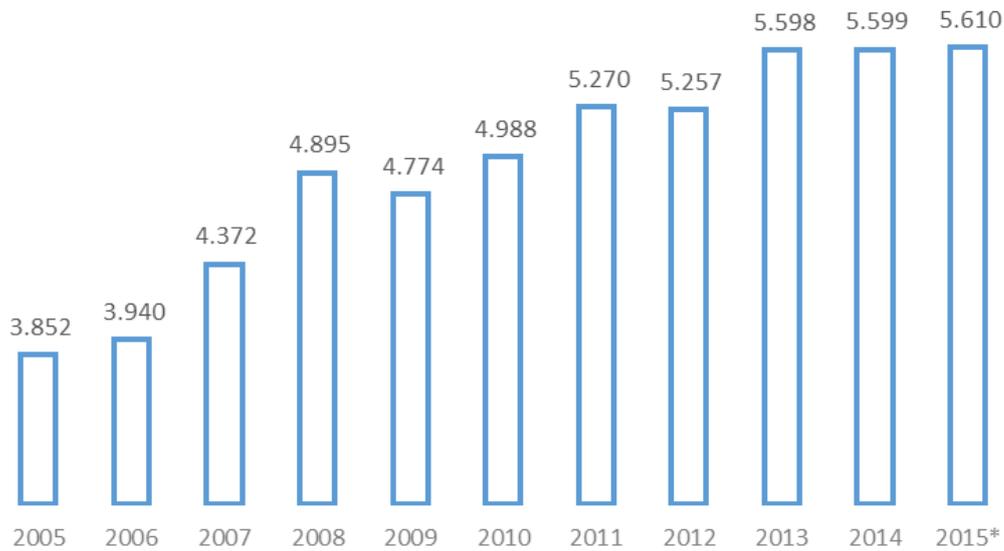
Fonte: USDA

De acordo com a Associação Brasileira de Proteína Animal (ABPA) No segmento avícola a produção de frango de corte ocupa uma posição de destaque. Isso decorre de alguns fatores como: extensão territorial, capacidade produtiva de grãos, desenvolvido tecnológico utilizado na criação e abate das aves, bem como no melhoramento genético (ABPA, 2015).

Dados da ABPA (2015), demonstram os principais indicadores da avicultura brasileira, que representou em 2014 1,5 % do Produto Interno Bruto (PIB), sendo responsável pela geração de mais de 5 milhões de empregos diretos e indiretos. Sua produção foi responsável 40,0% do mercado mundial de carne de frango.

A partir da (FIGURA 2), é possível visualizar o desenvolvimento do segmento nos últimos dez anos.

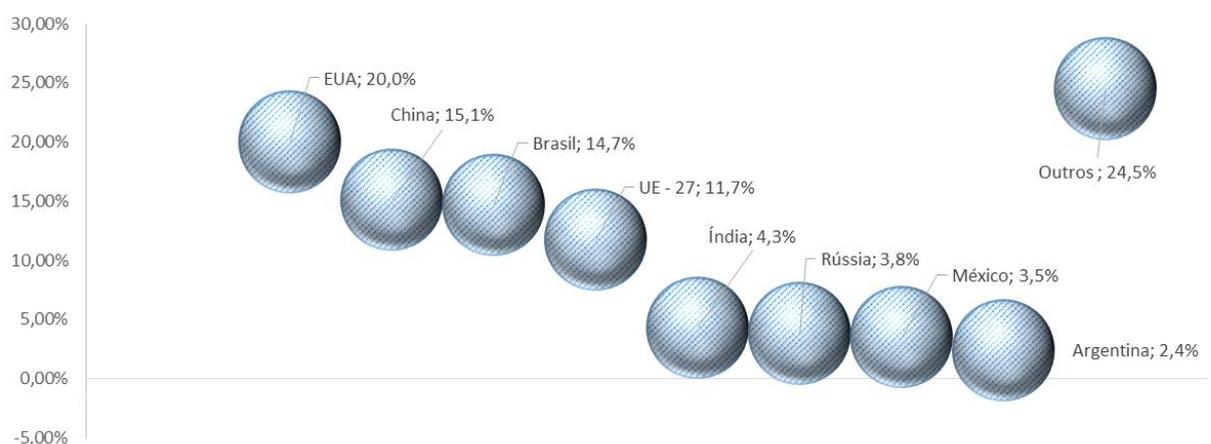
FIGURA 2 - ABATE NACIONAL ANUAL EM MILHÕES DE CABEÇAS (*ESTIMATIVA)



Fonte: IBGE (2016).

A partir de 2009 o Brasil passou a ocupar a posição de terceiro maior produtor mundial de frango. Posição mantida com uma representatividade de 14,7 % de todo o volume produzido no mundo (ABPA, 2015), conforme demonstrado na (FIGURA 3).

FIGURA 3 - RANKING MUNDIAL DE PRODUÇÃO DE CARNE DE FRANGO EM 2014

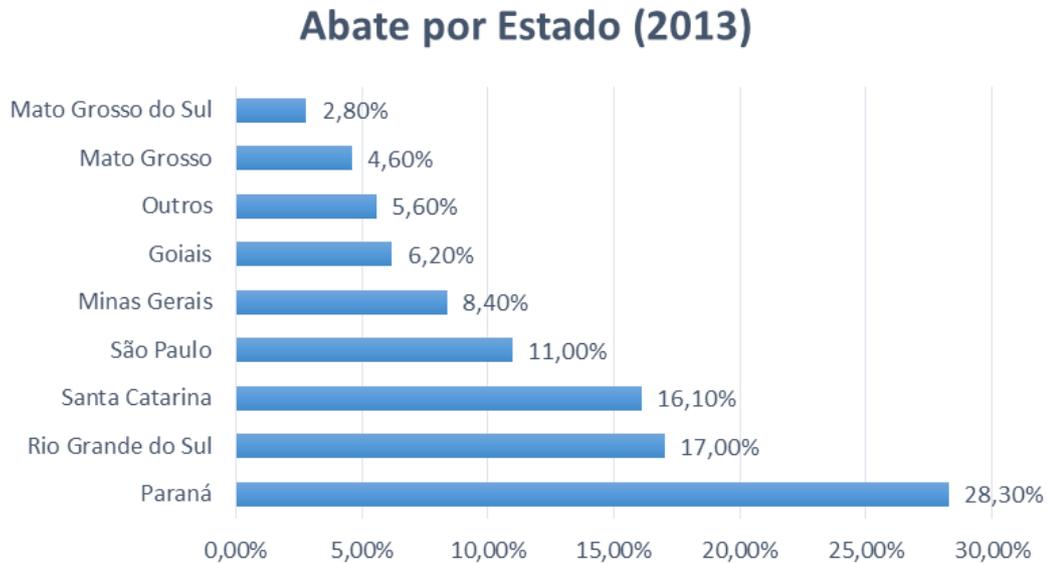


Fonte: ABPA (2015).

Do montante produzido no Brasil cerca de 33 % do volume foi exportado para 155 países sendo classificado como maior exportador mundial e gerando uma receita cambial de 8,5 bilhões de dólares. No país o estado com maior

representatividade da produção é o Estado do Paraná, com mais de um quarto de toda a produção, conforme se visualiza na (FIGURA 4).

FIGURA 4 - DISTRIBUIÇÃO DO ABATE NACIONAL POR ESTADO

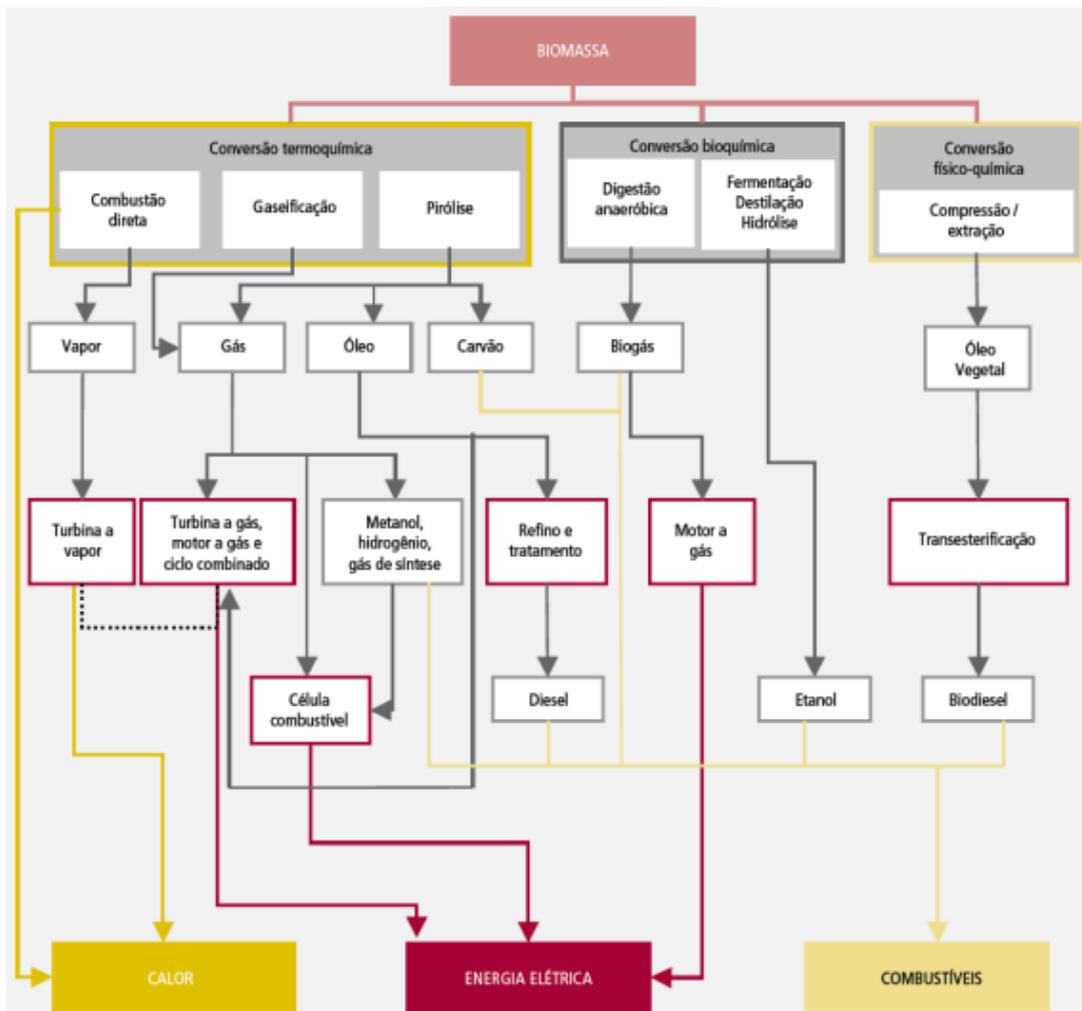


Fonte: IBGE (2016).

O Estado do Paraná em 2014 representou mais de 4 % da produção mundial (IBGE, 2014). Porém a intensificação da produção avícola proporciona um efeito de aumento diretamente proporcional na geração de resíduos oriundos do processo de industrialização e conseqüentemente ocorre um aumento de fontes potencialmente poluidoras. Tais impactos ocorrem principalmente no ar através da emissão de gases decorrentes da produção de energia, no solo com excesso de minerais causados pelo mau uso dos processos de compostagem e destinação de efluentes e nas águas em função do tratamento ineficiente ou não tratamento destes resíduos.

De acordo com Pessoa (2013) dentre os resíduos gerados no processo produtivo é importante destacar que os resíduos sólidos podem ser classificados como biomassa para recuperação de energia. Em geral, os resíduos agroindustriais gerados possuem valor energético, e sua reutilização pode reduzir a dependência da energia comprada e podem ser utilizados para a geração de vapor ou eletricidade. O Plano Nacional de Energia para 2030 preconiza a utilização dessa biomassa podendo contar com diversas rotas tecnológicas, adaptadas às diferentes características físicas e químicas das matérias primas, conforme (FIGURA 05).

FIGURA 5 - ROTAS TECNOLÓGICAS DE CONVERSÃO ENERGÉTICA DE BIOMASSA



Fonte: EPE (2007)

Os resíduos sólidos provenientes de abatedouros de aves são compostos principalmente por fragmentos de vísceras, músculo, gordura, osso, sangue e penas, que, além de apresentar elevado poder poluente, também são agentes na transmissão de doenças. Para o tratamento desses resíduos, são necessários processos físicos, químicos e biológicos, que reduzam o potencial poluente e garantam a qualidade sanitária do material (ORRICO JUNIOR et al., 2010).

Segundo Pessoa (2013), dentre os resíduos gerados no processo produtivo, é importante destacar que os resíduos sólidos podem ser classificados como biomassa para recuperação de energia, em geral, os resíduos agroindustriais gerados tem potencial energético, viabilizando sua utilização na geração de vapor ou eletricidade, reduzindo então, a dependência de outras fontes.

Atendendo aos requisitos da sustentabilidade corporativa este projeto sugere a apresentação de argumentos técnicos e econômicos para justificar a viabilidade da

reciclagem de biomassa proveniente do tratamento de efluente avícola e como alternativa para utilização como combustível complementar a biomassa tradicional utilizada na alimentação das caldeiras.

O tratamento de efluentes do segmento avícola é composto pelas fases de tratamento primário físico-químico, coagulação e floculação, flotação, centrifugação de material flotado, e tratamento em lagos de estabilização, essa sequência de tratamento é responsável por uma parcela relevante dos custos totais das empresas no tratamento de efluentes, este estudo propõe uma avaliação do potencial energético do tratamento dos efluentes e identificação de uma alternativa sustentável para redução dos custos operacionais.

O estudo se justifica pela possibilidade de projetar uma imagem positiva ao segmento avícola como socialmente responsável e principalmente pela oportunidade de aumentar sua competitividade com a redução de seus custos operacionais.

Justifica-se ainda pela oportunidade de uma abordagem sistêmica e estratégica do processo da gestão ambiental, envolvendo as áreas científica e técnica administrativas na elaboração do estudo.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Realizar estudo de viabilidade técnica e econômica de um projeto de investimento para secagem do lodo de efluentes de um frigorífico de aves, para posterior utilização do material seco como biomassa na produção de energia térmica.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Avaliar a viabilidade técnica do lodo flotado e sua posterior utilização como combustível para combustão em caldeiras;
- Descrever a situação atual da destinação dos resíduos sólidos gerados no tratamento de efluentes da empresa pesquisada;
- Avaliar a viabilidade econômica de um projeto de investimento de instalação de um secador de lodo.
- Criar uma nuvem de cenários para analisar a sensibilidade do projeto de investimento às variáveis econômicas.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A apresentação dessa revisão bibliográfica está dividida em cinco seções. A primeira seção descreve as características do processo produtivo, sua geração de efluentes e os principais resíduos presentes no efluente bruto. A segunda seção trata das características da água residuária gerada durante o abate e processamento. A terceira seção apresenta a caracterização do efluente bruto e as principais tecnologias utilizadas atualmente para o tratamento dos efluentes. Na quarta seção são abordados os aspectos legais para destinação dos resíduos provenientes do abate e finalmente a quinta seção descreve a rota de produção do lodo e suas características físico-química.

3.1 ABATEDOURO DE AVES

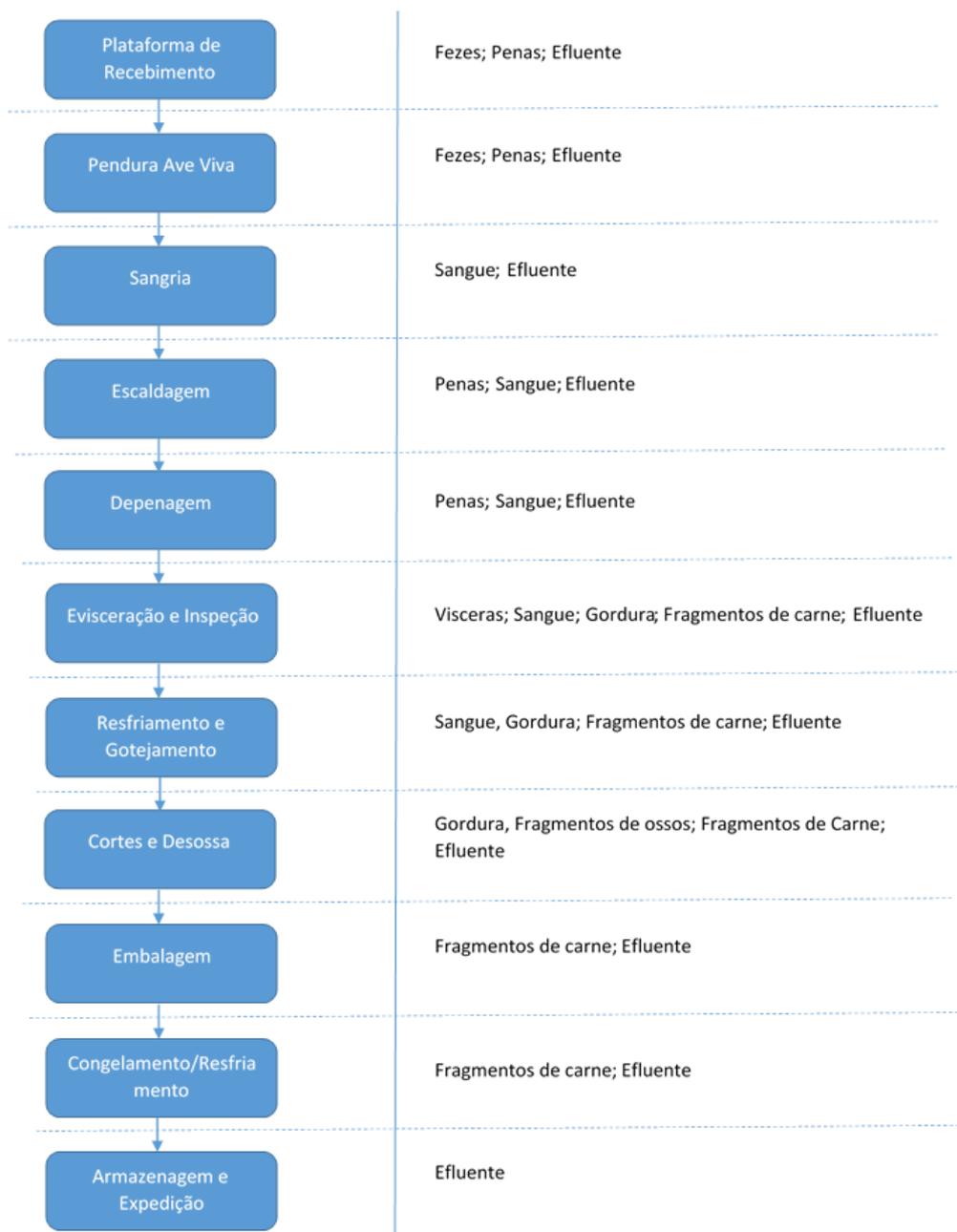
A geração de efluentes na indústria de abate e processamento de aves é proporcional ao consumo de água potável consumida. As áreas que mais demandam consumo de água são respectivamente abate e sangria, escaldagem e depenagem, evisceração e resfriamento. A utilização de água no processo produtivo pode ocorrer por meio da incorporação de água ao produto, lavagem das máquinas e equipamentos, lavagem de pisos e paredes, retirada das penas, retirada das vísceras e no resfriamento das carcaças (SCHOENHALS, 2006).

De acordo com Zanotto et. al (2009) nos frigoríficos, em decorrência dos procedimentos utilizados no abate e no processamento das aves na produção de derivados alimentícios é possível verificar o descarte de grande quantidade de resíduos. Os resíduos têm por característica elevado grau de perecibilidade, demandando cuidados especiais quanto à destinação, a fim de prevenir sua decomposição e, desta forma, a geração e proliferação de agentes contaminantes, os quais se constituem numa ameaça à preservação da biossegurança e do meio ambiente.

Durante o processo de abate e industrialização das aves é possível verificar cinco etapas distintas do processo que geram os principais resíduos da produção, são elas: sangria, depenagem, evisceração, resfriamento e cortes (SCHOENHALS, 2006).

Olivo (2006), afirmaram que os resíduos impróprios para consumo humano, gerados no processo de abate de frango, são de responsabilidade do abatedouro frigorífico. Tais resíduos necessitam ser devidamente processados, evitando sua eliminação no meio ambiente, como forma de garantir a segurança ambiental e a saúde da população. Na (FIGURA 6), visualiza-se as principais etapas do abate e processamento de frango e os principais resíduos gerados em cada fase de industrialização.

FIGURA 6 - FLUXOGRAMA DO ABATE DE PROCESSAMENTO DE AVES E PRINCIPAIS RESÍDUOS



Fonte: ADAPTADO DE TAKEDA (2010); PINTO et al. (2015).

No setor de recepção e abate as aves chegam dentro de gaiolas transportadas em caminhões. Enquanto aguardam para serem abatidas as aves permanecem em áreas de espera climatizadas, providas de nebulizadores e ventiladores. A área de espera permite aumentar o conforto térmico das aves reduzindo dessa forma o stress e conseqüentemente a mortalidade. No entanto as aves mortas durante o transporte ou durante a fase de espera são separadas e destinadas à produção de farinha de carne. As aves são retiradas das caixas e penduradas em nora para posterior abate. Após a retirada das caixas os caminhões são lavados (MATSUMURA, 2007). Nesta etapa são gerados resíduos como fezes, penas e água de limpeza e o consumo de água nesta etapa em um frigorífico médio (que abate de 100.000 a 250.000 aves/dia) é em torno de 12.700 litros por dia nesta etapa (FERNANDES, 2004).

Antes da sangria e abate as aves são atordoadas com choque elétrico de 70 V na região da cabeça. O atordoamento é conhecido por insensibilização, pois, esse procedimento imobiliza as aves e auxilia no relaxamento dos músculos para melhor extração do sangue (MATSUMURA, 2007).

Após a insensibilização as aves são sangradas com um corte na jugular e seguem por um túnel onde o sangue escorre por canaletas e é destinado para a fábrica de farinhas ou comercialização (MATSUMURA, 2007). O sangue representa cerca de 6-8 % do peso dos animais. Uma melhor remoção de sangue nesta etapa do processo representa uma redução na quantidade de resíduos produzidos (FERNANDES, 2004).

Concluída a sangria as aves são escaldadas, passando pela primeira etapa de lavagem através da imersão em tanques de aço inoxidável com água a cerca de 55° a 60° C por 90 a 120 segundos (MATSUMURA, 2007).

Esta etapa tem como função lavar as aves, reduzir a carga microbiana e facilitar a depenagem. A geração de efluente na escaldagem é relativamente alta, cerca de 10 L/ave, com características de alta matéria orgânica devido à presença de sangue e gordura das penas (SILVA, 2005).

A remoção das penas na depenagem, ocorre de forma contínua em máquinas depenadeiras em série, o método mais comumente utilizado é a escaldagem por imersão, onde as aves são imersas em tanques com água aquecida e borbulho e na sequência passam pelas depenadeiras (GOMIDE et al., 2006).

Nesta etapa há injeção contínua de água através de chuveiros. As penas, que representam cerca de 3-5% do peso vivo dos frangos, são transportadas com água por meio de calhas para a fábrica de farinhas (MATSUMURA, 2007).

Após a remoção das penas as aves são lavadas com chuveiros e na sequência passam para a etapa de evisceração, onde receberão um corte no abdome, nesta etapa são retiradas as vísceras em uma sequência de operações, iniciando com a retiradas da cabeça, seguida da sucção do conteúdo fecal, extração da cloaca, corte abdominal, eventração (exposição das vísceras) inspeção sanitária, separação das vísceras comestíveis e não comestíveis, extração do papo, esôfago e traqueia e retirada do pescoço. As vísceras não comestíveis seguem para a fábrica de farinhas. As vísceras comestíveis conhecidas por miúdos são selecionados e resfriados em tanque aberto com gelo denominados chillers.

As carcaças são avaliadas individualmente quanto a contaminação fecal, biliar ou gástrica, bem como possíveis patologias. Após a retirada dos órgãos internos, as aves passam por um chuveiro de limpeza final antes do resfriamento (MATSUMURA, 2007). Os miúdos são normalmente transportados com água e, neste caso, corresponde à cerca de 1/3 da carga poluente gerada (FERNANDES, 2004).

Até a etapa de evisceração as aves são transportadas por ganchos. Após esta etapa, as aves são derrubadas em tanques abertos para serem resfriadas, o sistema é denominado chiller que consistem em resfriadores contínuos por imersão em água e gelo. A Primeira etapa do resfriamento é denominada de pré-chiller e a segunda de chiller, a água permanece resfriada com adição de gelo (MATSUMURA, 2007). Os Chillers devem ter renovação contínua de água na proporção de 1,5 L/ave no pré-chiller e de 1,0 L/ave no chiller (EBERT, 2007).

Após saírem do chiller as carcaças são penduradas em nora, esta etapa garante o gotejamento para remoção da água em excesso, após o gotejamento as carcaças estão aptas para serem embaladas inteiras ou espostejadas e armazenadas (SOARES, 2009).

3.2 ÁGUA RESIDUÁRIA

A indústria avícola gera grande quantidade de efluente que demanda tratamento adequado para que a liberação no ambiente seja adequada (SENA,

2005). Embora as agroindústrias de abate e industrialização da carne de frango instaladas no Brasil possuam uma grande similaridade no processo produtivo, pequenas variações nos tipos de cortes da carne e seus tipos diferenciados de produtos industrializados refletem em diferentes características físico-químicas do efluente bruto (OLIVO, 2006).

A composição dos efluentes pode variar de indústria para indústria, porém, de modo geral contém altas concentrações de compostos orgânicos, quantificados como Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) ou Demanda Química de Oxigênio (DQO), nitrogênio (N), fósforo (P), óleos, gorduras e proteínas (DEBIK e MANAV, 2009). Do ponto de geração até a entrada da Estação de Tratamento de Efluentes (ETE), a qualidade do efluente é determinada pela eficiência na segregação do sangue, vísceras, penas e ossos, onde os sólidos não solúveis representam de 30 a 75% da carga poluente desses efluentes (MASSE et al., 2001).

3.3 TRATAMENTO DE EFLUENTES

Os efluentes líquidos industriais, ou água residuária, são contaminados com resíduos do processo produtivo e esses devem ser tratados antes de sua disposição final.

3.3.1 Caracterização do efluente líquido

Os métodos de tratamento de efluentes industriais estão diretamente associados ao tipo de efluente gerado, ao controle operacional da indústria e às características da água utilizada (MENDES, 2005). A (TABELA 1) demonstra diferentes caracterizações de efluente encontrados na bibliografia.

TABELA 1 - CARACTERIZAÇÃO DO EFLUENTE BRUTO AVÍCOLA

Fonte	Sólidos Totais mg/l	Sólidos Voláteis mg/l	pH	O. G. mg/l	DQO mg O ₂ /l
Rajakumar & Meenambal, 2012	2650	1300	7,3	1.092,5	3900
Oliveira, 2011	1500	1290	6,9		2490
Zadinelo et. al, 2013	990	600	6,0	582,0	2285
Sena, 2009	2350	1091	6,7		2900
Del Nery et al., 2007	2032	1397	6,5	475,5	3525
Média	1904,4	1135,6	6,68	716,7	3020

Fonte: O autor (2016)

Os Sólidos Suspensos (SS) e Óleos e Graxas (OG) no efluente usualmente contribuem para 30 a 70 % da DBO total na água. Sua remoção efetiva pode diminuir a DBO em percentagem relativamente iguais, reduzindo o custo de capital do tratamento biológico secundário (SCHOENHALS, 2006).

3.3.2 Pré-tratamento

O primeiro estágio nos processos de tratamento de efluentes é o tratamento preliminar. O efluente que adentra a ETE é composto de muitos materiais grosseiros, além da matéria orgânica, nutrientes e demais poluentes dissolvidos. O tratamento preliminar tem a função de proteger os equipamentos da ETE de entupimentos, obstruções e desgaste (SPELLMAN, 2003).

O tratamento preliminar é constituído de processo físico que tem como objetivo a redução de sólidos em suspensão, sendo condicionante da eficiência do tratamento posterior. As técnicas mais utilizadas nesta fase são: gradeamento, peneiramento, neutralização e a equalização, nesta fase não há praticamente remoção de DBO, pois, sua finalidade é de remoção de sólidos grosseiros com diâmetro superior a 1 mm (PACHECO, 2006; CAMMAROTA, 2011).

Segundo RAVINDRA e MEYLOR (2005), a instalação de equipamentos de pré-tratamento irá reduzir significativamente o tamanho, o capital e os custos de operação de uma planta de tratamento biológico pela significativa redução da carga poluidora através de remoção de SS e OG do efluente.

3.3.2.1 Gradeamento

Nas operações de gradeamento, o efluente passa por um canal com barras mecânicas, transversais ao fluxo onde ficam retidos os sólidos mais grosseiros. As barras normalmente tem um espaçamento entre 0,5 e 2 cm entre si, este sistema é utilizado em tratamento de esgotos sanitários e objetiva principalmente proteger bombas, válvulas e tubulações de danos e obstruções (METCALF e EDDY, 2003). Em frigoríficos, o sistema de gradeamento e caixa de areia é mais utilizado para tratamento preliminar dos efluentes provenientes da seção de recepção, visto que este efluente é constituído principalmente de fezes, areia e penas (OLIVO, 2006).

3.3.2.2 Peneiramento

O peneiramento é muito empregado para segregação de sólidos normalmente com diâmetros superiores a 1 mm. Através de peneiras específicas, as penas, vísceras, ossos e demais sólidos são segregados para produção de farinhas na fábrica de subprodutos.

Os tipos de peneiras mais utilizados em sistemas de tratamento de efluentes são as estáticas e as rotativas. Nas estáticas, também chamadas de hidrodinâmicas, o efluente escoar da parte superior da peneira descendo pela tela adentro. Os sólidos retidos deslizam na tela inclinada até a parte inferior da peneira (NUNES, 2004). As peneiras estáticas são geralmente aplicadas para separação das penas e ossos da água de drenagem e arraste dos mesmos (OLIVO, 2006).

As peneiras rotativas são classificadas em função do sentido do fluxo e podem ser tangenciais ou axiais (CARVALHO et al., 2001). As peneiras de fluxo tangencial possuem carregamento externo, ou seja, um defletor distribui o efluente na parte superior da peneira, que atravessa os crivos até a parte inferior. Os sólidos são retidos em um vaso coletor com auxílio de uma lâmina raspadora (NUNES, 2004; CARVALHO et al., 2001). Em frigoríficos, são geralmente empregadas peneiras rotativas axiais, ou seja, com alimentação interna, aplicadas na segregação de vísceras e gorduras da água de drenagem (OLIVO, 2006).

3.3.2.3 Equalização

A equalização tem por princípio homogeneizar o efluente com características físico-químicas e vazões muito variáveis a fim de evitar choques de cargas nas etapas posteriores, essa é uma técnica utilizada para melhorar a performance das etapas posteriores, os sistemas de equalização podem ser localizados a montante do tratamento químico. (CAMMAROTA, 2011).

Os tanques de pré-aeração anteriores à sedimentação primária são responsáveis por: melhorar a capacidade de tratamento do efluente, proporcionar a separação de gorduras, controlar odores, eliminar sedimentos como areia, homogeneizar o efluente, manter os sólidos em suspensão uniformemente distribuídos e aumentar a remoção de carga orgânica.

3.3.3 Tratamento primário

O tratamento primário é constituído de processo físico-químico e tem por objetivo a remoção dos sólidos suspensos e óleo e graxas, nesta etapa, pode-se remover cerca de 40 a 70% dos sólidos em suspensão e aproximadamente 35% de DBO. As principais técnicas utilizadas nessa etapa são: sedimentação, coagulação/floculação, flotação e precipitação química (CAMMAROTA, 2011).

Os sistemas mais utilizados para tratamento primário em frigoríficos são os de decantação e flotação (SPELLMAN, 2003).

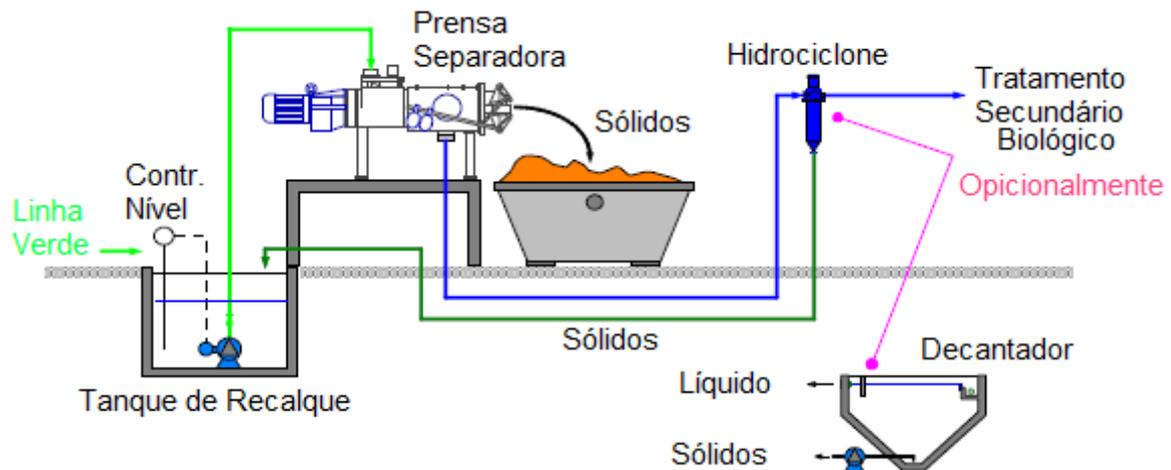
Nos sistemas de tratamento de efluentes de frigoríficos, é indispensável que o tratamento primário seja distinto para a linha verde e linha vermelha, mitigando o risco de contaminação do material proteico e lipídico da linha vermelha e viabilizando conseqüentemente seu reaproveitamento.

A seguir serão apresentadas a seqüência de equipamentos que traduzem um sistema de tratamento primário ideal para linha verde (OLIVO, 2006):

- Tanque de Recebimento, local onde ocorre a homogeneização do meio e permite a manutenção dos sólidos em suspensão;
- Prensa separadora (opcionalmente peneira hidrodinâmica), sistema dotado de peneira cilíndrica de 0,2 mm de abertura de malha e sua operação ocorre por compressão, esta configuração permite uma boa separação de fases;
- Hidrocentrífuga (opcionalmente decantador), neste estágio é realizada uma segunda separação de fases, viabilizando a separação dos sólidos finos.

A (FIGURA 7) apresenta o fluxograma de um tratamento primário ideal para a linha verde.

FIGURA 7 - FLUXOGRAMA DE UM TRATAMENTO PRIMÁRIO IDEAL PARA A LINHA VERDE



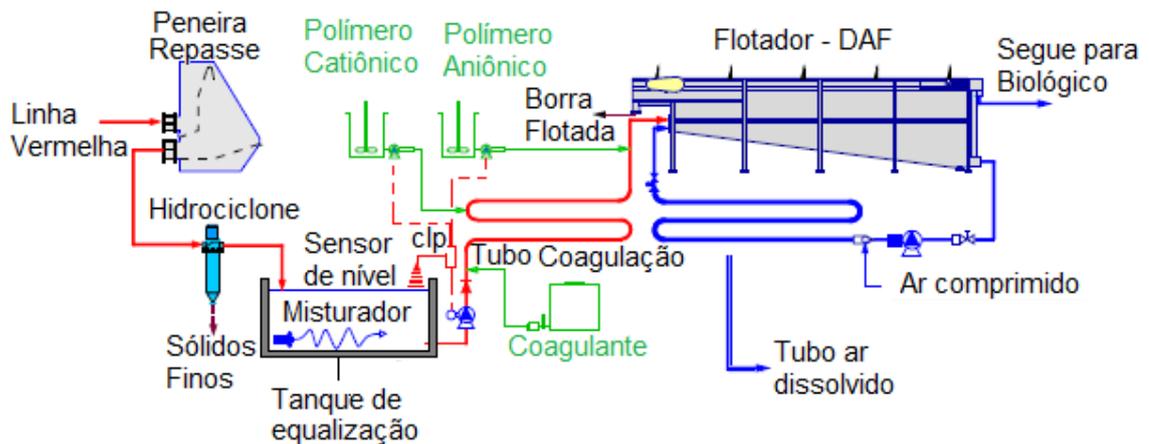
Fonte: SPRINGMANN (2009)

A linha vermelha é composta principalmente de conteúdo proteico e gorduroso, a seguir serão apresentadas a sequência de equipamentos ideal para o tratamento desse efluentes (OLIVO, 2006):

- Peneira estática hidrodinâmica que se caracteriza por seu elemento filtrante constituído de perfil em forma de trapézios dispostos em paralelo e com abertura de malha de no máximo 1 mm;
- Hidrocentrífuga para separação dos sólidos finos;
- Tanque de equalização, sistema com agitador submerso e controle de nível, para armazenamento e homogeneização;
- Tanque de recalque com ajuste automático de vazão;
- Tanque de flotação com adição de coadjuvantes químicos (na ausência da hidrocentrífuga, este equipamento deverá ser um flotodecantador).

A (FIGURA 8) a seguir apresenta o fluxograma de um tratamento primário ideal para a linha vermelha.

FIGURA 8 - FLUXOGRAMA DE UM TRATAMENTO PRIMÁRIO IDEAL PARA A LINHA VERMELHA



Fonte: SPRINGMANN (2009)

Após o tratamento primário os sólidos da linha verde geralmente são depurados em sistemas de estabilização como a compostagem e então destinados ao uso agrícola, já os sólidos segregados da linha vermelha são destinados à fábrica de farinhas e óleos de origem animal para serem utilizados como matéria prima (OLIVO, 2006).

São considerados processos químicos: agentes coagulantes, floculantes, neutralizadores de pH, oxidantes, de redução e desinfecção que promovem a remoção de poluentes ou possam condicionar a mistura de efluentes a ser tratada em processos posteriores, nesta etapa é promovida a aglutinação e o agrupamento das partículas que serão removidas (GIORDANO, 2005).

3.3.4 Tratamento Secundário

O tratamento secundário engloba processos biológicos de tratamento de efluente, tanto de natureza aeróbia quanto o anaeróbio, tendo como objetivo remover a matéria orgânica dissolvida e em suspensão, através da transformação desta em sólidos sedimentáveis ou gases. Os produtos desse tratamento devem ser mais estáveis, aspecto mais claro e significativamente redução de microrganismos e uma menor concentração de matéria orgânica (GIORDANO, 2005).

Nesta etapa o objetivo é remover matéria orgânica e nutrientes como nitrogênio e fósforo (MEES, 2004). Algumas técnicas que se destacam no tratamento secundário são: os lodos ativados, lagoas aeradas, lagoas de estabilização, filtros biológicos e digestores anaeróbios (CAMMAROTA, 2011).

Os tratamentos biológicos podem ser classificados de acordo com a dependência de oxigênio dos microrganismos, sendo eles, de natureza aeróbia ou de natureza anaeróbia. O tratamento secundário é avaliado como uma das alternativas mais econômicas e eficientes para degradação da matéria orgânica, onde as bactérias responsáveis pelo processo de degradação são em sua maioria heterótrofas aeróbias e facultativas.

No tratamento biológico aeróbio os microrganismos degradam as substâncias orgânicas que são assimiladas como fonte de energia mediante processos oxidativos, convertendo matéria orgânica biodegradável em gases e sólidos inorgânicos. O tratamento secundário demanda para maximizar sua eficiência: o controle de temperatura e deve estar com o pH e oxigênio dissolvido (OD), deve também obedecer a relação da massa com os nutrientes de DBO.

Os gases gerados após o processo de degradação da matéria orgânica no tratamento biológico anaeróbio são: o metano (CH_4) e gás carbônico (CO_2), este processo pode gerar risco de emissão de odores sobretudo nos casos em que se utiliza lagoas anaeróbias.

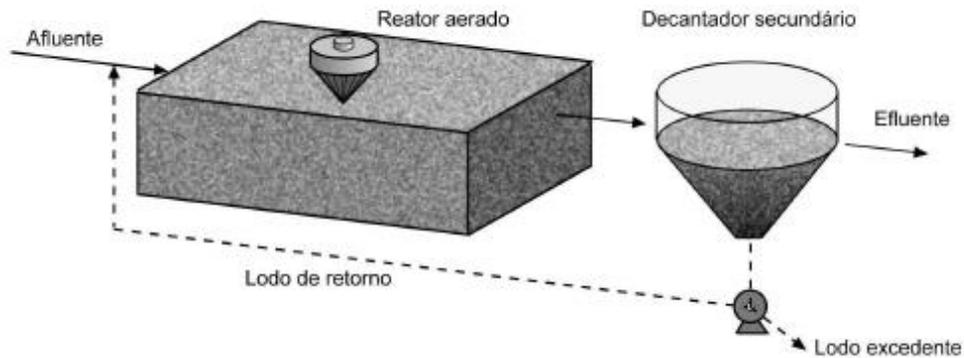
Quando os três tipos de microrganismos se encontram presentes, o processo é denominado aeróbio-anaeróbio ou facultativo.

O processo aeróbio é composto por um consórcio de micro-organismos que promovem a degradação dos poluentes orgânicos, dentre eles se destacam os lodos ativados, filtros percoladores e lagoas de estabilização aeróbias. O processo de lodos ativados é muito utilizado, consiste em biorreatores com biomassa em suspensão, principalmente para tratamento de efluentes industriais com alta carga orgânica. Os filtros percoladores consistem em biorreatores com biomassa aderida a suportes, estes são utilizados para efluentes industriais com alta carga e vazões menores. As lagoas de estabilização aeradas consistem na alternativa mais econômica, porém necessitam de grande área para sua construção (METCALF e EDDY, 2003).

O sistema de lodos ativados tem como princípio o desenvolvimento de uma cultura microbiológica na forma de flocos em um tanque de aeração, sendo muito utilizado em condições que exigem elevada qualidade do efluente e reduzidos requisitos de área em relação às lagoas. No entanto o sistema de lodos ativados necessita de um maior índice de mecanização, sugerindo maior dificuldade de operação e maior consumo de energia elétrica (VON SPERLING, 1997).

O sistema de lodos ativados, esquematizado na (FIGURA 9), é composto de tanque de aeração, tanque de decantação e sistema de recirculação de lodo.

FIGURA 9 - SISTEMA DE LODOS ATIVADOS



Fonte: VON SPERLING, (1997).

O tanque de aeração proporciona oxigênio aos micro-organismos e evita a deposição dos flocos bacterianos. No reator ocorrem as reações bioquímicas de estabilização da matéria orgânica sobre condições de alta taxa de aeração e a oferta de oxigênio ocorre por dispositivos mecânicos de ar comprimido ou através de injeção de ar por difusores.

A biomassa formada, agrupada na forma de flocos ativos, é enviada continuamente a um decantador (secundário) destinado a separar o efluente tratado, ou seja, a fase líquida do lodo. O efluente tratado segue para a próxima etapa de tratamento, quando existente, ou para o lançamento no corpo receptor. Parte do lodo é recirculado no tanque de aeração por conter microrganismos ainda ativos (VON SPERLING, 1997).

Os filtros percoladores são filtros biológicos normalmente utilizados como pós tratamento de sistemas anaeróbio, sua configuração ao contrário do que o nome sugere não tem função de remover material particulado por filtragem, são formados por tanques preenchidos com um leito permeável onde micro-organismos decompositores cujo crescimento se dá de maneira aderida ao material de enchimento do filtro. Geralmente o meio filtrante é constituído de pedras de cerca de 2,5 a 10 cm de diâmetro.

FIGURA 10 - FILTROS PERCOLADORES



Fonte: arquivo pessoal

Normalmente os filtros percoladores são formados por um tanque circular onde o efluente é distribuído na parte superior do leito através de um distribuidor giratório. O tanque conta com um sistema de deságue em sua parte inferior para recolher o efluente tratado e os sólidos desprendidos do meio.

O sistema de deságue de fundo também permite a circulação do ar no interior do filtro. A matéria orgânica é consumida através dos microrganismos aderidos no leito filtrante, que formam assim uma película biológica. Na parte externa desta película formada, ocorre ação dos microrganismos aeróbios. Este lodo pode ser espessado e desidratado, tendo como aplicação o uso na agricultura.

Os microrganismos dos filtros percoladores podem ser aeróbios, anaeróbios e facultativos, esse sistema necessita de um decantador secundário que permita a separação dos sólidos desprendidos do leito filtrante, podendo ser realizada a recirculação ou não destes sólidos (METCALF e EDDY, 2003).

Os sistemas de lagoas de estabilização constituem-se na forma mais simples de tratamento de efluentes, porém são altamente dependentes da disponibilidade de grandes áreas e topografia do terreno. São indicadas para regiões de clima quente, ou seja, com altas temperaturas e alta insolação. Devido a sua operação simplificada, necessidade de poucos ou nenhum equipamento. Os principais sistemas de lagoas e sua descrição são apresentados na (TABELA 2).

TABELA 2 - TIPOS DE SISTEMAS DE LAGOAS DE ESTABILIZAÇÃO

Sistema	Descrição
Lagoa Facultativa	A DBO solúvel é estabilizada por bactérias aeróbias dispersas no meio líquido e a DBO suspensa tende a sedimentar, sendo, degradadas por bactérias anaeróbias no fundo da lagoa. O oxigênio é fornecido pela fotossíntese das algas.
Lagoa Anaeróbia – Lagoa Facultativa	A lagoa anaeróbia, que possui maior profundidade e menor volume, remove cerca de 50 a 70% da DBO. O restante é removido na lagoa facultativa. O sistema ocupa menor área que uma única lagoa facultativa.
Lagoa Aerada Facultativa	A remoção da carga orgânica ocorre de forma similar à lagoa facultativa, porém com fornecimento de oxigênio através de sistema de aeração. Também neste caso ocorre a degradação anaeróbia dos sólidos sedimentados no fundo.
Lagoa Aerada de Mistura Completa – Lagoa de Decantação	O sistema de aeração e mistura mantém os sólidos dispersos no meio líquido, em mistura completa, que resulta em maior concentração de bactérias no meio líquido e maior eficiência de remoção de DBO, reduzindo o volume de lagoa necessário em comparação à facultativa. Os sólidos em suspensão devem ser removidos antes do lançamento no corpo receptor, na lagoa de decantação.
Lagoa de Maturação	O principal objetivo deste sistema é a remoção de organismos patogênicos, através da radiação ultravioleta, alto pH e OD, temperatura inferior à do corpo humano, falta de nutrientes e sedimentação dos ovos e cistos. Constituem um pós-tratamento os sistemas de remoção de cargas orgânicas, como alta eficiência de remoção de coliformes.

Fonte: VON SPERLING, 2002.

A decomposição anaeróbia acontece na ausência de oxigênio, sendo esse o princípio de funcionamento dos biodigestores, esse processo tem como principais atributos: a reduzida taxa de crescimento microbiano, baixo consumo de energia, baixo requisito de área. Como resultado do processo de decomposição anaeróbia tem-se basicamente a geração de biofertilizante e biogás, sendo o biogás composto de metano e gás carbônico.

Os sistemas anaeróbios podem ser classificados em convencionais e de alta taxa. Nos convencionais estão incluídos os digestores de lodo, tanques sépticos e lagoas anaeróbias. Nos sistemas de alta taxa estão incluídos os com crescimento aderido, como os reatores de leito fixo, de leito rotatório e de leito expandido ou fluidificado; e ainda os com crescimento disperso, como os reatores de dois estágios, de chicanas, de manta de lodo, de leito granular expandido e com recirculação interna.

Os sistemas convencionais caracterizam-se por não possuírem mecanismos de retenção de sólidos no sistema, possuírem elevados tempos de detenção e baixas cargas volumétricas. Os sistemas de alta taxa permitem que os reatores sejam operados com baixos tempos de detenção hidráulica e elevados tempos de

retenção celular através de mecanismos de retenção de biomassa (CHERNICHARO, 2001).

O tratamento biológico dos efluentes da indústria de abate de frangos normalmente é constituído de uma etapa anaeróbia, ou seja, a degradação ocorre na ausência de oxigênio molecular, no qual o consórcio de diferentes tipos de microrganismos interage estreitamente para promover a conversão dos compostos mais complexos em compostos mais simples e para posterior assimilação em uma etapa aeróbia.

A etapa anaeróbia na maioria das vezes é realizada em lagoas de estabilização e a aeróbia em lagoa aerada ou em sistemas de lodos ativados. Para o bom funcionamento do sistema, especialmente da etapa anaeróbia por se tratar de um sistema mais sensível, é imprescindível a remoção eficiente das gorduras no tratamento primário.

3.3.5 Tratamento Avançado

O tratamento avançado, tem por objetivo melhorar a qualidade de efluentes provenientes dos tratamentos primários e/ou secundários, nesta etapa são empregadas técnicas para redução de sólidos suspensos, carga orgânica biodegradável e não biodegradável, micropoluentes, cor, sais minerais e nutrientes, através de processos como: lagoas de maturação, filtração, adsorção com carvão ativado, processos com membranas, oxidação química entre outros (CAMMAROTA, 2011).

As configurações mais comuns no tratamento de efluentes avícolas são compostas de um sistema de tratamento primário, seguido de sistema de tratamento secundário, podendo ser lagoas ou lodos ativados. Quando bem dimensionadas estes sistemas atingem uma performance de remoção da matéria orgânica suficiente para atender a legislação. No entanto, no caso especialmente de efluentes industriais, os sistemas de tratamento primário e secundário nem sempre são capazes de atingir todos os parâmetros de lançamento, especialmente quando se trata de corpos receptores mais restritivos, como rios classe 2.

Assim, em função do grau de depuração que se deseja obter para atender demandas mais restritivas o processo de tratamento de efluente exige sistemas de tratamento mais intensos, sendo que estas exigências podem ser no tocante a uma

maior remoção de matéria orgânica, de fósforo ou de nitrogênio (IMHOFF e KLAUS, 1986).

Para atender os parâmetros mais restritivos, pode ser aplicado o tratamento avançado de efluentes, ou tratamento terciário, definido como sendo um dos métodos e processos para remoção adicional de poluentes (substâncias suspensas e dissolvidas) que não foram removidas nos processos biológicos convencionais (SPELLMAN, 2003). A (TABELA 3) apresenta os principais processos de tratamento avançados a serem empregados de acordo com o poluente:

TABELA 3 - PRINCIPAIS PROCESSOS DE TRATAMENTO AVANÇADOS DE ACORDO COM O POLUENTE

Carga Orgânica	Adsorção em carvão ativado ^{(1) (4)} , Lagoas de Polimento ⁽²⁾ , Micropeneiras ^{(2) (3)} , Filtração ^{(2) (3)} , Aplicação no solo ^{(3) (4)} , Osmose Inversa ⁽³⁾ , Precipitação química ^{(3) (4)} , Oxidação com Cloro ⁽³⁾ , Troca Iônica ⁽³⁾
Sólidos Suspensos	Filtração ^{(3) (4)} , Micropeneiras ^{(3) (4)} , Destilação ⁽³⁾ , Flotação ⁽³⁾ , Aplicação no solo ^{(3) (4)} , Osmose Inversa ⁽³⁾ , Precipitação química ^{(3) (4)} , Adsorção em carvão ativado ⁽³⁾ .
Nitrogênio	Nitrificação-desnitrificação biológica ^{(1) (2) (3) (4)} , Arraste do amoníaco com Ar ^{(3) (4)} , Adsorção em carvão ativado ^{(1) (3)} , Eletrodialise ^{(1) (3)} , Filtração ⁽³⁾ , Destilação ⁽³⁾ , Aplicação no solo ^{(3) (4)} , Osmose Inversa ⁽³⁾ , Lagoas de Algas ⁽³⁾ , Troca Iônica ⁽³⁾ , Precipitação química ⁽⁵⁾ .
Sulfetos	Precipitação ⁽¹⁾ , Oxidação ⁽¹⁾
Fósforo	Precipitação química ^{(1) (2) (3) (4)} , Osmose Reversa ^{(1) (3)} , Eletrodialise ^{(1) (3)} , Adsorção em carvão ativado ⁽¹⁾ , Assimilação Biológica ^{(2) (3)} , Lagoas de Algas ^{(2) (3)} , Destilação ⁽³⁾ , Aplicação no solo ^{(3) (4)} , Troca Iônica ⁽³⁾
Cianetos	Oxidação com Cloro ⁽¹⁾
Cromo Hexavalente	Redução com Metabissulfito ou Bissulfito de Sódio ⁽¹⁾
Metais Pesados	Precipitação com gás sulfídrico ⁽¹⁾ , Precipitação química ⁽⁴⁾ , Aplicação no solo ⁽⁴⁾ .
Fenóis	Tratamento Biológico ⁽¹⁾ , Oxidação com Ozônio, Cloro ou Ar ⁽¹⁾ , Extração por Solvente ⁽¹⁾ , Adsorção em Carvão Ativado ⁽¹⁾ .
Cor	Adsorção em carvão ativado ⁽¹⁾
Odor e Sabor	Adsorção em carvão ativado ⁽¹⁾
Sais Minerais	Eletrodialise ⁽¹⁾ , Osmose Reversa ⁽¹⁾

Fonte: (1) Nunes (2004); (2) Imhoff e Klaus(1986); (3) Metcalf e Eddy (2003); (4) Spellman (2003);(5) Aguilar et al. (2002), Schoenhals (2006).

O tratamento de efluentes normalmente aplicados nos frigoríficos apresentam dificuldades na manutenção de alguns parâmetros como: o nitrogênio e o fósforo levando em consideração a legislação pertinente, esse fenômeno ocorre devido à alta carga proteica presente no efluente e da presença de detergentes utilizados no processo de higienização.

Para remoção do N no tratamento de efluentes os sistemas mais empregados são os processos biológicos de nitrificação-desnitrificação, esse processo permite a oxidação dos compostos orgânicos nitrogenados e posterior redução do nitrato a nitrogênio.

Para remoção do nitrogênio na forma de amoníaco, é comum a utilização do processo de arraste com ar com os parâmetros de pH próximo de 11, essa técnica é conhecida como torres “Stripping” (NUNES, 2004).

Os sistemas de coagulação/floculação pouco removem nitrogênio na forma amoniacal, porém são capazes de remover nitrogênio na forma principalmente de nitratos, que representam as proteínas presentes na forma de material coloidal (AGUILAR et al., 2002; SCHOENHALS, 2006)

O fósforo pode ser apresentado no efluente como compostos inorgânicos, polifosfatos e ortofosfatos introduzidos pelos produtos de limpeza, e sua remoção ocorre através de processos biológicos e físico-químicos. Dentre os processos físico-químico são comuns: a eletrodíalise, a osmose reversa e a precipitação química, sendo a precipitação química o processo mais utilizado (NUNES, 2004).

3.4 ASPECTOS LEGAIS

Os resíduos gerados durante o processo industrial devem seguir a legislação pertinente antes de sua destinação final, atendendo os parâmetros estipulados pela legislação ambiental. A cooperação entre a União e os estados e municípios, em relação à legislação ambiental é normatizada por lei complementar, visando o equilíbrio do desenvolvimento e bem estar nacional.

3.4.1 Padrões de lançamento de efluentes

Os padrões de lançamento dos efluentes industriais do Estado do Paraná obedecem aos limites estipulados, pelo Instituto Ambiental do Paraná (IAP), 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. No âmbito Federal, as indústrias avícolas seguem os limites de lançamento de efluentes apresentados na Resolução número 357, de 17 de março de 2005, que regulamenta a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes.

A Resolução do CONAMA nº 357 de 2005 autoriza o órgão ambiental competente a acrescentar outras condições e padrões aos apresentados nesta resolução, ou torná-los mais restritivos, tendo em vista as condições locais.

Os parâmetros estabelecidos pelo IAP através da portaria nº 256, de 16 de setembro de 2013, para indústrias avícolas em corpos hídricos são:

- pH entre 5 a 9;
- Temperatura: inferior a 40°C, sendo que a elevação de temperatura do corpo receptor não deverá exceder a 3°C;
- Materiais sedimentáveis: até 1 ml/litro em teste de 1 hora em cone Imhoff para o lançamento em lagos e lagoas, cuja velocidade de circulação seja praticamente nula, os materiais sedimentáveis deverão estar virtualmente ausentes;
- Regime de lançamento com vazão máxima de até 1,5 vezes a vazão média do período de atividade diária do empreendimento;
- Óleos e graxas: óleos vegetais e gorduras animais até 50 mg/l;
- Ausência de materiais flutuantes;
- DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio) até 50 mg/ l;
- DQO (Demanda Química de Oxigênio) até 150 mg/ l;
- Cobre: 1,0 mg/l de Cu;
- Zinco: 5,0 mg/l de Zn;
- Nitrogênio amoniacal total: 20 mg/L N

Em 03 de abril de 2008 o CONAMA apresentou a Resolução no 397 que alterou alguns incisos da resolução CONAMA nº 357/2005. A (TABELA 4) a seguir apresenta os padrões e condições de lançamento de fluentes segundo a Resolução CONAMA no 357/2005, a Resolução CONAMA no 397/2008 e o Decreto Estadual no 14.250/1981.

TABELA 4 - PARÂMETROS E CONDIÇÕES DE LANÇAMENTO DE EFLUENTES PARA INDÚSTRIAS PARANAENSE

Parâmetro	Limite	
	IAP	Conama
pH	5 - 9	5 - 9
Temperatura	< 40°C	< 40°C
Materiais Sedimentáveis	1 ml/l	1ml/l
Regime de lançamento	1,5 x	NA
Óleos e Graxas	50 mg/l	50 mg/l
Materiais flutuantes	0	0
DBO	50 mg/l	60 mg/l
DQO	150 mg/l	NA
Cobre	1 mg/l	1 mg/l
Zinco	5 mg/l	5 mg/l
Nitrogênio	20 mg/l	20 mg/l

Fonte: RESOLUÇÃO CONAMA, IAP

3.4.2 Legislação para resíduos sólidos

Além da resolução CONAMA nº 404/2008 e a Lei Federal 12.305/2010, que institui a Política Nacional dos Resíduos Sólidos, pode-se destacar na esfera federal, diversas outras resoluções CONAMA que regulam o gerenciamento de resíduos no Brasil. Na (TABELA 5), visualiza-se de forma resumida as portarias, resoluções e leis da esfera federal.

TABELA 5 - RESUMO DAS LEIS E RESOLUÇÕES REFERENTES AO GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS NO BRASIL

Lei / Resolução	Descrição
Portaria MINTER 053/1979	Estabelece obrigatoriedade de aprovação de órgão estadual para projetos de tratamento e disposição de resíduos sólidos
Resolução CONAMA 1-A/1986	Dispõe sobre transporte de produtos perigosos
Resolução CONAMA 05/1993	Dispõe sobre gerenciamento de resíduos sólidos gerados em portos, aeroportos, terminais rodoviários e ferroviários
Resolução CONAMA 023/1996	Regulamenta a importação e uso de resíduos perigosos e dispõe sobre classificação de resíduos
Resolução CONAMA 307/2002	Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil.
Resolução CONAMA 313/2002	Dispõe sobre o Inventário Nacional de Resíduos Sólidos Industriais
Resolução CONAMA 316/2002	Dispõe sobre procedimentos e critérios para o funcionamento de sistemas de tratamento térmico de resíduos
Resolução CONAMA 358/2005	Dispõe sobre tratamento e disposição final dos resíduos dos sistemas de saúde
Resolução CONAMA 401/2008	Estabelece os limites máximos de chumbo, cádmio e mercúrio para pilhas e baterias comercializadas no território nacional e os critérios e padrões para o seu gerenciamento ambientalmente adequado
Resolução CONAMA 404/2008	Estabelece critérios e diretrizes para o licenciamento ambiental de aterro sanitário de pequeno porte de resíduos sólidos urbanos
Resolução CONAMA 416/2009	Dispõe sobre a prevenção à degradação ambiental causada por pneus inservíveis e sua destinação ambientalmente adequada
Lei Nº 12305/2010	Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998

Fonte: (MAGRINI, 2010 apud ALCENO, 2011)

Além das leis e resoluções apresentadas na (TABELA 5), as normas técnicas lançadas pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) são de extrema importância dentro do gerenciamento de resíduos, uma vez que qualquer lei poderá obrigar a utilização de uma Norma Brasileira (NBR) como padrão sobre algum procedimento, operação ou atividade no gerenciamento de resíduos. Na (TABELA 6), constam as principais NBRs relacionadas ao gerenciamento de resíduos no Brasil. Essas normas introduzem no contexto nacional as normas

praticadas mundialmente através das ISOs (*International Organization for Standardization*).

TABELA 6 - RESUMO DE ALGUMAS NBRs REFERENTE AO GERENCIAMENTO DE RESÍDUO NO BRASIL

NBR	Descrição
NBR 10.004	Resíduos Sólidos - Classificação
NBR 10.007	Amostragem de Resíduos
NBR 8418	Apresentação de Projetos de Aterros de Resíduos Industriais Perigosos
NBR 8419	Apresentação de Projetos de Aterros Sanitários de Resíduos Sólidos Urbanos
NBR 10.157	Aterros de Resíduos Perigosos – Critérios para Projeto, Construção e Operação
NBR 13.896	Dispõe sobre o Inventário Nacional de Resíduos Sólidos Industriais
NBR 11.174	Armazenamento de Resíduos
NBR 13.221	Transporte de Resíduos
NBR 12.808	Resíduos de Serviços de Saúde – Classificação
NBR 12.810	Coleta de Resíduos de Serviços de Saúde - Procedimento

Fonte: (MAGRINI, 2010 apud ALCENO, 2011)

3.4.3 Parâmetros para emissões gasosas

Como ocorre na maioria dos países que contam com legislações avançadas de meio ambiente, no Brasil, o controle da poluição do ar é regulamentado em três vias: qualidade ambiental e controle da poluição em sentido amplo, incluindo as definições de infrações e sanções, controle de emissões por fontes fixas, e controle de emissões por fontes móveis (JUNIOR, 2007).

As principais normas ambientais vigentes no Brasil e analisadas nesse trabalho são:

- CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente, Resolução nº316/02: Procedimentos e Critérios para o Funcionamento de Sistemas de Tratamento Térmico de Resíduos;
- CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente, Resolução nº382/06: Limites Máximos de Emissão de Poluentes Atmosféricos para Fontes Fixas – Processos de Geração de Calor a partir da Combustão de Derivados da Madeira;

- SEMA - Secretaria do Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Estado do Paraná, Resolução nº41/02: Padrões de Emissão Atmosférica para Processos de Geração de Calor ou Energia Utilizando Biomassa como Combustível.

Com base nas competências atribuídas ao CONAMA este estabelece por meio de resoluções, normas para controle de emissões de poluentes do ar por fontes fixas e móveis. Embora não estabeleça diretamente os níveis máximos de emissão, esses instrumentos legais dão diretrizes para a localização de complexos industriais, de modo a que suas emissões interfiram o mínimo possível com outras atividades humanas em seu entorno, como áreas habitacionais, escolas, instituições de saúde, etc. (JUNIOR, 2007).

As normas brasileiras e internacionais que regulamentam a emissão de poluentes gasosos encontram-se dispersas, são de difícil interpretação e bastante específicas, requerendo estudo minucioso para o seu completo entendimento (VIRMOND, 2007).

A fixação de parâmetros para a emissão de poluentes gasosos e materiais particulados (materiais sólidos pulverizados) por fontes fixas começou a ser efetuada por meio da Resolução do CONAMA nº 005/1989, que dispõe sobre o Programa Nacional de Controle da Poluição do Ar – PRONAR. Em 2006, por meio da Resolução nº 3824, o CONAMA atualizou e ampliou os parâmetros das resoluções anteriores e estabeleceu limites máximos de emissão de poluentes atmosféricos por fontes fixas (JUNIOR, 2007).

Segundo Virmond (2007) a concentração máxima definida refere-se à relação entre a massa do poluente e o volume em que ele está contido ($C = m/V$), devendo ser sempre relatada em miligramas por normal metro cúbico (mg/Nm^3), isto é, referindo-se às condições normais de temperatura e pressão (CNTP, $P = 1013\text{mbar} = 1\text{atm} = 760\text{mmHg}$ e $T = 273\text{K} = 0^\circ\text{C}$) em base seca e, quando aplicável, na condição referencial de oxigênio estabelecida. A conversão às condições referenciais de oxigênio é dada por:

$$C_R = \left(\frac{k - O_R}{k - O_M} \right) \cdot C_M \quad (1)$$

Onde:

- CR = concentração do poluente corrigida para a condição referencial de oxigênio estabelecida;
- k = 21 = concentração volumétrica de oxigênio no ar em [%];
- OR = concentração de oxigênio de referência estabelecida em [%];
- OM = concentração de oxigênio medida durante a amostragem em [%];
- CM = concentração de poluente determinada na amostra.

A concentração de um poluente é inversamente proporcional à concentração de oxigênio de referência, isto é, quanto maior a concentração referencial de oxigênio, menor a concentração do poluente.

As principais agências de prevenção ao meio ambiente nacionais e internacionais são:

- US EPA - *United States Environmental Protection Agency*. Agência Americana de Proteção Ambiental;
- IPPC - *European Commission Integrated Pollution Prevention and Control*. Comissão Europeia de Controle e Prevenção Integrado de Poluição;
- CCME - *Canadian Council of Minister of the Environment*. Conselho de Ministros de Meio Ambiente do Canadá;
- CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente;
- CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental de São Paulo.
- SEMA - Secretário de Estado de Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Paraná.

Os principais parâmetros controlados pelas agências internacionais de proteção do meio-ambiente, bem como os parâmetros nacionais de emissões gasosas, estão listados na (TABELA 7):

TABELA 7 - PRINCIPAIS PARÂMETROS CONTROLADOS DE EMISSÕES GASOSAS

Elemento	Parâmetro de Emissões Gasosas (mg/m ³)					
	EPA	IPPC	CCME	CONAMA	CETESB	SEMA
Óxido de nitrogênio	201	200	400	560	375	560
Óxido de enxofre	56	50	260	280	262	280
Material Particulado	17	10	20	70	60	70
Monóxido de Carbono	41	50	57	100	50	100
Dioxinas (ng TQE/Nm ³)	0,623	0,1	0,5	0,5	---	0,5
O ₂ Livre (base seca) %	11	11	11	7	7	7

Fonte: USEPA, 2001; IPPCEU, 2001; CCME, 2002; CONAMA, 2002; CETESB, 2006 E SEMA, 2001.

3.5 CARACTERIZAÇÃO DO LODO DO TRATAMENTO DE EFLUENTES

A viabilidade técnica do lodo como combustível está fundamentada em sua caracterização através de sua análise elementar.

3.5.1 Rota de produção do lodo frigorífico

O início do tratamento físico-químico ocorre com a equalização do efluente bruto, na sequência o agente floculante e polímeros são adicionados para potencializar o processo de separação da gordura, juntamente com as dosagens de produtos ocorre a injeção de micro bolhas de ar que auxiliam o processo de flotação, sendo este responsável por agrupar partículas de gordura e material orgânico suspenso em “flocos” elevando-os à superfície da água, uma vez que o material esteja separado o lodo gerado dos flocos emergentes é retirado do flotador através de raspadores e a água é enviada ao tratamento secundário, ou seja, às lagoas de tratamento (PINTO et. al, 2015).

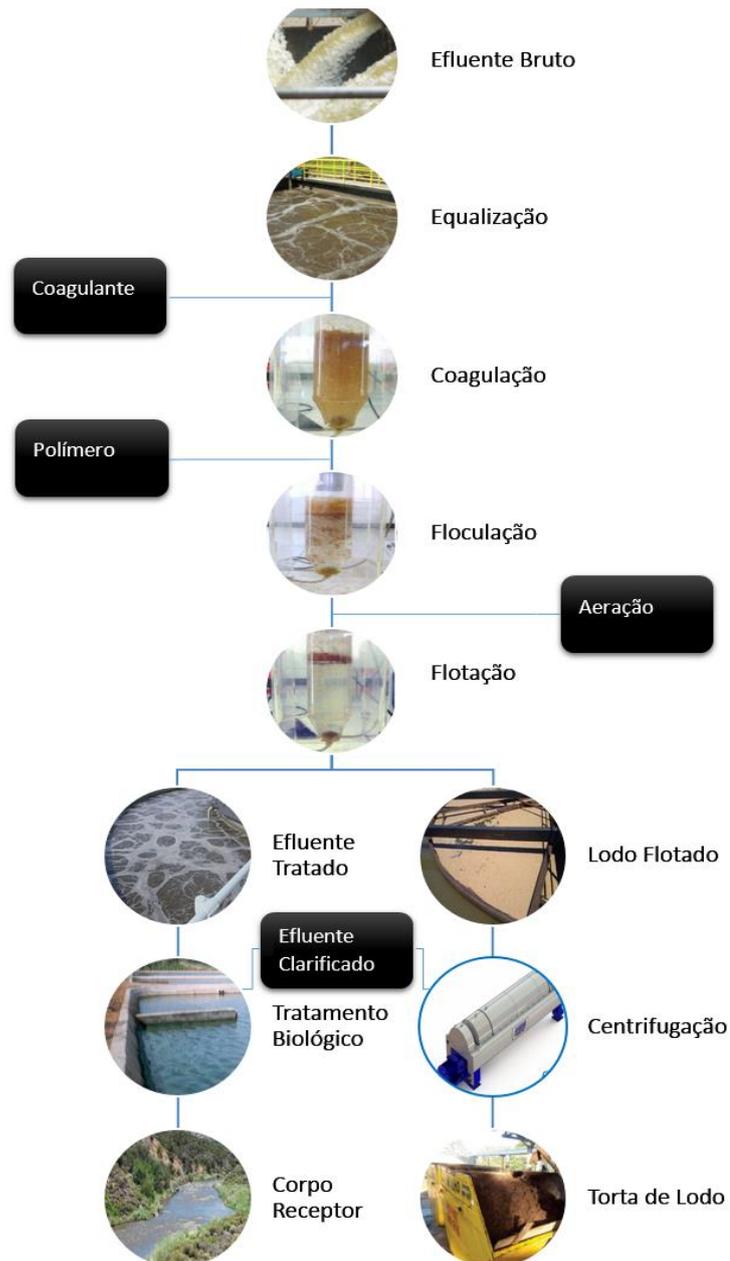
Segundo Unfried e Yoshi (2012) após a separação o lodo úmido como é denominado o material proveniente do flotador, este é aquecido a 90°C e enviado a uma centrifuga chamada Tridecanter, este equipamento tem por princípio ativo a separação do lodo aquecido em três fases:

- Óleo de lodo;
- Água ou efluente clarificado; e
- Lodo flotado.

O lodo flotado é a porção sólida do efluente, contendo umidade aproximada de 60%. Possui características potenciais para ser utilizada como combustível. A secagem da torta de lodo é recomendada favorecendo seu aproveitamento energético por combustão direta, desta forma este material ainda deve passar por um processo térmico para secagem e redução da umidade para um intervalo entre 12 e 15%, viabilizando desta forma sua posterior utilização como biomassa na combustão em caldeiras e fornalhas (UNFRIED E YOSHI, 2012).

A (FIGURA – 11) apresenta um fluxograma da rota de produção do lodo durante o processo de tratamento de efluentes.

FIGURA 11 - ROTA DE PRODUÇÃO DO LODO FLOTADO



Fonte: O autor (2016)

Em virtude de restrições sanitárias, impostas sobre os resíduos do tratamento físico-químico o lodo flotado não deve ser utilizado para fins alimentícios. Esse cenário demanda a busca de alternativas economicamente viáveis para destinação dessa biomassa preservando o quesito sustentabilidade. Desta forma, o lodo flotado pode ser utilizado como combustível em caldeiras de geração de vapor, reduzindo custos operacionais com a substituição de parte dos demais combustíveis tradicionalmente utilizados como a lenha e o cavaco, permitem ainda a redução dos custos para destinação em aterros industriais ou para áreas de compostagem.

3.5.2 Análise imediata, elementar e poder calorífico do lodo flotado

O lodo flotado pode ser definido como uma biomassa obtida no tratamento primário de efluentes, no processo físico-químico por flotação simples. O tratamento primário de efluentes tem por princípio a remoção dos sólidos existentes no meio aquoso por meio do auxílio de aditivos como: coagulantes e coadjuvantes de coagulação, seguida pela adesão das partículas nas bolhas de ar que ascendem nos tanques de flotação, após chegar a superfície do tanque o lodo é removido por pás (SENA, 2005 e CAMAROTA, 2011).

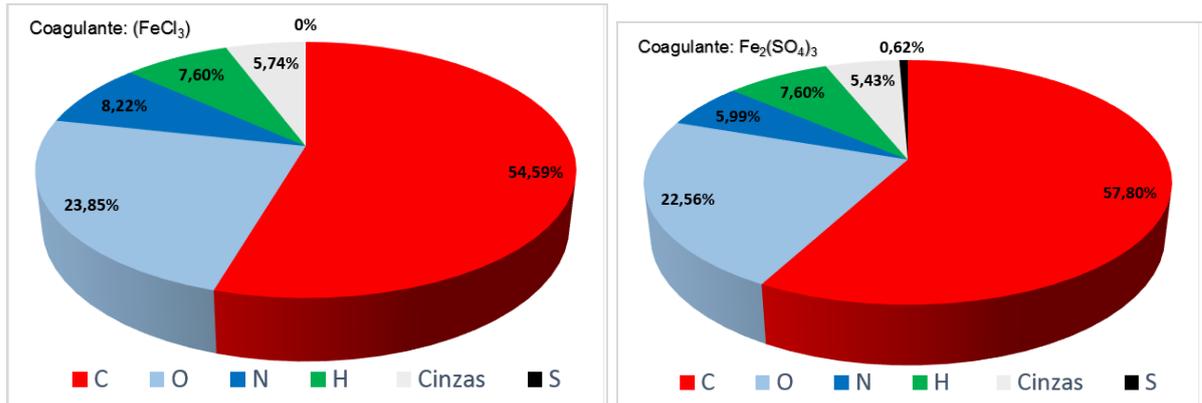
Sua produção ocorre devido à grande quantidade de matéria orgânica e sólidos suspensos que são removidos no tratamento físico-químico, e fazem parte de sua composição também os compostos formados pelos coagulantes.

O lodo flotado é composto basicamente de C, O e N, devido ao seu processo de obtenção ser exclusivamente orgânico. No entanto, contribuem em sua formação algumas substâncias advindas do processo de tratamento físico-químico como os coagulantes e coadjuvantes de coagulação. Outro elemento que pode ser encontrado no lodo é o cloro (Cl) utilizado na higiene da indústria, sendo este, considerado como um elemento-chave na formação de compostos organoclorados (MCKAY, 2002; STANMORE, 2004).

O Cloro é utilizado como elemento dos procedimentos higiênico-sanitário com objetivo de garantir a higienização de superfícies, ambientes e equipamentos reduzindo sua carga microbiana. Em seu princípio ativo o cloro irá formar emulsões para remoção dos sólidos, sendo que sua presença é detectada no efluente e não no lodo flotado, desta forma requerendo maior atenção ao teor de umidade do lodo flotado (JONHS, 1995).

Segundo Sena (2005) um dos principais coagulantes utilizados nas indústrias frigoríficas para o tratamento primário, é o cloreto férrico (FeCl_3), no entanto esse elemento químico pode comprometer significativamente o processo de reutilização do lodo flotado como combustível. Assim, a substituição do cloreto férrico pelo sulfato férrico obteve resultados satisfatórios para o tratamento físico-químico, e conseqüentemente, para a composição do lodo quanto a sua utilização como fonte de energia. A (FIGURA 12) demonstra em seus gráficos a composição elementar do lodo flotado obtido com a utilização de cloreto férrico (FeCl_3) e sulfato férrico $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$.

FIGURA 12 - COMPOSIÇÃO ELEMENTAR LODO COM UTILIZAÇÃO DE CLORETO FÉRRICO (FECL₃) E SULFATO FÉRRICO



Fonte: SENA (2005)

A composição elementar é utilizada como base para o cálculo do poder calorífico deste combustível, quanto à comparação entre as duas biomassas (FIGURA 12), é possível observar que ambas possuem uma composição bastante semelhante, apenas diferindo quanto à presença de enxofre (S). O lodo produzido com coagulante a base de sulfato férrico é possível observar a presença de SO₂ na emissão dos gases durante a utilização desta biomassa como fonte energética (SENA, 2005).

A (TABELA 8) apresenta a produção média de biomassa em base seca (b.s.) para cada m³ de efluente tratado, contendo 9.300 mg.L⁻¹ de sólidos totais (ST).

TABELA 8 - BIOMASSA GERADA POR M³ DE EFLUENTE TRATADO

		Kg de biomassa por m ³ em efluente (base seca)	
Tratamento		(FeCl ₃)	Fe ₂ (SO ₄) ₃
Polímeros	Flonex 9073	0,83	0,87
	Optifloc A 1210	0,83	0,83
	Optifloc A 1220	0,83	0,83
	Polyfloc ANP 1099	0,84	0,83

Fonte: SENA (2005)

Segundo a classificação de diferentes biomassas proposta por Heikkinen et al. (2004), o lodo frigorífico é constituído majoritariamente de compostos orgânicos de baixa estabilidade dado que apresenta taxas máximas de decomposição na faixa de temperatura de aproximadamente 209 a 346°C. O número de picos e a diversidade na sua localização estão relacionados à composição bioquímica do lodo.

TABELA 9 - PROPRIEDADES DO CAVACO, LODO FLOTADO E MISTURA TEÓRICA DAS BIOMASSAS

Biomassa	Cavaco	Lodo Flotado	Mistura Teórica (9:1)
Análise Imediata			
Cinzas [%, b.s. ²]	0,52	12,3	1,7
Matéria Volátil [%, b.s.]	81,94	74,8	81,23
Carbono fixo [%, b.s.]	17,54	8,4	17,08
Umidade [%, amostra bruta]	54,14	15	50,23
Análise Elementar [%, l.u.c.³]			
C	49,68	50,9	49,8
H	6,29	7,9	6,45
N	0,43	8,1	1,2
S	<0,001 ⁴	<0,30	<0,03
O	43,08 ⁵	20,24 ⁵	40,81
CL	<0,001 ⁴	0,16	<0,02
Poder Calorífico [MJ.kg⁻¹, l.u.c.]			
PCS	20,8	24,34	21,15
PCI	19,44	22,61	19,76
Composição das Cinzas			
Fe ₂ O ₃	6,78	32,4	9,34
CaO	23,37	17,4	22,77
MgO	4,96	1,3	4,59
Na ₂ O	1,08	1,7	1,14
K ₂ O	9,58	1,7	8,77
SiO ₂	10,28	4,9	17,84
Al ₂ O ₃	8,94	1,7	8,22
TiO ₂	3,38	<0,30 ⁶	3,07
P ₂ O ₅	5,41	36,3	8,5
Temperatura de Fusedibilidade [°C]			
Inicial de deformação	>1.400 ⁷	750	1.335
Esfera	>1.400 ⁷	990	1.359
Hemisfera	>1.400 ⁷	1010	1.361
Fluidez	>1.400 ⁷	1040	1.364
Elementos - traço [mg/kg, b.s., m.p.⁸]			
As	n.r. ⁹	<1,00 ¹⁰	n.r.
Pb	n.r.	2	n.r.
Cd	n.r.	0,11	n.r.
Cr	n.r.	120	n.r.
Cu	n.r.	39	n.r.
Ni	n.r.	11	n.r.
Hg	n.r.	<0,01	n.r.
Zn	n.r.	350	n.r.

Fonte: (LLORENTE e CARRASCO, 2005 *apud* VIRMOND, 2007).

¹ Valores obtidos a partir de balanços de massa considerando mistura homogênea; ² Base seca; ³ Amostra livre de umidade e de cinzas; ⁴ Não determinado pelo método, limite de detecção inferior igual a 0,01%; ⁵ Valor obtido por diferença; ⁶ Não quantificável, limite inferior de quantificação <0,30%; ⁷ Fonte: Llorente *et al.* (2006); ⁸ Dissolução em micro-ondas sob pressão; ⁹ Ensaio não realizado; ¹⁰ Não determinado pelo método, limite de detecção inferior igual a 1,00mg/kg; ¹¹ Não determinado pelo método, limite de detecção inferior igual a 0,01mg/kg.

É possível observar pela análise apresentada na (TABELA 8) que o lodo flotado é uma biomassa de alto poder calorífico, que permite a recuperação energética por sua combustão direta. O poder calorífico de um combustível é mensurado pela quantidade de calor liberado pela combustão completa, por unidade de massa (kcal por kg) ou de volume (kcal por m³) nas condições normais de temperatura e pressão (CNTP).

O cálculo do Poder Calorífico Superior (PCS) e Poder Calorífico Inferior (PCI) sintetiza assim, o poder calorífico do combustível, determinando a quantidade de energia interna contida no combustível, sendo que quanto maior for o poder calorífico maior será a energia contida no combustível, ou seja, o PCS e PCI tem por objetivo fornecer dados quantitativos de quanto calor pode ser gerado pelo combustível.

Segundo Cortez (2008), uma boa combustão deve liberar a energia do combustível com um mínimo de perdas devido à combustão incompleta, seja por falta ou excesso de ar, umidade do combustível, processo de turbulência e mistura do ar durante a operação, baixo teor de cinzas entre outros, deve ainda ter elevado teor de carbono fixo e de material volátil, além de alto PCS. A análise elementar trata de um ensaio empregado na determinação da composição química e através desse ensaio é possível identificar os percentuais mássicos de alguns elementos como: o teor de carbono (C), hidrogênio (H), nitrogênio (N), enxofre (S), oxigênio (O) e cinzas, bem como o poder calorífico. Quanto maior o teor de C e H, melhor será a combustão, enquanto altos teores de N e S poderão resultar em altos índices de emissões de NO_x e SO₂.

Segundo LEONTSINIS (1989), o cálculo do PCS e PCI de biomassas, a partir das análises elementar e imediata, é realizado utilizando-se as equações, (2) e (3):

$$PCS = 7.831,1.Y_C + 34.157,5.\left(Y_H \frac{Y_O}{8}\right) + 2.213,35.Y_S + \left(\frac{21.570}{14}\right).Y_N \quad (2)$$

$$PCI = PCS - 584,435.(9.Y_H - (Y_U/100)) \quad (3)$$

Onde:

- PCS = Poder Calorífico Superior [kcal/kg].
- PCI = Poder Calorífico Inferior [kcal/kg].

- Y = fração mássica de carbono, hidrogênio, oxigênio, enxofre, nitrogênio e umidade do combustível.
- 584,435 = Calor latente de vaporização da água.

A combustão ou incineração de resíduos sólidos emite gases tóxicos, alguns corrosivos, como SO₂, NO_x, CO e VOC's, além de hidrocarbonetos aromáticos polinucleares (PAH) (WATANABE et al., 2004). Se o resíduo possui cloro em sua composição, o mesmo pode resultar na formação de HCl, dioxinas e furanos, e outras espécies organocloradas. Os vapores ácidos provocam corrosão nas caldeiras, e as dioxinas e furanos são extremamente tóxicas, mutagênicas e afetam o sistema imunológico (CHAGGER et al., 1998).

O principal coagulante utilizado pelas indústrias frigoríficas para o tratamento primário, é o cloreto férrico (FeCl₃), no entanto esse elemento químico pode comprometer significativamente o processo de reutilização do lodo flotado como combustível, neste contexto Sena (2005) comparou os principais parâmetros do lodo flotado com tratamentos à base de cloreto férrico e sulfato férrico, e os resultados foram apresentados na (TABELA 10):

TABELA 10 - ANÁLISES ELEMENTAR E IMEDIATA DOS LODOS COM DIFERENTES COAGULANTES COMPARADAS COM O CAVACO

% ^a	Lodo - CF	Lodo - SF	Biomassa - SF	Cavaco
Cinzas ^a	5,74	5,43	11,68	0,52
Material Volátil ^a	80,80	81,83	74,47	81,94
Carbono Fixo ^a	13,46	12,72	13,85	17,54
Umidade ^a	70,00	70,00	70,00	54,14
C ^a	54,59	57,80	52,20	49,68
H ^a	7,60	7,60	7,42	6,29
N ^a	8,22	5,99	8,56	0,43
S ^a	n.d. ^b	0,62	0,71	n.d. ^b
O ^a	23,85 ^c	22,56 ^c	19,43 ^c	43,08 ^c
PCI (kcal.kg⁻¹) ^d	5.575,00	5.861,00	5.470,00	3.878,00
PCS (kcal.kg⁻¹) ^d	5.979,00	6.265,00	5.855,00	4.206,00

Fonte: SENA (2005)

^a base seca.

^b Não detectado pelo método (LECO).

^c Determinado por diferença.

^d Calculados pelas Eq. 5 e Eq. 4, respectivamente

De acordo com Virmond (2007) é possível através da análise imediata e elementar do lodo flotado substituir 10% do cavaco por lodo com biomassa na alimentação das caldeiras, a energia total irá aumentar no processo de combustão em função do maior PCI do lodo (22,61MJ/kg) em relação ao do cavaco, com um ganho energético de aproximadamente 2%, permitindo à indústria uma economia em seus custos operacionais através da redução do consumo de cavaco e dos custos adjacentes para destinação adequada do lodo flotado. As taxas máximas de variação de massa da mistura são intermediárias às do cavaco e do lodo puros, não havendo grande alteração dos intervalos de temperatura e do tempo de residência da mistura em relação ao cavaco. As contribuições do cavaco e do lodo são claramente observadas.

3.5.3 Emissões geradas a partir da queima do lodo flotado

De fato, a presença de íons Cl^- no lodo flotado úmido tratado com sulfato férrico também ocorre, devido à utilização de produtos à base de cloro na higienização das instalações do frigorífico que, conseqüentemente, são incorporados ao efluente e ao lodo. Pela análise elementar a concentração média de cloro é de 0,16% (VIRMOND, 2007).

Segundo Sena (2005) foram constatadas uma média de 116 mg.L^{-1} de Cl^- no efluente frigorífico após o tratamento, no entanto, há um incremento na demanda deste elemento proporcional a quantidade de cloreto férrico utilizado como coagulante, o que não ocorre com o uso do sulfato férrico no tratamento. Portanto, no que se refere a combustão do lodo flotado, tanto o Cl como o S são elementos chave para a emissão de poluentes gasosos.

O cloro (Cl) e o enxofre (S) presentes na biomassa de resíduos sólidos municipais são as principais fontes de poluentes ácidos durante o processo de combustão da biomassa, e também contribuem para formação de compostos organoclorados, como, dioxinas e furanos. (WATANABE et. al, 2004).

Durante o processo de combustão em uma caldeira serão produzidos alguns produtos como hidrocarbonetos oxidados parcialmente, CO, SO₂, SO₃, NO_x, ácidos como o ácido clorídrico e haletos orgânicos como as dioxinas e os furanos, além de metais voláteis e semi-voláteis. A geração de produtos de combustão indesejados é

fortemente influenciada pelo tipo de combustível, tipo de fornalha, configuração de queima e condições de operação da caldeira (USEPA, 2001).

De acordo com o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis – IBAMA (2013), em seu inventário nacional de fontes e estimativa de emissões de dioxinas e furanos, as rotas de formação podem ser divididas em duas grandes categorias:

a) Formação de processos térmicos: são formados em processos de combustão quando carbono, oxigênio, hidrogênio e cloro estão presentes em uma faixa de temperatura entre 200 °C e 650 °C. Ocorrem basicamente por dois mecanismos:

- Síntese “de novo”: estruturas de carbono não extraíveis muito diferentes do produto final;
- Reação de precursores: via estruturas arílicas de derivados de oxidação aromática incompleta ou ciclização de fragmentos de hidrocarbonetos;

As dioxinas e furanos podem ser destruídos quando incinerados a temperaturas suficientes, tempo de resistência adequado e mistura na zona de combustão (TOOLKITE, 2005).

b) Formação em processos industriais químicos: Neste caso a geração dioxinas e furanos é favorecida se uma ou várias das condições abaixo se aplicam:

- Temperatura elevada (> 150^o)
- Condições alcalinas;
- Catálise por metais;
- Radiação ultravioleta.

Dispersão atmosférica, deposição e subsequente acumulação na cadeia alimentar parece ser a principal rota de exposição da população em geral (TOOLKITE, 2005).

Werther e Ogada (1999) observaram a reformação de dioxinas e furanos a partir da presença de compostos orgânicos juntamente com compostos clorados inorgânicos e a influência sobre as emissões está relacionada a dois parâmetros: o conteúdo de Cl no lodo, e a razão entre o conteúdo de enxofre e cloro (razão S/Cl).

É possível identificar uma relação direta entre a produção de dioxinas e a quantidade existente de cloro. Porém, a presença de SO₂, formado pela oxidação do S durante a combustão, inibe a formação de dioxinas e furanos através da remoção

do Cl, tornando-o indisponível para reagir com compostos orgânicos para a formação dos organoclorados, ou seja, quanto maior for a razão S/Cl do combustível, menor será a formação.

A utilização de sulfato férrico no tratamento primário como coagulante proporciona vantagens por inibir a formação de dioxinas e furanos, porém há um incremento nas emissões de SO₂. Da mesma forma que o SO₂, a combustão do lodo flotado gera outros compostos como NO_x, VOC's e CO, além de CO₂ e H₂O, devido à impossibilidade de, em condições reais, atingir-se a combustão completa.

Os carbonos orgânicos voláteis (VOC's) são materiais que não foram queimados na fornalha, saindo nos gases de exaustão na forma de hidrocarbonetos, sendo expressos como CH₄. Já o NO_x reativo é formado primariamente no processo de combustão e é significativo somente em combustíveis de alto poder calorífico.

A formação de monóxido de carbono está diretamente relacionada com a mistura do combustível e do ar à temperatura de combustão, esta mistura tem que estar com a razão direcionada para o lado do ar, obtendo um excesso de ar que não se verifique emissões de CO nos gases de exaustão.

O dióxido de enxofre (SO₂) é o produto da oxidação do enxofre no processo de queima de combustíveis, podendo formar o SO₃ ainda nos equipamentos de combustão e/ou na atmosfera, onde reage com a água produzindo ácido sulfúrico (H₂SO₄), responsável pela chuva ácida, ou com o cloreto de potássio (KCl) originado dos resíduos da avicultura, formando K₂SO₄ (sólido) que é incorporado nas cinzas, além de outros efeitos danosos. O KCl formado durante a combustão destes resíduos é tão corrosivo quanto o ácido clorídrico (VANVUKA e ZOGRAFOR, 2004).

As emissões de SO₂, CO, NX e N₂O causam uma série de problemas ao ser humano, como irritação nos olhos, nas vias aéreas e mucosas. O CO pode causar danos irreversíveis ao sistema nervoso central, seu efeito tóxico é causado, principalmente, pela redução da capacidade da hemoglobina de transportar oxigênio, inclusive podendo levar a morte (HOLGATE et. al, 1999).

Dentre os compostos orgânicos voláteis (VOC's) pode-se destacar os hidrocarbonetos aromáticos polinucleares (PAH's), que constituem uma família de compostos caracterizada por possuírem dois ou mais anéis aromáticos condensados, cuja formação está relacionada a combustão incompleta de material orgânico e à presença de fuligem durante a combustão, podendo causar problemas

respiratórios devido ao bloqueio do funcionamento das células pulmonares (HOLGATE et. al 1999).

TABELA 11 - VALORES MÉDIO DAS EMISSÕES GASOSAS DURANTE COMBUSTÃO DA MISTURA CAVACO + LODO E CAVACO

Emissões	Combustíveis utilizados	
	Biomassa - SF + Cavaco (1:1)	Cavaco
NO (ppm)	60,00	28,00
NO ₂ (ppm)	0,00	0,00
SO ₂ (ppm)	100,00	2,00
CO (ppm)	9.800,00	5.500,00
CxHy (ppm)	1.900,00	1.400,00
CO ₂ (%)	8,70	5,40
O ₂ (%)	11,12	15,20

Fonte: SENA (2005)

Apesar das inúmeras vantagens da combustão do lodo flotado no aspecto econômico e energético, o controle sobre as emissões de gases poluentes devem ser estruturadas pelos órgãos competentes para que esta alternativa tecnológica seja empregada como uma forma segura e sustentável de reaproveitamento energético.

A (TABELA 12) apresenta as concentrações médias dos poluentes (calculadas, medidas e corrigidas) nos gases de exaustão originados da queima da mistura cavaco e lodo 9:1 comparados com os limites de emissão das normas ambientais nacionais. As concentrações de poluentes medidas e apresentadas na tabela são corrigidas para as condições referenciais de oxigênio (O₂ref) específicas para cada limite de emissão e respectiva legislação.

TABELA 12 - CONCENTRAÇÃO MÉDIA DOS POLUENTES CORRIGIDAS E COMPARADAS COM A LEGISLAÇÃO NACIONAL

	O ₂ ref [%]	CO ₂ [%]	N ₂ [%]	H ₂ O [%]	CO [mg/Nm ³]	CxHy [mg/Nm ³]	Nox [mg/Nm ³]	SO ₂ [mg/Nm ³]	HCL [mg/Nm ³]	TOC [mg/Nm ³]	MP [mg/Nm ³]
Emissões corrigidas 9:1	7,00	10,30	85,40	15,50	685,80	517,50	464,80	120,10	18,60	1,60	3,40
Parâmetros CONAMA 316/02		n.a.	n.a.	n.a.	1.300,00	n.a.	650,00	n.a.	n.a.	n.a.	520,00
Emissões corrigidas 9:1	11,00	7,40	61,00	11,10	489,00	369,60	332,00	85,80	13,30	1,20	2,40
Parâmetros SEMA		n.a.	n.a.	n.a.	1.000,00	n.a.	500,00	n.a.	80,00	n.a.	400,00

Fonte: Virmond (2007)

A partir da caracterização completa do lodo flotado e dos poluentes gerados a partir de sua queima comparados com legislação nacional, verificou-se o potencial

de utilização do lodo como fonte de energia em processos de geração de energia térmica.

3.6 TÉCNICAS DE ANÁLISE DE INVESTIMENTOS

As técnicas para análise de investimentos de capital consistem na avaliação criteriosa de alternativas de um projeto de investimento, a fim de assegurar que o projeto possa atingir seus objetivos quando implementado e auxiliem no processo de tomada de decisão.

Quando o projeto consiste no investimento em ativos fixos como construções e instalações produtivas, tradicionalmente, o estudo prévio do desempenho desse projeto é denominado análise de viabilidade, ou seja, um estudo técnico de cariz financeiro que procura determinar a probabilidade de sucesso de um projeto (GONZÁLEZ e FORMOSO, 2001; SOUZA e CLEMENTE, 2012).

A Norma Brasileira NBR 14653-4 detalha as diretrizes e padrões para apresentação do termo análise de viabilidade técnico-econômica como uma avaliação destinada a diagnosticar o sucesso de um empreendimento pela utilização de indicadores de viabilidade (ABNT, 2002).

Em seu conceito fundamental a análise de investimentos, busca responder uma questão básica do empreendimento: quais benefícios futuros podem ser obtidos a partir de um sacrifício presente? Neste contexto a lógica subjacente é a que só se justifica um investimento caso a perspectiva de retorno seja superior ao desembolso do projeto e dos recursos disponibilizados a produção (SOUZA e CLEMENTE, 2008).

3.6.1 Modelagem da análise de investimentos

A avaliação de projetos de investimento de modo geral está focado na análise do risco do investimento. Para mitigar esse risco os investidores recorrem a modelagem de análise financeira proposta pela engenharia econômica, ou seja, técnicas que permitem a comparação entre resultados para tomada de decisão, referentes à alternativas diferentes de projetos (SILVA, 2002; SOUZA E CLEMENTE, 2004)

Há vários instrumentos financeiros que podem ser utilizados na análise de projetos de investimentos, destacando-se os indicadores de: Valor Presente Líquido (VPL), Valor Presente Líquido Anualizado (VPLa), Índice Benefício/Custo (IBC), Retorno Adicional sobre o Investimento (ROIA), Taxa Interna de Retorno (TIR) e Período de Recuperação do Investimento (Pay-back). Além disso, temas como Custo de Oportunidade (CO), Ponto de Fischer como medida de risco, Retorno sobre o Patrimônio Líquido (RSPL) e Índice de Lucratividade (IL) também são amplamente utilizados no processo decisório.

Segundo Casarotto filho e Kopittke (2010), a análise das alternativas de investimento é apenas um passo de um processo de solução de um problema, sendo que esse processo é totalmente dependente da qualidade das informações geradas.

O investimento de capital se apresenta geralmente como uma das partes do processo de tomada de decisões, no entanto, frequentemente há objetivos estratégicos que se apresentam como fatores importantes na seleção de projetos de investimentos (ASSAF NETO, 1992)

Cepromat (2006) propõe uma metodologia que engloba o processo decisório em sete fases:

- Identificação do problema;
- Análise do problema;
- Estabelecimento de soluções alternativas;
- Análise e comparação das soluções alternativas;
- Seleção de alternativas mais adequadas;
- Implantação da alternativa selecionada; e,
- Avaliação da alternativa selecionada.

Casarotto Filho e Kopittke (2010), advertem que nem sempre é necessário a utilização de técnicas tão estruturadas para tomar decisões, a relação custo versus benefício deve ser favorável e afirmam que para justificar a utilização de métodos de análise de investimentos, as situações analisadas deverão apresentar as seguintes características:

- ser suficientemente importante para justificar o esforço de se utilizar um método estruturado;
- a decisão não óbvia e é necessário organizar o problema; e

- o aspecto econômico é significativo e influenciará na decisão.

Segundo Kassai et al. (2000), os investidores encontram dificuldades no processo de análise de viabilidade pela falta de informações adequadas para subsidiar as necessidades do processo decisório, ressaltando que a análise pode ser prejudicada tanto pela falta de informação como pela falta de qualidade da informação.

3.6.2 Fluxo de caixa

De acordo com Gitman (2004), um fluxo de caixa convencional em qualquer projeto pode conter três componentes básicos, a saber: investimento inicial, entradas de caixa operacionais e fluxo de caixa terminal. Todavia, o último componente nem sempre é considerado em uma avaliação.

As demonstrações de fluxo de caixa (DFC) são de fundamental importância para operacionalizar a tomada de decisão de um investimento, preservando as peculiaridades de cada projeto ou setor. O fluxo de caixa de um projeto de investimento é um modelo matemático que tem por objetivo demonstrar as diversas entradas e saídas de dinheiro ao longo de todo o horizonte da vida útil planejada do projeto, neste contexto a análise de investimentos deve considerar algumas razões principais como: a disponibilidade de recursos, a existência de incertezas e a necessidade de remunerar o capital investido (LAVENDER, 1990).

Tecnicamente, a modelagem do DFC permite um melhor entendimento das variáveis e componentes da análise de viabilidade econômica, representando a renda econômica gerada pelo investimento ao longo de sua vida útil. As projeções de DFC além de considerarem a remuneração do capital, vislumbram, pela simulação de cenários de investimento, permitindo desta forma prever falta ou sobra de recursos financeiros ao longo do tempo. A modelagem do DFC funciona como um instrumento de planejamento e dá subsídios para qualificar um investimento como mais ou menos favorável ao negócio (Kassai et al., 1999).

No escopo da análise de investimentos, destacam-se como parâmetros para elaboração dos fluxos de caixa os dados oriundos da fase de planejamento do projeto, como os custos de execução da obra e o cronograma de desembolsos. Ainda sobre o enfoque da elaboração do fluxo de caixa alguns parâmetros podem ser obtidos no mercado financeiro, como a taxa de remuneração do capital e os

custos de financiamento, ou no mercado, como a previsão do preço dos produtos e serviços gerados, as despesas inerentes ao processo de venda, corretagem e os custos de aquisição do empreendimento (MOREIRA, 1997).

A Norma Brasileira NBR 14653-4 apresenta a seguinte estrutura básica de um fluxo de caixa de empreendimentos (ABNT, 2002):

- Receita líquida (1.1 + 1.2)
- Receita bruta
- Deduções da receita bruta
- Custo direto (2.1 + ... + 2.5)
- Custo de mão-de-obra
- Custo de matéria-prima
- Custo de utilidades
- Custo de manutenção
- Custo direto de vendas
- Resultado bruto (1 + 2)
- Custo indireto (4.1 + ... + 4.4)
- Despesas administrativas
- Despesas com marketing
- Despesas gerais
- Resultado de operações financeiras
- Resultado operacional (3 + 4)
- Resultado não-operacional (6.1 + 6.2)
- Receitas não-operacionais
- Despesas não-operacionais
- Resultado antes da tributação (5 + 6)
- Deduções da base tributária (8.1 + 8.2)
- Depreciação contábil do ativo imobilizado
- Outras deduções da base tributária
- Lucro tributável (7 + 8)
- Impostos e contribuições (10.1 + 10.2)
- Imposto de renda
- Contribuição social sobre o lucro bruto
- Resultado após a tributação (7 + 10)
- Investimento (12.1 + ... + 12.4)

- Implantação
- Ampliação e melhorias
- Reposição/substituição/exaustão
- Necessidade de capital de giro
- Renda líquida (11 + 12)

Do ponto de vista do investimento de capital, ou projeto de investimento Otero e Heineck (2004) apontam que o objetivo de uma estimativa de custos é apresentar uma aproximação que represente o custo do empreendimento dentro de um grau de precisão aceitável.

De acordo com a Norma Brasileira de Contabilidade (2008) o investimento de capital refere-se ao volume de capital comprometido destinado a geração de resultados futuros, para elaboração das estimativas de investimento as técnicas devem prever níveis de erros prováveis aos estágios de desenvolvimento do projeto, possibilitando o maior ou menor detalhamento das informações necessárias à estimativa.

Nas estimativa de investimento de capital estão incluídos todos os dispêndios que têm como característica não se repetirem ao longo da vida do projeto. Para a determinação dos custos de construção de um empreendimento, a NBR 14653-4 indica a possibilidade de quantificação por custos unitários, por custos de reedição ou substituição, como também por orçamento detalhado (ABNT, 2002).

3.6.2.1 Orçamentação, custos fixos e variáveis

Fazem parte da composição do investimento de capital: os investimentos em ativo fixo, gastos pré-operacionais de implantação e necessidade de fluxo de caixa. Segundo Moreira (1997), os custos de construção de um empreendimento podem ser determinados por três processos, assim denominados: o orçamento por quantidades de serviços, por unidades compostas ou estimativo por custo unitário de obra.

O orçamento detalhado de um empreendimento é desenvolvido somente quando está disponível o conjunto de dados necessários do empreendimento, como os projetos e as especificações técnicas correspondentes. A partir desses dados é possível calcular as demanda de serviços, os investimentos em ativo fixo, a

necessidade de capital de giro e determinar os custos total de capital (GONZÁLEZ, 1998);

A estimativa paramétrica de custo para orçamentação de projetos de investimentos é dada como uma das alternativas mais aderentes no quesito assertividade, pois, estabelecem uma relação entre o custo de produção e as características técnicas do produto, sendo que, estabelecida essa relação preservando um maior número de características, há a tendência de redução de erros na estimativa (OTERO e HEINECK, 2004)

Enquadram-se no processo de investimentos em ativo fixo e nos gastos gerais de implantação, as aquisições de bens permanentes, como prédios, terrenos, máquinas e equipamentos, entre outros. Os valores orçados são acrescidos de seus custos pré-operacionais de implantação para que sejam colocados em funcionamento.

ROSA (2004) menciona a importância da determinação adequada do custo fixo por período, sendo que, à medida que aumenta a escala de produção, esse custo fixo tende a ser reduzido por diluição.

Para Koliver (2003), os custos fixos são aqueles que tendem a permanecer num determinado nível, entre certos limites no uso da capacidade instalada da organização, ou seja, são aqueles que são pouco sensíveis a oscilações em volumes de produção não sofrem alteração em função do aumento ou redução da produção, independentemente do custo de atividade.

Para Dutra (1995), os custos variáveis ao contrário dos custos fixos, são aqueles que variam proporcionalmente ao nível de produção do projeto de investimento, ou seja, são aqueles que variam em função do volume produzido no período. Obviamente, o que determinará se um custo é fixo ou variável é a natureza das atividades do projeto de investimento e de seus processos produtivos.

3.6.2.2 Projeção de despesas

No fluxo de caixa de um investimento de capital devem ser considerados como desembolsos financeiros as despesas incidentes sobre o investimento, como: as despesas tributárias com PIS, COFINS, IR, ICMS e ISS, e as despesas indiretas administrativas, os gastos com administração central, contabilidade, recursos humanos, diretoria, informática, e outras áreas da empresa. Devem ser

consideradas também as despesas diretas como comissão e fretes (CASAROTTO FILHO E KOPITTKKE, 2010).

3.6.2.3 Projeção de receitas

As receitas do fluxo de caixa de um projeto de investimento são aquelas oriundas da comercialização dos produtos e serviços gerados e são planejadas mediante pesquisas de mercado, gerando uma previsão possível do preço e da velocidade de vendas (MOREIRA, 1997).

A NBR 14653-4 classifica as receitas passíveis de consideração na avaliação econômica de empreendimentos, conforme é apresentado a seguir (ABNT, 2002):

- receita bruta: receita oriunda da venda das unidades geradas;
- receita líquida: receita bruta deduzida das parcelas relativas a devoluções, inadimplementos, impostos e contribuições incidentes;
- receita não-operacional: receita dissociada da operação do empreendimento;
- receita operacional: receita associada diretamente à operação do empreendimento.

Para elaboração de um projeto de investimento o investidor deve elaborar seu fluxo de caixa incremental, considerado dois fatores fundamentais para composição da receita: Volume de vendas e preços de venda (ABREU et al., 2009)

Benveniste et al. (2012), afirmam que a liquidez do produto ou serviço está relacionada ao valor aceito pelo mercado para o preço de tal produto.

A liquidez de um produto ou serviço está vinculada à relação preço/qualidade, com o mercado pagando um preço que considera aceitável à qualidade do produto que lhe é oferecido, sendo que o conceito de qualidade é formado no mercado-alvo, a partir da atitude do comprador frente ao produto (Rocha Lima Jr., 1993).

Kluger e Miller (1990) apontam que uma adequada estratégia para a formação de preços, fundamentada em expectativas do mercado-alvo, pode aumentar a liquidez do produto ou serviço, reduzindo o risco de insucesso do empreendimento.

Brondino (1999) e Levin e Wright (1997) salientam que a variável preço de venda é fortemente influenciada pela demanda e oferta dos produtos e serviços.

As variáveis dos custos de produção de um projeto de investimento podem ser controladas, no entanto a demanda pelos produtos e serviços não podem, em função das necessidades de mercado, neste contexto é preferível correr os riscos advindos dos custos para que seja atendida a qualidade esperada pelo mercado-alvo, do que correr os riscos oriundos da possível falta de liquidez do produto (ROCHA LIMA JR., 1993)

Para que o processo de venda ocorra em tempo adequado, ressalta-se a necessidade de atender ao mercado-alvo, criando-se produtos com qualidade atrativa aos potenciais compradores (HAUSER, 2005).

Delaney e Wamuziri (2002) citam a economia de escala como uma peculiaridade na estimativa de orçamento que pode propiciar resultados diferentes nas projeções de fluxo de caixa, pois, a economia de escala preconiza que a medida que se aumenta o volume de produção e venda de uma empresa, há a tendência de redução nos custos unitários dessa produção. Nos orçamentos estimativos, essa redução de custos geralmente é desconsiderada, mascarando os resultados reais dos fluxos de caixa.

3.7 INDICADORES PARA VIABILIDADE ECONÔMICA

A análise de viabilidade econômica tem por objetivo demonstrar a capacidade que um projeto de investimento tem de gerar benefícios sobre o capital investido.

3.7.1 Taxa de desconto

A taxa de desconto pode ser definida como o custo de capital utilizado em uma análise financeira, sendo que para elaboração de uma análise de viabilidade econômico-financeira devem ser projetado um fluxo de caixa com todas as entradas e saídas de caixa, e estes desembolsos devem ser referidas a uma só data.

Na elaboração do fluxo de caixa as entradas e as saídas são distribuídas ao longo do tempo por seus respectivos cronogramas, demandando desta forma a correção de cada valor envolvido para uma só data. Adota-se como fator de

correção uma taxa de desconto, que pode servir de índice de juros a todo o fluxo de caixa (HIRSCHFELD, 2000).

De acordo com a NBR 14.653-4 a taxa de desconto pode ser definida como a taxa utilizada para calcular o valor presente de um fluxo de caixa, ou seja, a adoção de uma taxa de desconto num fluxo de caixa permite tornar equivalentes os valores do fluxo originalmente dispostos em diferentes períodos.

A taxa de desconto a ser adotada em projeto de investimento deve corresponder ao custo de oportunidade para o investidor, considerando-se o nível de risco do empreendimento. Sua determinação é arbitrada pelo enfoque que o investidor deseja dar à análise do investimento, podendo assumir diferentes valorações.

Nos modelos determinísticos, a taxa de desconto é uma composição da taxa livre de risco e um prêmio de risco. Nos modelos probabilísticos a taxa de desconto é igual a taxa livre de risco. A seguir são relacionadas algumas dessas taxas de desconto:

- Taxa Mínima de Atratividade;
- Custo de Oportunidade de Capital de Terceiros;
- Custo de Oportunidade de Capital Próprio;
- Taxa de Reinvestimento.

3.7.2 Payback

O Tempo de Retorno de Capital (TRC) é um método que representa o prazo necessário para um projeto de investimento recuperar o investimento inicial, ou seja, consiste no tempo necessário para que os fluxos de caixa positivos do projeto sejam igualados aos negativos. O TRC não considera o fluxo de caixa após a compensação das saídas de caixa pelas entradas, caracterizando-se também como uma forma simplificada de análise de risco financeiro do projeto, O TRC também é conhecido como payback (DINSMORE E CAVALIERI, 2003).

Normalmente o payback é utilizado de forma preliminar a outros métodos, sendo que sua finalidade é uma avaliação simplificada se o tempo de retorno do investimento é inferior ou igual ao objetivo do investidor, para que a partir desse resultado seja possível uma avaliação mais criteriosa dos demais indicadores de viabilidade (OLIVEIRA, 2015).

Sua fórmula não leva em consideração o custo de capital, sendo representada pela divisão do investimento inicial pelos benefícios em um período, e seu resultado é representado em quantos períodos serão necessários para o pagamento do investimento inicial (RASGA, 2013)

O payback oferece um indicador, tanto para avaliar o risco do projeto de investimento como para avaliar a liquidez, sendo que quanto maior o tempo necessário para que o fluxo de benefícios pague o investimento inicial menor a liquidez e maior o risco (BRIGHAM et al., 2001)

Uma das principais características do payback é que ele não exige nenhuma sofisticação nos cálculos e pode ser utilizado como parâmetro de liquidez e de risco para um projeto de investimento (OLIVEIRA, 2015).

3.7.3 Payback descontado

Segundo Fabozzi e Peterson (2003), o payback descontado é definido como sendo o período necessário para que as receitas líquidas provenientes do projeto de investimento e descontadas a uma taxa mínima de atratividade, tenham valor presente acumulado igual aos investimentos realizados, também descontados a uma taxa mínima de atratividade.

O payback descontado considera o custo de capital, ou seja, que o valor do dinheiro muda ao longo do tempo onde os benefícios advindos de um investimento possam cobrir seus custos, considerando para tal uma taxa de juros que remunere o fluxo de caixa, porém, ainda desconsidera os fluxos de caixa que ocorrerão após o período de recuperação (HIRSCHFELD, 2000 e ABREU FILHO et al., 2007).

3.7.4 Valor presente líquido

O Método do Valor Presente Líquido (VPL) consiste em uma técnica na qual considera todos os valores esperados de um fluxo de caixa na data inicial, ou seja, traz a uma única data todos os valores do fluxo de caixa distribuídos em datas diferentes.

Para operacionalizar o cálculo onde entradas e saídas retornam a uma mesma data é necessário definir qual taxa de desconto será utilizada. (Greer e Kolbe, 2003).

Para tal, são aplicadas as fórmulas consagradas da Engenharia Econômica que fazem a consideração desses montantes em uma única data:

$$PV = \frac{FV}{(1+i)^n} \quad (4)$$

e

$$PV = PMT \cdot \frac{(1+i)^n - 1}{i \cdot (1+i)^n} \quad (5)$$

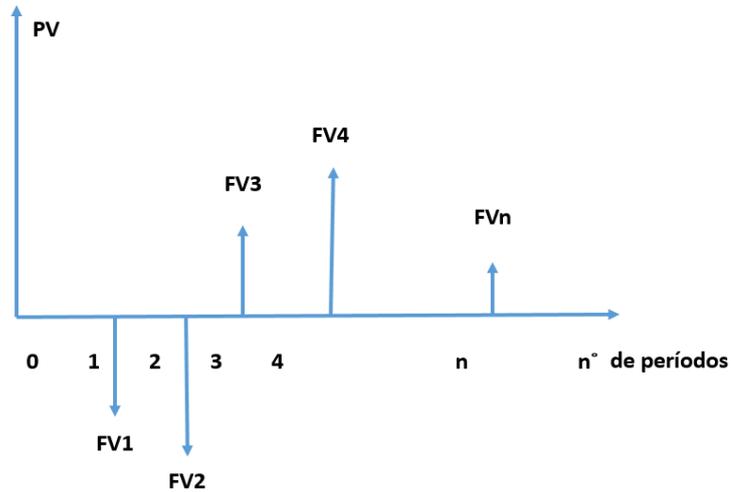
Onde:

- PV = valor presente
- FV = valor futuro
- I = taxa de juros
- n = número de períodos
- PMT = valores em série uniforme nos períodos

O Valor presente líquido trata de um método puramente financeiro que considera o investimento atrativo quando o valor do VPL é maior que zero. Para Costa (2006) o VPL é considerado o método mais interessante em análises de investimento, pois, privilegia todo o prazo e distribuição cronológica definidas no projeto, além de apresentar como resultado final o valor corrigido do desconto de cada parcela do fluxo líquido de caixa a uma taxa periódica praticada pelo mercado.

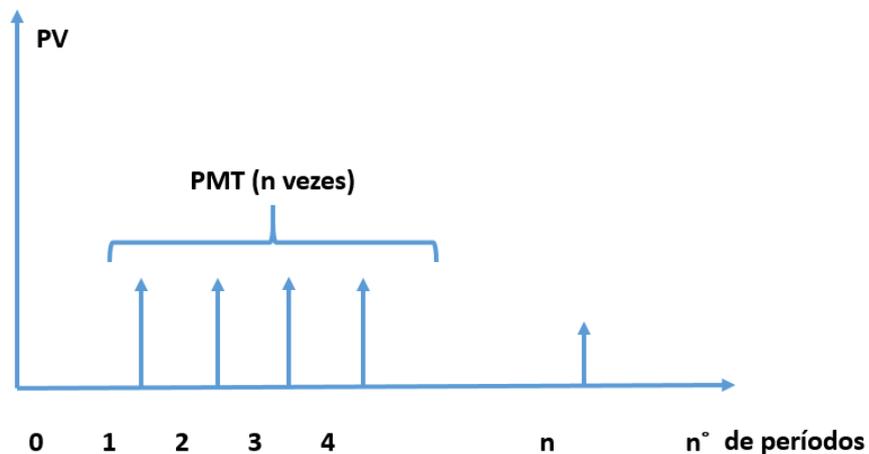
As (FIGURAS 13 e 14) a seguir exemplificam fluxos de caixa, representando sob a forma gráfica as contribuições nos períodos e os valores presentes correspondentes.

FIGURA 13 - REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DE UM FLUXO DE CAIXA COM VALORES FUTUROS E VALOR PRESENTE



FONTE: Adaptado de: HIRSCHFELD (2000).

FIGURA 14 - REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DE UM FLUXO DE CAIXA COM VALORES EM SÉRIE UNIFORME E VALOR PRESENTE



Fonte: Adaptado de: HIRSCHFELD (2000).

O VPL é o resultado financeiro do fluxo de caixa, sendo obtido pela soma algébrica dos encaixes e desencaixes trazidos à data presente.

$$VPL = \sum_0^n PV \quad (6)$$

O VPL é um dos modelos mais utilizados e recomendados pelos principais organismos mundiais, por ser considerado o mais rigoroso e isento de falhas técnicas que os demais (LUCENA, 2014).

3.7.5 Taxa interna de retorno

Por esse método, o retorno financeiro do fluxo de caixa é determinado em comparação a uma taxa mínima de atratividade ao investidor, geralmente admitida em função de rendimentos de aplicações financeiras (GREER E KOLBE, 2003).

Sendo a TIR a incógnita do fluxo, o critério de viabilidade é atendido se a TIR for superior a taxa de desconto, ou taxa mínima de atratividade. Já que a TMA admite o retorno do investimento e que, sobretudo, o fluxo de caixa deve estar em conformidade com a realidade do mercado, convencionou-se estipular que o seu valor presente líquido seja nulo (HIRSCHFELD, 2000).

$$VPL = \sum_0^n PV \quad (6)$$

$$0 = \sum_0^n \left[\frac{FV}{(1 + TIR)^n} \right] + \sum_0^n \left[\frac{PMT}{(1 + TIR)^n} \right] \quad (7)$$

3.7.5.1 Outros indicadores de viabilidade econômica

A Taxa Interna de Retorno (TIR) corresponde à taxa de desconto para a qual o valor presente líquido do fluxo de caixa igual a zero (BREALEY et al, 2008). Essa é tratada como a variável dependente, ou seja, resolvida pelo método matemático iterativo, que presume um sistema convergente onde a incógnita do fluxo de caixa quando se considera o valor presente líquido igual a zero (ASSAF NETO, 2012)

Segundo Pilão e Hummel (2006), o método da Taxa Interna de Retorno (TIR) é aquele que permite encontrar a remuneração do investimento em termos percentuais, ou seja, é um modelo matemático que tem por objetivo encontrar o percentual exato de remuneração que o investimento oferece, permitindo calcular seu potencial máximo.

Bruni e Famá (2003) afirmam que projetos de investimento que têm a TIR superior ao custo de capital "k", são projetos viáveis, tendo em vista que a rentabilidade do projeto é maior ou igual a rentabilidade mínima exigida pelo investidor.

A expressão algébrica para se encontrar a TIR é a mesma utilizada para se encontrar o VPL, no entanto, a variável, neste caso, deixa de ser o VPL, que passa

ser um dado fornecido pelo problema como sendo o investimento inicial de um projeto e a TIR representada pela variável taxa de desconto “i”. A TIR juntamente com o VPL são os métodos mais utilizados para análise de investimentos, ambos são recomendados pelo Banco Mundial (HAUSER, 2005 e LUCENA, 2014).

A expressão algébrica utilizada para o cálculo da TIR pode ser representada conforme a Equação (9).

$$VPL = 0 = -CF_0 + \sum_0^n \frac{CF_n}{(1 + TIR)^n} \quad (8)$$

Em que:

- CF₀ = Valor do Investimento;
- CF_n = Valor esperado do fluxo de caixa para os n períodos
- TIR = Taxa Interna de Retorno.

Souza e Clemente (2008) afirmam que a TIR pode ser usada para duas dimensões na análise de investimento: sendo a primeira dimensão para analisar o retorno do investimento e a segunda dimensão para analisar o risco do investimento. Quando se utiliza a dimensão retorno, a TIR irá permitir visualizar o limite superior da rentabilidade do projeto de investimento, porém essa informação só é relevante se, o projeto em análise, não ter estabelecido um valor da Taxa Mínima de Atratividade (TMA).

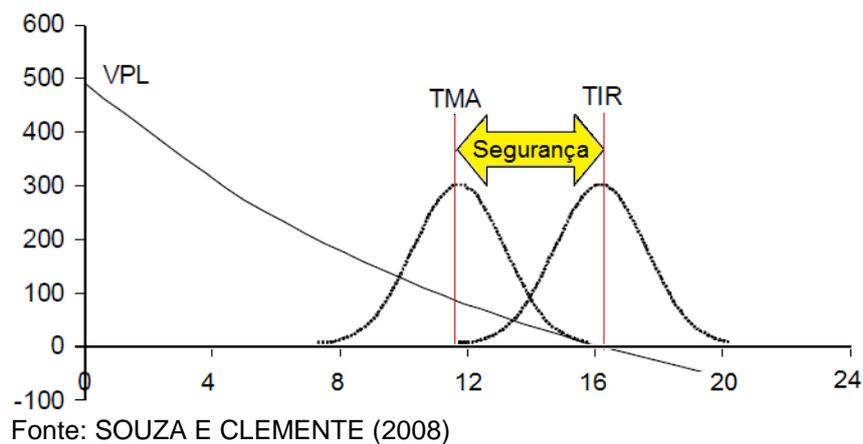
Um dos enganos mais comuns em análise de projetos de investimento é referir-se a TIR como a rentabilidade do projeto. Alguns autores admitem que, por definição, a melhor alternativa de aplicação para os recursos liberados pelo projeto é a TMA, neste caso, a TIR somente poderá ser considerada como representativa da rentabilidade do projeto se houver uma coincidência de valores entre as taxas, isto é, TIR igual à TMA (SOUZA E CLEMENTE, 2012).

Eder et al. (2004) apresentam novos métodos para cálculo da TIR partindo do pressuposto que alguns projetos de investimento por via de regra não remuneram suas saídas e entradas de caixa com juros iguais aos encontrados no modelo tradicional de cálculo da TIR. O autor demonstra as principais diferenças entre a TIR tradicional e os métodos da Taxa Interna de Retorno Modificada (TIRM). Cada

método de cálculo da TIR apresenta resultados diferentes, pois levam em consideração premissas diferentes para a remuneração das saídas e entradas de caixa, neste contexto é importante ressaltar que cada método tem uma lógica diferente de aplicação que se adapta melhor a uma realidade de empresa.

O método da TIR Integrada Completa serve a organizações que dependem de capital de terceiros para financiar seus empreendimentos, ou seja, não possuem caixa próprio, utilizando de recursos de financiamentos. Já os métodos da TIR Modificada e da TIR do VPL são voltados a empresas que fazem seu investimento a partir do capital próprio (EDER et al., 2004).

FIGURA 15 - RELAÇÃO TMA E TIR



A relação entre a TMA e a TIR é dada em função do fato que ambas são variáveis aleatórias independentes e afetam a viabilidade financeira do investimento. A TMA, independente de se incorporar ou não um intervalo que represente o risco do projeto, sofre interferência de fatores conjunturais e impacta no valor do investimento. A TIR, por sua vez, é afetada tanto pelos parâmetros de entrada do projeto, como também por fatores conjunturais, onde, a diferença entre ambas demonstram o risco do projeto.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 METODOLOGIA

Para atender aos objetivos deste trabalho foi realizada uma pesquisa exploratória de abordagem qualitativa e o método utilizado foi um estudo de caso (YIN, 2005).

A pesquisa realizada foi do tipo exploratória, descritiva e avaliativa. De acordo com Triviños (1987), Gil (2007) é exploratória pelo fato de exigir, num primeiro momento, conhecimento da realidade investigada, no entendimento dos fundamentos teóricos da análise de investimentos, da análise de demanda, do entendimento do processo de fabricação e dos custos envolvidos. Foi descritiva, já que descreveu os fundamentos práticos relativos ao tema em pauta, detalhando os investimentos e as projeções relativas ao negócio. E foi avaliativa tendo em vista que a análise dos dados coletados gerou indicadores para análise de viabilidade do projeto de investimento.

De acordo com Fonseca (2002) a pesquisa científica possibilita uma aproximação da realidade a investigar, fornecendo subsídios para uma intervenção no real. Através do estudo de caso foi criado um projeto de investimento. Para viabilizar o processo decisório foi necessário levantar dados relacionados a demanda de recursos financeiros para instalações, máquinas e equipamentos e demais ativos fixos, custo operacional e necessidade de capital de giro bem como as projeções de receitas, custos fixos, custos variáveis e despesas relacionadas ao projeto e de posse desses dados foi elaborado um fluxo de caixa do projeto de investimento denominado: secador de lodo flotado.

Segundo Gil (2007), o delineamento da pesquisa refere-se ao planejamento da mesma em sua dimensão mais ampla. É nesse momento que o pesquisador estabelece os meios técnicos da investigação, prevendo os instrumentos e procedimentos necessários à coleta dos dados.

Nesta seção do trabalho, foi descrita a metodologia utilizada para a construção da pesquisa, os instrumentos utilizados na coleta de dados, os procedimentos e análises dos dados.

A pesquisa é classificada como um estudo empírico-teórico, pois dedica-se à aplicação das métricas de retorno econômico para projetos de investimento ao

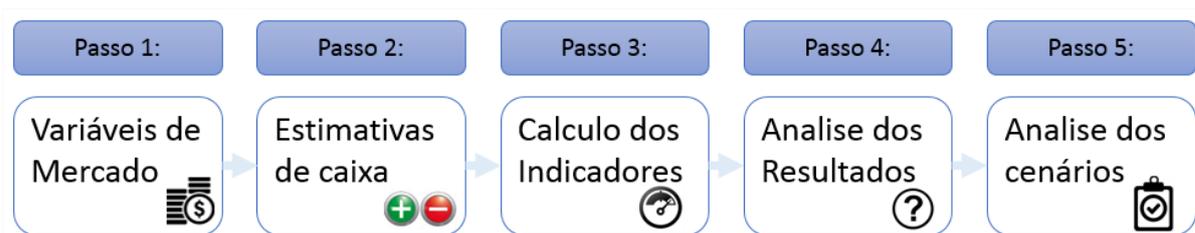
estudo de caso. Nesse sentido, a pesquisa procurou trazer à tona o conhecimento global das implicações financeiras do projeto de investimento para o reaproveitamento de um resíduo gerado pela agroindústria como combustível, ao mesmo tempo que procurou aprofundar os conhecimentos por estudos exaustivos sobre as possibilidades de variação do fluxo de caixa, com análises de sensibilidade ao negócio.

Os dados obtidos para elaboração do projeto foram meio de pesquisa documental e sistêmica dos dados da empresa estudada. Os resultados do estudo são apresentados fundamentados em:

- Pesquisa bibliográfica: inicialmente foi utilizada pesquisa bibliográfica, operacionalizada através de um levantamento teórico documental, de fontes secundárias, em livros, artigos e revistas especializadas. Isso possibilitou consolidar informações relativas a base teórica e ao segmento estudado.
- Entrevistas: a técnica de entrevista em profundidade é considerada uma metodologia não estruturada, sendo realizada direta e pessoal na qual o pesquisador explora o problema de pesquisa através do contato direto com o entrevistado (MALHOTRA, 2001).

Para que um trabalho de pesquisa seja considerado científico é imprescindível a utilização de um método. O método por sua vez, procura traduzir o modelo utilizado de forma minuciosa ou pelo menos suficiente o bastante, para que o trabalho tenha condições de ser reproduzido em outras circunstâncias ou sobre a mesma condição proposta. Neste contexto foram estruturados os passos para elaboração da pesquisa operacional, apresentado na (FIGURA 16):

FIGURA 16 - FLUXO DA PESQUISA OPERACIONAL



Fonte: O autor (2016)

- Passo 1: identificar as variáveis de mercado que influenciam na variabilidade do fluxo de caixa da empresa.
- Passo 2: estimar os valores futuros individuais esperados para as variáveis de mercado identificadas no passo 1, para um horizonte de tempo igual a vida útil do projeto.
- Passo 3: estimar os modelos econométricos adotados para o fluxo de caixa do projeto de investimento e calcular os indicadores de retorno do investimento.
- Passo 4: analisar os resultados, observando o poder de explicação do modelo, em função da coerência com a teoria econômica;
- Passo 5: simular diferentes cenários para as variáveis de mercado identificadas no passo 1, observando a matriz de variância-covariância da série histórica.
- Passo 6: apresentar os resultados e suas considerações finais no quesito retorno econômico, social e ambiental, atendendo os princípios da sustentabilidade empresarial.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 LOCALIZAÇÃO DA EMPRESA

A indústria analisada no estudo de caso está localizada no município Palotina, centro-oeste do estado do Paraná, com latitude de 24°18' Sul; longitude 53°55' Oeste. Possui uma capacidade instalada para abate de 600.000 aves por dia, com uma geração média de efluente de 590 m³h⁻¹ operando em dois turnos de trabalho, totalizando cerca de 9.460 m³d⁻¹ de efluente. A (FIGURA 17) apresenta o localização da empresa estudada.

FIGURA 17 - MACROLOCALIZAÇÃO DO LOCAL DE ESTUDO



Fonte: O autor (2016)

5.1.1 Processo Produtivo

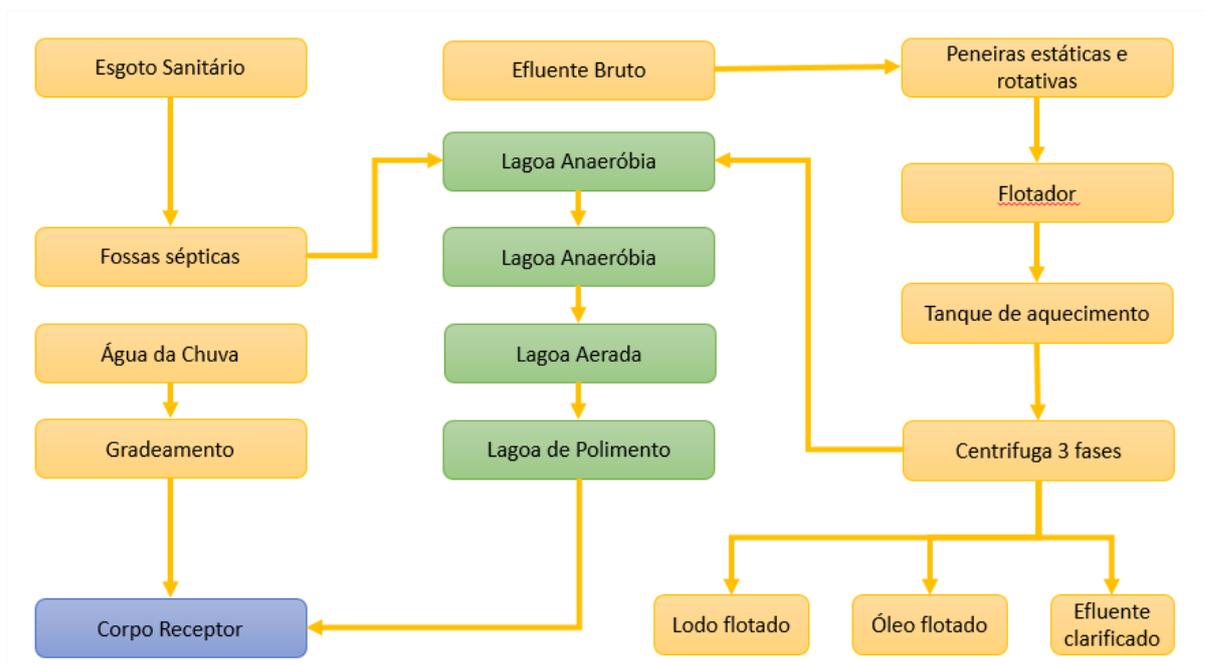
O frigorífico desenvolve suas atividades com sua cadeia produtiva verticalizada e totalmente integrada, possuindo fábrica de ração, granja de matrizes, incubatório avícola, integração avícola, abatedouro e indústria de termoprocessados.

A produção de frango de corte por integração vertical ocorre quando uma empresa coordena todo o processo produtivo, fornecendo o pinto de um dia e os demais insumos utilizados na produção, bem como, assistência técnica aos seus parceiros cooperados, e ao produtor integrado compete o fornecimento das condições de manejo para condução da atividade avícola (RICHETTI e DOS SANTOS, 2003).

O sistema de tratamento de efluentes da empresa atende à legislação ambiental vigente e suas especificações.

Na (FIGURA 18) é apresentado um fluxograma geral do processo de tratamento de efluentes líquidos.

FIGURA 18 - FLUXOGRAMA GERAL DO PROCESSO DE TRATAMENTO DE EFLUENTES



Fonte: O autor (2016)

Pré-tratamento: Todo o efluente industrial é enviado para uma galeria técnica, iniciando dessa forma o tratamento físico-químico, nesta primeira fase o efluente bruto passa por peneiras rotativas de malha 0,75 mm. As peneiras separam as vísceras e os sólidos grosseiros como fragmentos de carne e ossos da água residual.

Os sólidos são enviados para fábrica de farinhas e óleos de origem animal (graxaria), o efluente gerado na produção da graxaria retorna para as peneiras estáticas, bem como os efluentes da planta de termoprocessados e de embutidos.

Após a separação dos sólidos grosseiros, os efluentes são bombeados para uma peneira estática na fábrica de farinhas e óleo, esta segunda peneira tem por objetivo reter sólidos finos, reduzindo ao máximo o nível de carga orgânica do efluente bruto.

Após o peneiramento o efluente é bombeado para um tanque de equalização equipado com um agitador, nesta fase o efluente é homogeneizado, com objetivo de reduzir grandes variações na concentração de matéria orgânica.

O efluente já homogeneizado é bombeado para um tanque flotor, e durante o bombeamento o efluente é aditivado com cloreto férrico como coagulante e polímero aniônico como coadjuvante de coagulação auxiliando no processo de floculação.

Acoplado ao tanque de flotação estão bombas responsáveis por formarem as microbolhas do sistema de flotação por ar dissolvido (FAD).

O flotado é raspado e enviado para tanques de aquecimento do lodo flotado e a água clarificada com baixa carga orgânica segue para o tratamento secundário em lagoas anaeróbias.

O lodo aquecido passa por uma centrífuga de três fases denominada tridecanter, separando o lodo flotado da gordura e da água do lodo.

Após o processamento na centrífuga o lodo de baixa umidade é coletado em containers e utilizado para a produção de fertilizantes orgânicos, o óleo é coletado em caixas individuais e bombeado para o tanque de armazenagem e na sequência é comercializado para empresas externas, que utilizam o óleo como combustível de caldeiras. O efluente clarificado, também é enviado para o tratamento secundário.

Em termos econômicos a empresa assume um importante papel na cidade onde está inserida, pois gera mais de 4000 empregos diretos.

5.2 VIABILIDADE TÉCNICA

De acordo com Virmond (2007), as caldeiras em frigoríficos de modo geral são alimentadas apenas por cavaco, e a adição de 10% do lodo seco do tratamento de efluentes ao cavaco pode proporcionar um ganho energético de 2%

contabilizando uma economia de até 10% dos custos com cavaco utilizado nas caldeiras.

O frigorífico utiliza cavaco para alimentação de suas caldeiras na produção de vapor. A caracterização do lodo flotado do estabelecimento estudado corrobora com os dados encontrados na revisão bibliográfica, permitindo subsídios para viabilidade técnica da biomassa como substituto do cavaco.

TABELA 13 - CARACTERIZAÇÃO DO LODO BAIXA UMIDADE

Análise Imediata	Resultado
Cinzas [%, base seca]	6,94
Material Volátil [%, base seca]	71,33
Carbono Fixo [%, base seca]	8,20
Umidade [%, amostra bruta]*	62,50
Umidade [%, amostra bruta]**	15,73
Poder Calorífico [MJ.kg⁻¹, l.u.c.]	
PCI (kcal.kg ⁻¹) ^d	4.880,00
PCS (kcal.kg ⁻¹) ^d	5.231,36

* % amostra bruta

** % base seca

Fonte: Dados da empresa estudada

5.3 VARIÁVEIS DE MERCADO

5.3.1 Identificação do problema

A produção média de lodo flotado e centrifugado corresponde a aproximadamente 2,56% do peso vivo das aves que são destinadas ao abate, sendo que seu volume é proporcional ao volume de aves abatidas. O percentual de lodo gerado pode ser evidenciado na (TABELA 13) com a média de sete meses de operação do frigorífico:

TABELA 14 - PERCENTUAL DE LODO GERADO POR VOLUME ABATIDO

Período [2016]	Peso abatido [kg]	Geração de lodo [kg]	% por kg
Janeiro	24.720.379,66	668.130,00	2,70%
Fevereiro	24.343.710,84	638.220,00	2,62%
Março	28.855.100,79	775.710,00	2,69%
Abril	26.063.839,80	644.770,00	2,47%
Mai	27.126.823,04	680.560,00	2,51%
Junho	29.519.633,31	694.440,00	2,35%
Julho	24.259.728,44	628.220,00	2,59%
Acumulado	184.889.215,89	4.730.050,00	2,56%

Fonte: O autor (2016)

O lodo gerado no tratamento de efluentes é destinado ao processo de compostagem, sendo que o processo de compostagem é considerado um sistema eficiente no tratamento de resíduos sólidos de frigoríficos e abatedouros, uma vez que a estabilização do material ocorre em tempo satisfatório (90 dias), permitindo a reciclagem de nutrientes (COSTA et al. 2008). Porém o lodo flotado não tem valor comercial e é uma prática das empresas que fazem o processo de compostagem aceitarem o resíduo em suas plantas, ou seja, o frete para transporte do resíduo fica por conta do gerador.

A destinação do lodo flotado é uma atividade que onera a empresa estudada em R\$ 84,00 por tonelada gerando um custo mensal médio de aproximadamente R\$ 56.760,00.

A (TABELA 15) demonstra o histórico do custo de destinação do lodo:

TABELA 15 - CUSTO DE DESTINAÇÃO DO LODO

Período [2016]	Peso abatido [kg]	Geração de lodo [kg]	Custo Destinação [R\$]
Janeiro	24.720.379,66	668.130,00	56.122,92
Fevereiro	24.343.710,84	638.220,00	53.610,48
Março	28.855.100,79	775.710,00	65.159,64
Abril	26.063.839,80	644.770,00	54.160,68
Mai	27.126.823,04	680.560,00	57.167,04
Junho	29.519.633,31	694.440,00	58.332,96
Julho	24.259.728,44	628.220,00	52.770,48
Acumulado	184.889.215,89	4.730.050,00	397.324,20

Fonte: O autor (2016)

5.3.2 Fontes e recursos

O levantamento e alocação dos recursos, é uma etapa fundamental para mitigar o risco da geração de informações de baixa confiabilidade para o gestor, no que tange o retorno do investimento. Essa etapa do projeto visa identificar a necessidade de recursos financeiros para fazer cobertura das operações normais do projeto, bem como, sobre a aquisição dos ativos fixos.

As fontes e recursos analisados no estudo de caso, serão por contratação de recursos de terceiros, Financiamento de Máquinas e Equipamentos (FINAME), que é uma linha de crédito do Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES) disponibilizado por intermédio de instituições financeiras credenciadas. A linha de crédito em questão foi criada pelo Governo Federal para atender demandas de aquisição de máquinas e equipamentos novos de fabricação nacional para empresas que estejam credenciadas no BNDES.

Outro fator importante na análise de investimento é que a fonte de financiamento conceda prazo de pagamento do montante captado igual ou superior ao tempo de maturação do projeto, ou seja, que a amortização da dívida tenha uma carência mínima que possa atender ao período de entrada da margem do projeto no caixa, evitando que esse onere a saúde financeira do investidor.

5.3.3 Orçamento do projeto de investimento

Os equipamentos, sua montagem e instalação foram orçados por uma empresa especializada em montagem industrial, e o custo da edificação e montagem correspondente foi orçado pela mesma empresa, arbitrando-se o fluxo financeiro mais conservador.

A (TABELA 16) apresenta uma visão analítica do total de investimento necessário para implementação do projeto de investimento.

TABELA 16 - INVESTIMENTO INICIAL DO PROJETO SECADOR DE LODO FLOTADO

Item	Discriminação	Valor Total R\$
1	Máquinas e Equipamentos	926.330,00
	Moega dosadora de lodo úmido / 5,0 m ³ (inóx)	34.380,00
	Transportador helicoidal Ø 250 mm x 10.000 mm (inóx)	18.680,00
	Transportador helicoidal Ø 250 mm x 3.500 mm (inóx)	13.100,00
	Unidade para secagem de lodo: 2,0 ton / hora	611.700,00
	Sistema para transporte pneumático e dosagem de lodo seco na caldeira	82.820,00
	Sistema de automação: anti incêndio + gases efluentes da caldeira	44.430,00
	Elétrica: quadro elétrico + materiais + instalação	121.220,00
2	Instalações, Montagem e Deslocamento	61.100,00
	Mão-de-obra para montagem + deslocamentos + hospedagem + alimentação	61.100,00
3	Fretes	18.000,00
	Frete dos equipamentos	18.000,00
5	Móveis e Utensílios/Informática	7.090,00
	Mesa	950,00
	Cadeira	1.340,00
	Computador	4.800,00
6	Despesas Cartorárias	1.250,00
	Cartório	1.250,00
4	Impostos	271.232,95
	ICMS	166.739,40
	Pis	18.639,39
	Cofins	85.854,16
	Total	1.277.912,95

Fonte: O autor (2016)

Na (TABELA 16), são apresentadas os investimentos totais para realização da análise de viabilidade financeira. O custo total da instalação foi orçado em R\$1.277.912,95, incluindo-se custos de montagem e da edificação.

De acordo com a lei nº 6.404/76 através do gerenciamento dos tributos o planejamento tributário permite o exercício de práticas que buscam a redução do custo real tributário, por meio de procedimentos administrativos e medidas judiciais.

5.4. ESTIMATIVAS DE CAIXA

5.4.1 Projeção de ingressos (receita)

Os ingressos refletem a receita bruta gerada pela execução do projeto, no estudo de caso a empresa não irá vender a biomassa gerada no processo de secagem do lodo flotado, porém sua utilização como combustível substituto ao cavaco irá gerar redução em seus custos operacionais, a título de critério para apresentação dos resultados no fluxo de caixa a recuperação de custos do projeto foram entendidas como receitas seguindo a apresentação do demonstrativo de resultados proposto pela NBR 14653-4.

Fazem parte das estimativas de ingressos:

- Substituição do cavaco pela biomassa seca, ou seja, mesmo sabendo que a biomassa seca tem eficiência energética superior a energia do cavaco pelo critério do conservadorismo serão considerados para fins de cálculos que para cada tonelada consumido de biomassa seca serão economizados uma tonelada de cavaco. Atualmente a empresa estudada paga cento e quarenta e oito reais por tonelada de cavaco para produção de vapor em suas caldeiras, neste contexto a produção de lodo seco será avaliada pelo valor de aquisição do cavaco.
- Redução nos custos com destinação do lodo flotado, atualmente a empresa tem um desembolso de oitenta e quatro reais por tonelada para destinar o lodo. O lodo é recolhido em contêineres e transportado para uma cidade vizinha chamada Toledo que fica a cinquenta quilômetros de Palotina. Todo o lodo produzido é destinado para compostagem, atendendo aos parâmetros das normas ambientais.

A (TABELA 17) demonstra as projeções de fluxo de caixa do investimento considerando o plano de abate de longo prazo da empresa e as projeções de recuperação de custos com a utilização do lodo flotado como biomassa nas caldeiras:

TABELA 17 - PROJEÇÃO DE PRODUÇÃO DE LONGO PRAZO

	Período 1	Período 2	Período 3	Período 4	Período 5
Dias úteis	252	252	252	252	252
Abate diário	430.000	450.000	470.000	490.000	510.000
Cabeças	108.360.000	113.400.000	118.440.000	123.480.000	128.520.000
Peso Médio	3,00	3,00	3,05	3,05	3,05
Peso bruto	325.080.000,00	340.200.000,00	361.242.000,00	376.614.000,00	391.986.000,00
Lodo (65%)	8.316.572,96	8.703.390,31	9.241.711,12	9.634.975,42	10.028.239,72
Lodo (15%)	2.702.886,21	2.828.601,85	3.003.556,11	3.131.367,01	3.259.177,91
Frete R\$/t	84	84	84	84	84
Cavaco R\$/t	148	148	148	148	148
Custo disposição	698.592,13	731.084,79	776.303,73	809.337,94	842.372,14
Custo Cavaco	400.027,16	418.633,07	444.526,30	463.442,32	482.358,33

	Período 6	Período 7	Período 8	Período 9	Período 10
Dias úteis	252	252	252	252	252
Abate diário	530.000	550.000	570.000	590.000	600.000
Cabeças	133.560.000	138.600.000	143.640.000	148.680.000	151.200.000
Peso Médio	3,05	3,10	3,10	3,10	3,10
Peso bruto	407.358.000,00	429.660.000,00	445.284.000,00	460.908.000,00	468.720.000,00
Lodo (65%)	10.421.504,03	10.992.059,61	11.391.770,87	11.791.482,13	11.991.337,76
Lodo (15%)	3.386.988,81	3.572.419,37	3.702.325,53	3.832.231,69	3.897.184,77
Frete R\$/t	84	84	84	84	84
Cavaco R\$/t	148	148	148	148	148
Custo disposição	875.406,34	923.333,01	956.908,75	990.484,50	1.007.272,37
Custo Cavaco	501.274,34	528.718,07	547.944,18	567.170,29	576.783,35

Fonte: O autor (2016)

Arbitrou-se que no fluxo de caixa, as receitas têm reconhecimento imediato, dispensando cálculo de custo financeiro sobre vendas para bancar a carteira. Não foi considerada inadimplência considerando que não haverá venda do material para terceiros.

O fluxo de receita do projeto dispensa as deduções com tributos, tendo em vista a legislação pertinente para reutilização do material como coprodutos, na operação de reutilização do lodo flotado como combustível, estão acobertadas pelo diferimento da carga tributária.

É importante observar que a empresa estudada consome diariamente 170 toneladas de cavaco para atender o abate diário de 430 mil aves. Com base no seu histórico de consumo de cavaco e as estimativas de produção de lodo com 15% de umidade, é possível observar que a relação cavaco:lodo não ultrapassarão o volume de 7,91% da demanda de cavaco, estando dentro desta forma dos parâmetros de limite preconizado pela literatura.

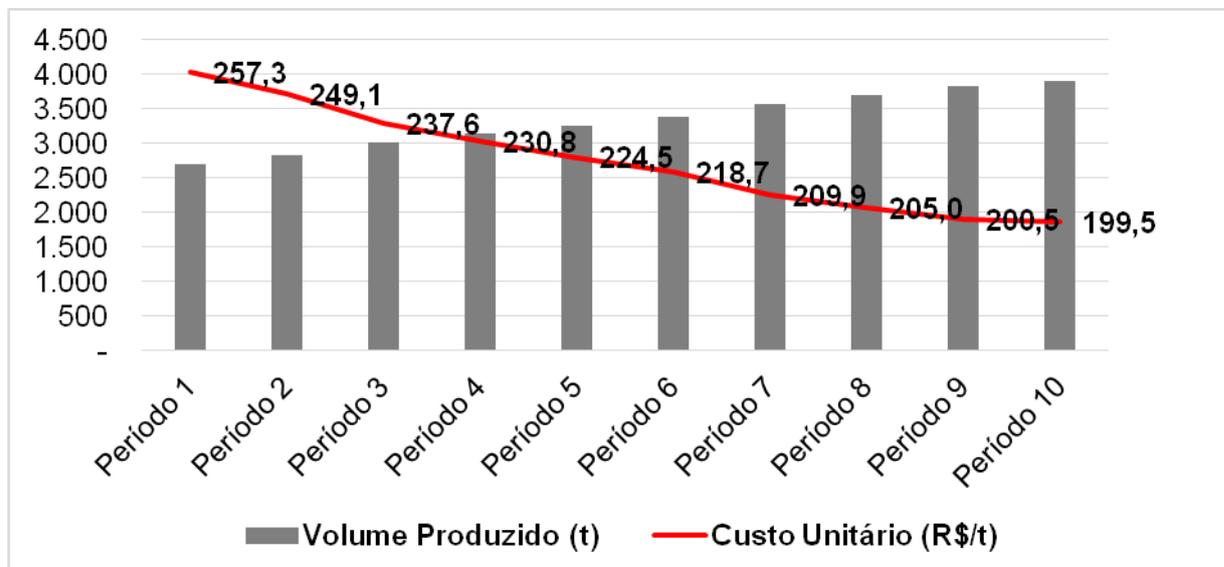
5.4.2 Custos fixos de fabricação

A título de demonstração as estimativas de custos fixos serão agrupadas em quatro rubricas: custo com depreciação, custo com manutenção, custo com mão de obra e custo geral de fabricação.

No processo de secagem do lodo, bem como em qualquer atividade industrial, o custo de produção unitário diminui com o aumento das unidades produzidas, em um determinado período de tempo. Os economistas chamam este conceito de economia de escala.

A (FIGURA 19) demonstra a redução do custo unitário a medida que o projeto atinge sua capacidade instalada:

FIGURA 19 -- IMPACTO DA ECONOMIA DE ESCALA SOBRE O CUSTO UNITÁRIO EM R\$ POR TONELADA



Fonte: O autor (2016).

A (FIGURA – 19) demonstra que através do incremento de volume ao longo da vida útil do projeto de investimento, atingindo dessa forma sua capacidade

instalada, que o custo unitário no período 10 foi 22,47% menor que o custo unitário do período 1 em função da economia de escala.

5.4.2.1 Manutenção

Fazem parte do orçamento com custo de manutenção o custo total das peças de reposição utilizadas nas manutenções preventivas e corretivas, bem como os custos com serviço de mão de obra para revisões, lubrificação, calibração e outros gastos relacionados ao processo de conservação e manutenção da linha de produção. O custo total anual sugerido pelo fornecedor com base no programa de manutenção preventiva é de R\$ 19.836,00 por ano.

5.4.2.2 Mão de obra

Foram considerados na elaboração do custo com mão de obra um efetivo de dois funcionários diretos para atender os dois turnos de abate da indústria em questão. O racional para o custo de mão de obra leva em consideração os gastos com:

- Salário bruto;
- Prêmio de produção;
- Provisão de férias;
- Provisão de décimo terceiro;
- Encargos sociais;
- INSS;
- RAT;
- SESCOOP;
- Salário Educação;
- Incra;
- FGTS;
- PIS;
- Sebrae;
- Uniformes;
- EPI's
- Transporte;
- Alimentação;

- Benefícios;
- Segurança e medicina no trabalho;
- Provisão para passivos trabalhistas;
- Ferramentas e utensílios;

O salário nominal de cada funcionário foi orçado em R\$1.348,20 sendo que o custo total com encargos e demais gastos associados a mão de obra é de R\$ 2.699,41.

5.4.2.3 Custos gerais de fabricação

Os custos gerais de fabricação compreendem os custos com higiene e limpeza, gastos administrativos, material de expediente, entre outros.

Os gastos gerais de fabricação foram orçados em R\$ 16.164,00 com base na série história de gastos de outros processos, sendo que os valores foram fornecidos pela empresa estudada, todas estas variáveis foram analisadas individualmente e na sequência seus valores foram orçados, estruturando desta forma as entradas e saídas do projeto em seu fluxo de caixa.

5.4.2.4 Depreciação

Ao longo do tempo com o desgaste natural durante o uso na produção, os ativos vão perdendo valor, essa perda de valor é apropriada pela contabilidade periodicamente até o ativo tenha valor reduzido a zero. Porém ao fim da vida útil dos ativos, esses não perdem totalmente o valor restando ainda um valor residual.

Para o projeto de investimento do secador de lodo flotado foi considerado como critério de vida útil dos equipamentos os parâmetros preconizados na Instrução Normativa SRF número 162, de 31 de Dezembro 1998. Considerando-se que no ano 10 o valor residual dos equipamentos serão de 20% do valor de aquisição, após a sua vida útil econômica a depreciação anual será de R\$ 127.791,30.

Para essa análise o investimento inicial não considera o custo com aquisição de terreno, em função da proposta ser pautada na cogeração de combustível a partir do reaproveitamento de resíduos, ou seja, o terreno será o mesmo das instalações da caldeira.

5.4.3 Custos variáveis

Assim como os custos fixos os custos variáveis foram agrupados em duas rubricas: custo com cavaco para secagem da biomassa e custo com energia elétrica dos equipamentos instalados na linha de secagem de lodo flotado.

5.4.3.1 Cavaco

O custo usado para a biomassa foi de R\$148,00/t, posto-fábrica, ou seja, o valor inclui transporte entre o local da disponibilidade da matéria-prima e a unidade industrial, que foi praticado no primeiro semestre de 2016, na região de Palotina-PR.

A necessidade de energia térmica para alimentar o secador é atendida com a queima do cavaco na fornalha e aproveitamento de gases efluentes da caldeira, no início do processo de industrialização, e da própria biomassa que é empregada como insumo na produção de lodo com baixa umidade.

O custo com cavaco no ano um foi orçado em R\$345.672,38 e no ano dez em R\$ 414.047,14, nota-se que mesmo sendo um custo variável o crescimento do consumo de cavaco não é proporcional ao crescimento da produção em função da subutilização da capacidade instalada dos equipamentos nos primeiros anos de utilização.

5.4.3.2 Energia Elétrica

Foi considerado que a planta produtora de biomassa consome eletricidade em alta tensão, classificada no grupo tarifário correspondente, com custo médio ponderado entre horário de ponta, fora ponta e demanda contratada de R\$0,38/kWh, líquido de impostos. O consumo de eletricidade, na média, segundo orientação do fornecedor é 75 kWh.

O projeto preconiza que o empreendimento opere cinco dias por semana e adotando-se um regime de operação em dois turnos 8,8 horas cada um. O projeto está dimensionado para um abate diário de 600.000 aves, neste sentido a linha de produção de biomassa com baixa umidade irá iniciar sua operação com 71,7% de utilização da capacidade instalada atingindo sua capacidade plena em dez anos de operação.

O custo com energia elétrica no ano um foi orçado em R\$137.286,26 e no ano dez em R\$150.864,03, nota-se que mesmo sendo um custo variável o crescimento do consumo de energia elétrica não é proporcional ao crescimento da produção em função da subutilização da capacidade instalada dos equipamentos nos primeiros anos de utilização.

5.4.4 Elaboração do Fluxo de caixa

Para o projeto de investimento foi elaborado o fluxo de caixa, visando identificar todas as entradas e saídas do projeto, de tal modo que possibilite o cálculo dos indicadores de viabilidade.

O fluxo de caixa é uma ferramenta fundamental para análise de investimento, pois, através dele que todos os indicadores econômicos do projeto de investimento são calculados. Com a ajuda de planilhas eletrônicas, foram projetados resultados futuros, com ênfase no Fluxo de Caixa Livre (FCL) extrapolados em um horizonte de dez anos, sem a consideração da perpetuidade no fluxo financeiro, dentro das boas práticas das finanças corporativas.

Após o agrupamento de todas as informações mencionadas, foram aplicados os seguintes indicadores: Payback simples, Payback descontado, Valor Presente Líquido (VPL) e Taxa Interna de Retorno (TIR), além de um estudo de sensibilidade das principais variáveis envolvidas.

O processo de análise de investimento deve proporcionar subsídio ao gestor para que o mesmo possa identificar se a aplicação do recurso, tem capacidade de gerar recuperação do capital atendendo uma taxa de desconto estabelecida pelas políticas de investimento da empresa.

TABELA 18 - IMPACTO DA ECONOMIA DE ESCALA SOBRE O CUSTO UNITÁRIO EM R\$ POR TONELADA

Descrição	Período 1	Período 2	Período 3	Período 4	Período 5	Período 6	Período 7	Período 8	Período 9	Período 10
(+) Receitas	1.098.619,29	1.149.717,86	1.220.830,04	1.272.780,25	1.324.730,47	1.376.680,68	1.452.051,07	1.504.852,93	1.557.654,79	1.584.055,72
(-) Custos e despesas variáveis	482.958,64	492.064,48	501.170,32	510.276,15	519.381,99	528.487,82	537.593,66	546.699,49	555.805,33	564.911,16
a) Consumo de Energia Elétrica	137.286,26	138.794,90	140.303,54	141.812,18	143.320,82	144.829,46	146.338,10	147.846,74	149.355,38	150.864,03
b) Consumo de cavaco em fornalha	345.672,38	353.269,58	360.866,77	368.463,97	376.061,16	383.658,36	391.255,55	398.852,75	406.449,94	414.047,14
(-) Custos fixos (exceto depreciação)	84.621,73	84.621,73	84.621,73	84.621,73	84.621,73	84.621,73	84.621,73	84.621,73	84.621,73	84.621,73
a) Custo com manutenção	19.836,00	19.836,00	19.836,00	19.836,00	19.836,00	19.836,00	19.836,00	19.836,00	19.836,00	19.836,00
b) Custo com mão de obra	64.785,73	64.785,73	64.785,73	64.785,73	64.785,73	64.785,73	64.785,73	64.785,73	64.785,73	64.785,73
c) Custos gerais de fabricação	16.164,00	16.164,00	16.164,00	16.164,00	16.164,00	16.164,00	16.164,00	16.164,00	16.164,00	16.164,00
(-) Depreciação	127.791,30	127.791,30	127.791,30	127.791,30	127.791,30	127.791,30	127.791,30	127.791,30	127.791,30	127.791,30
= Lucro Operacional Tributável	403.247,62	445.240,36	507.246,70	550.091,08	592.935,46	635.779,84	702.044,39	745.740,42	789.436,44	806.731,53
(-) IR	60.487,14	66.786,05	76.087,00	82.513,66	88.940,32	95.366,98	105.306,66	111.861,06	118.415,47	121.009,73
= Lucro Líquido Operacional	342.760,48	378.454,30	431.159,69	467.577,42	503.995,14	540.412,86	596.737,73	633.879,35	671.020,97	685.721,80
(+) Depreciação	127.791,30	127.791,30	127.791,30	127.791,30	127.791,30	127.791,30	127.791,30	127.791,30	127.791,30	127.791,30
= FCO (Fluxo de Caixa Operacional)	470.551,77	506.245,60	558.950,99	595.368,71	631.786,43	668.204,16	724.529,03	761.670,65	798.812,27	813.513,10
(+/-) Investimento ou desinvestimentos líquidos em equipamentos										166.600,00
(+/-) Investimentos ou desinvestimentos em capital de giro	41.480,69									
(+/-) Recuperação de tributos	45.864,59	45.864,59	45.864,59	4.179,74	4.179,74	4.179,74	4.179,74	4.179,74	4.179,74	4.179,74
= FCL (Fluxo de Caixa Livre)	557.897,05	552.110,19	604.815,58	599.548,45	635.966,18	672.383,90	728.708,77	765.850,39	802.992,01	984.292,84

Fonte: O autor (2016)

É possível observar após a montagem do fluxo de caixa que o projeto demonstra em função da economia de escala uma redução significativa em seus custos operacionais, essa redução ocorre em função da ocupação da capacidade instalada da linha de produção.

5.5 CÁLCULO DE INDICADORES

5.5.1 Taxa de desconto

O projeto de investimento trata da implementação de uma unidade de secagem contínua de lodo para produção de energia térmica. O projeto prevê a secagem por troca térmica através de injeção de vapor gerado em caldeiras. Também prevê a utilização gases provenientes da chaminé da caldeira como fonte de energia extra para o processo de secagem.

A análise de viabilidade econômica terá a finalidade de determinar se o projeto tem condições de atender as expectativas da empresa, seja, no aspecto ambiental, social e econômico. Neste contexto o projeto deve ser viável tecnicamente e economicamente e na determinação da viabilidade econômica o primeiro passo é a definição da taxa de desconto, ou seja, o custo do capital.

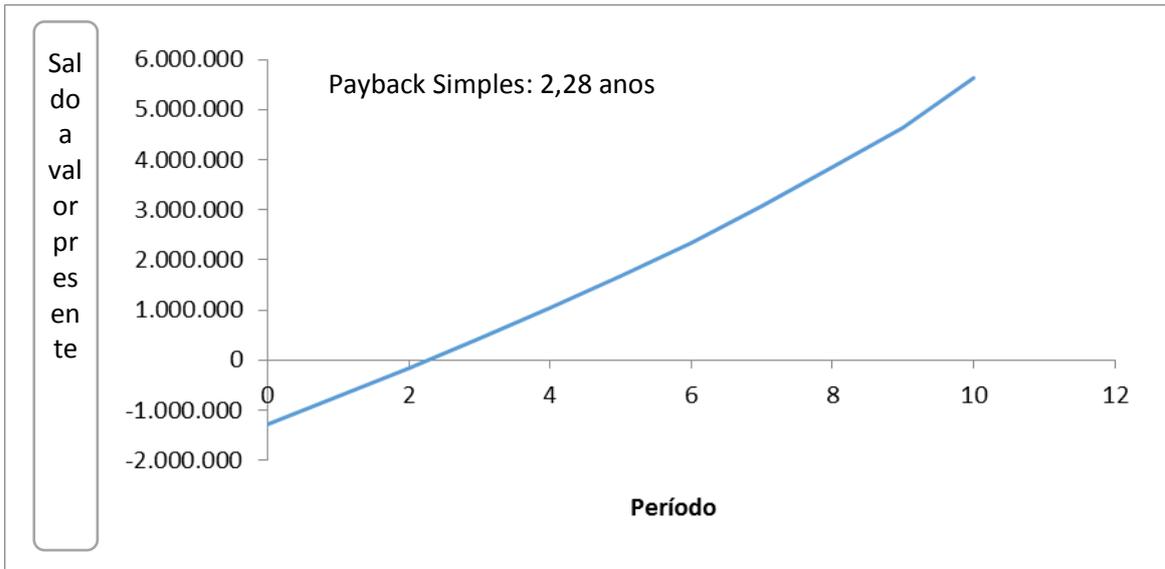
A determinação da taxa do custo de capital, não se trata de uma ciência exata, ficando a critério de cada investidor definir qual é o retorno mínimo esperado como meta para o projeto de investimento.

A empresa estudada neste trabalho utiliza como critério para avaliação de projetos de investimento a taxa Selic. A média da taxa Selic das dez últimas reuniões do COPOM (190^a a 200^a) foi de 14% e para fins de análise desse projeto de investimento essa será a taxa mínima de atratividade.

5.5.2 Payback time

Com base no fluxo de caixa projetado é possível observar que o investimento inicial de R\$ 1.277.912,95 será recuperado pelo método do payback simples, em 2,28 anos.

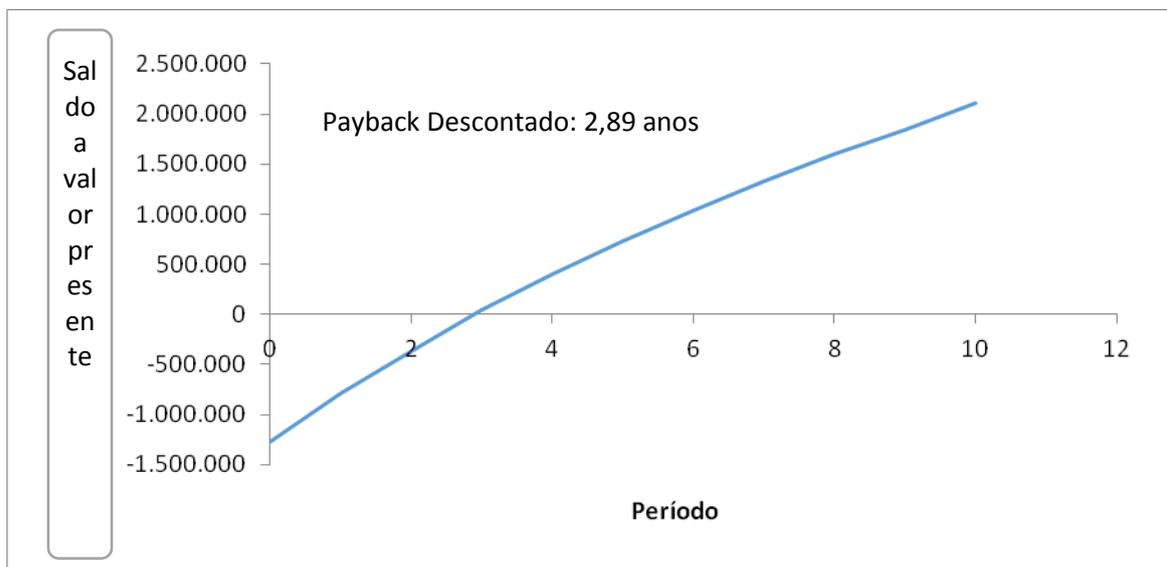
FIGURA 20 - PAYBACK SIMPLES



Fonte: O autor (2016)

Para a mesma série de fluxo de benefícios descontados a uma taxa de 14% a.a. como custo de capital, o período de retorno sobre o investimento será de 2,89 anos. Conforme evidenciado na (FIGURA 21).

FIGURA 21 - PAYBACK DESCONTADO



Fonte: O autor (2016)

O risco do projeto aumenta à medida que o número de períodos necessários para o retorno do investimento se aproxima do final da vida útil do projeto. A empresa analisada preconiza que projetos com vida útil de 10 anos devem obter retorno sobre o capital investido em no máximo quatro anos, descontada a taxa mínima de atratividade, aceitando o projeto como viável.

5.5.3 Valor presente líquido

Assim como a TIR o VPL também é uma metodologia utilizada para analisar investimentos, porém seu resultado é mais elucidativo que a TIR que retorna seu resultado em percentual, pois seu resultado é dado em reais, ou seja, em termos absolutos. Assim como a TIR o VPL utiliza como referência as sobras de caixa ao longo da vida útil do projeto.

$$\begin{aligned} \text{VPL} = & - 1.277.912,95 + \frac{521.399,17}{(1 + 0,14)^1} + \frac{519.249,78}{(1 + 0,14)^2} + \frac{579.695,13}{(1 + 0,14)^3} + \frac{582.167,96}{(1 + 0,14)^4} + \frac{626.325,65}{(1 + 0,14)^5} \\ & + \frac{670.483,33}{(1 + 0,14)^6} + \frac{734.548,16}{(1 + 0,14)^7} + \frac{779.429,74}{(1 + 0,14)^8} + \frac{824.311,32}{(1 + 0,14)^9} + \frac{1.013.352,11}{(1 + 0,14)^{10}} \\ & \text{VPL} = 2.108.273,69 \end{aligned}$$

Para o projeto do secador de lodo flotado o valor presente líquido foi positivo em 2.108.273,69. O projeto demonstra que a entrada de dinheiro é superior as saídas.

Os projetos com VPL maior que zero devem ser aceitos como viáveis, pois, o investimento gera um retorno superior a taxa mínima de atratividade estabelecida como critério para a empresa.

O fato do VPL ser positivo é possível afirmar que o investimento será recuperado, será remunerado pela taxa mínima requerida e vai gerar lucro extra na data zero.

O VPL é considerado um indicador mais aderente ao processo de decisão, pois, pressupõe que as entradas de caixa são reinvestidas a uma taxa igual ao custo de capital da empresa.

5.5.4 Taxa interna de retorno

O cálculo da TIR indica se o investimento vai valorizar a empresa, comparando seu resultado com o custo do capital utilizado para realizar o investimento.

$$0 = -1.277.912,95 + \frac{557.897,05}{(1 + TIR)^1} + \frac{552.110,19}{(1 + TIR)^2} + \frac{604.815,58}{(1 + TIR)^3} + \frac{559.548,45}{(1 + TIR)^4} + \frac{635.966,18}{(1 + TIR)^5} + \frac{672.283,90}{(1 + TIR)^6} + \frac{728.708,77}{(1 + TIR)^7} + \frac{765.850,39}{(1 + TIR)^8} + \frac{802.992,01}{(1 + TIR)^9} + \frac{984.292,84}{(1 + TIR)^{10}}$$

$$TIR = 45,73\%$$

Matematicamente a TIR é a taxa de juros que iguala no momento zero o fluxo de entradas de caixa ao fluxo de saída de caixa. Como o próprio nome sugere a TIR corresponde a taxa de retorno esperada do projeto de investimento.

Para interpretar o resultado da TIR como viável ou inviável no aspecto tomada de decisão, é necessário comparar seu resultado com a taxa mínima de atratividade. Se o resultado da TIR estimada for maior que a taxa mínima de atratividade aceita-se o projeto, se for menor rejeita-se o projeto.

A TIR pode ser utilizada na análise das dimensões de retorno sobre o capital investido e risco. Na dimensão retorno sobre o capital investido, sua resposta determina que o limite superior de rentabilidade do projeto é de 45,73%, como uma das premissas da empresa no quesito viabilidade é que o retorno atenda uma taxa mínima de atratividade de 14%, demonstrando um retorno bem superior aos critérios estabelecido pela empresa, tornado dessa forma o projeto viável.

Na dimensão risco a TIR de 45,73% é um indicador de alta relevância, pois, é o limite superior de taxa de retorno, isso ocorre pelo fato de que o VPL decresce a medida que a TIR se aproxima da TMA. Para este projeto a TIR apresenta uma diferença superior a 30 pontos percentuais acima da TMA classificando o projeto como de baixo risco para empresa.

5.6 ANÁLISE DE RESULTADOS

A análise de resultados está apresentada na (TABELA – 19) no formato de matriz, onde os diferentes critérios de avaliação do projeto e seus respectivos

resultados são comparados com seus critérios de aceite. A matriz de resultados tem por característica ser uma ferramenta de apoio de simples interpretação.

TABELA 19 - MATRIZ DE DECISÃO

Indicador	U.M.	Resultado	Critério	Decisão
Payback	anos	2,28	n.d.*	Aceita-se
Payback descontado	anos	2,89	< 4	Aceita-se
VPL	R\$	2.108.273,69	> 0	Aceita-se
TIR	%	45,73	> 14	Aceita-se

* Não determinado pela empresa
 Fonte: O autor (2016)

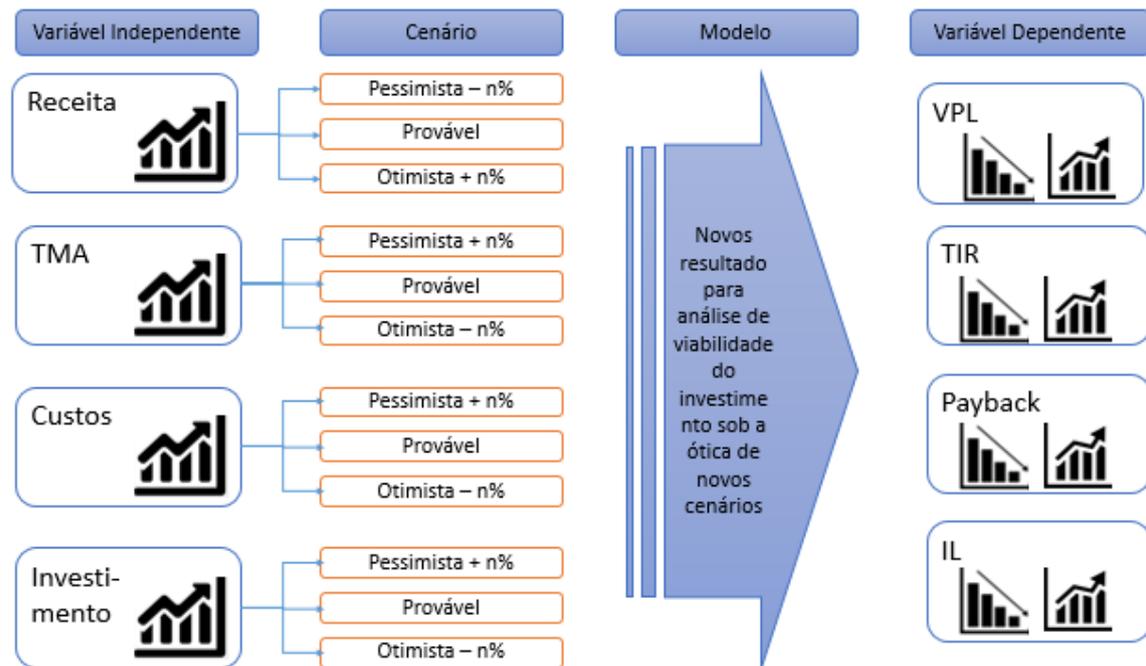
5.7 ANÁLISE DE CENÁRIOS

No intuito de fornecer subsídios à tomada de decisão, os resultados foram submetidos a uma nuvem de cenários, com o objetivo de demonstrar os riscos inerentes as variáveis chave do projeto de investimento. A análise financeira buscará identificar as condições de se ter sucesso ou frustração, em relação ao investimento, considerando-se apenas a perspectiva do retorno financeiro.

Os dados coletados foram tratados em planilha eletrônica visando à estimação do modelo conceitual, como variáveis chave de maior sensibilidade foram elegidas: o investimento inicial, a receita e o custo de produção. Como resultado das variáveis chave foram avaliados os indicadores de VPL, Payback simples e Payback descontado.

A (FIGURA 22) demonstra que as variáveis chave podem em função de suas variações interferir nos principais indicadores de rentabilidade do projeto.

FIGURA 22 - VARIÁVEIS DA NÚVEM DE CENÁRIOS



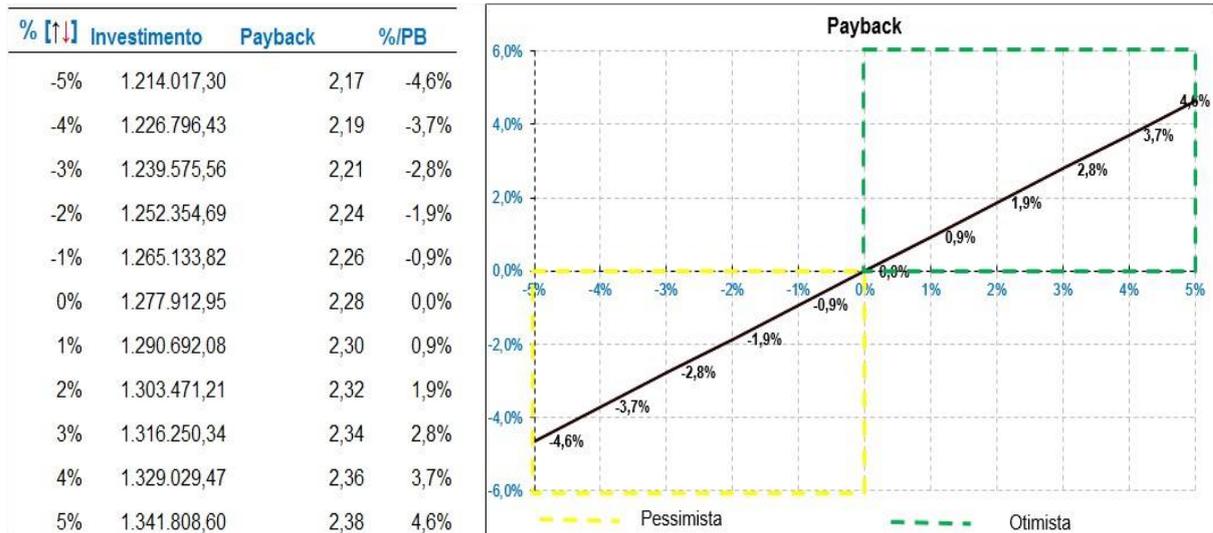
Fonte: O autor (2016)

O processo de análise de sensibilidade por meio de cenários permite que as variáveis críticas de sucesso para o projeto e que tenham um elevado grau de incerteza possam ser apontadas com valores diferentes e seus respectivos impactos sobre os indicadores de viabilidade do projeto.

5.7.1 Análise de sensibilidade

A primeira variável chave avaliada como ponto crítico ao sucesso do investimento foi o montante requerido como investimento inicial, como critério de variação foram estabelecidas variações de 1% sobre o valor orçado, considerando as variações positivas como resultados de um cenário pessimista e as variações negativas como resultados de um cenário otimista até o limite de $\pm 5\%$.

FIGURA 23 - SENSIBILIDADE DO PAYBACK SOBRE INVESTIMENTO

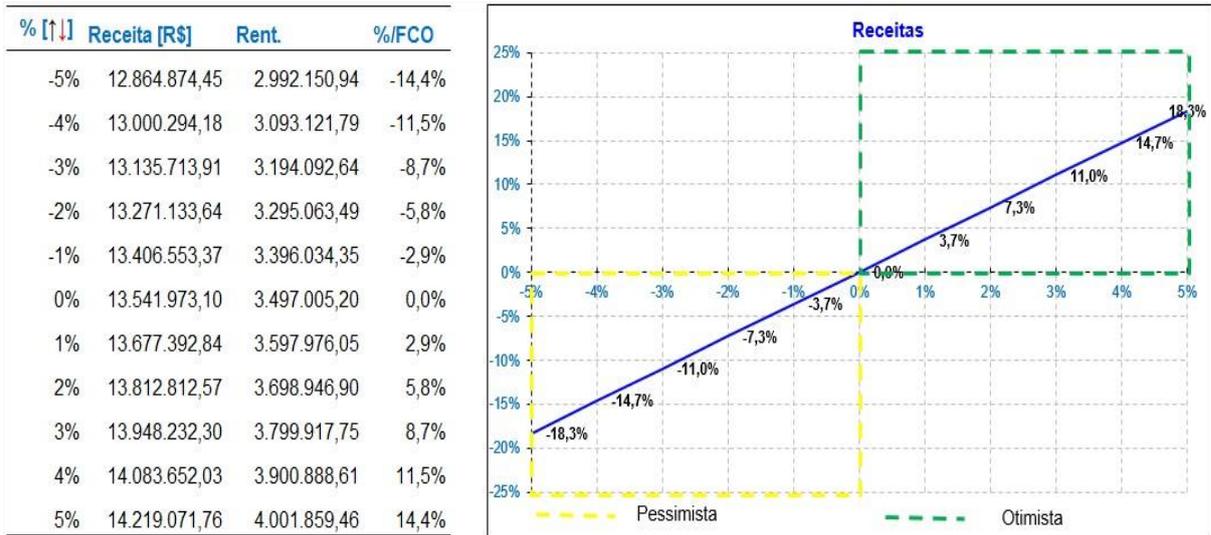


Fonte: O autor (2016)

Os resultados das variações foram representados sobre o impacto no indicador payback. De acordo com a (FIGURA 23) é possível observar que se o investimento inicial for reduzido em 5% seu impacto sobre o tempo total necessário para o retorno do investimento será de 4,6%, e se o investimento inicial for aumentado em 5% o tempo de retorno do investimento será 4,6% maior que o tempo calculado no indicador de payback.

A segunda variável chave que pode gerar um alto grau de incerteza ao projeto é a sensibilidade às estimativas de receita. Porém o projeto de investimento não prevê venda do material gerado em seu processo produtivo, tendo em vista que seu consumo ocorrerá na própria empresa produtora, neste caso a variação pode ocorrer em função do custo de aquisição do cavaco e do custo de destinação do lodo flotado.

FIGURA 24 - SENSIBILIDADE DO FCO SOBRE A RECEITA



Fonte: O autor (2016)

O indicador elegido como resposta às variações de receita foi a rentabilidade geral do projeto. Os resultados apresentados na (FIGURA 24) demonstram que as projeções de receita geram grande sensibilidade ao projeto, tendo em vista que uma oscilação de 5% sobre as receitas previstas impactaram em 14,4% sobre a rentabilidade do projeto.

A terceira variável chave que pode gerar um alto grau de incerteza ao projeto é a sensibilidade aos custos operacionais.

FIGURA 25 - SENSIBILIDADE DO FCO SOBRE O CUSTO

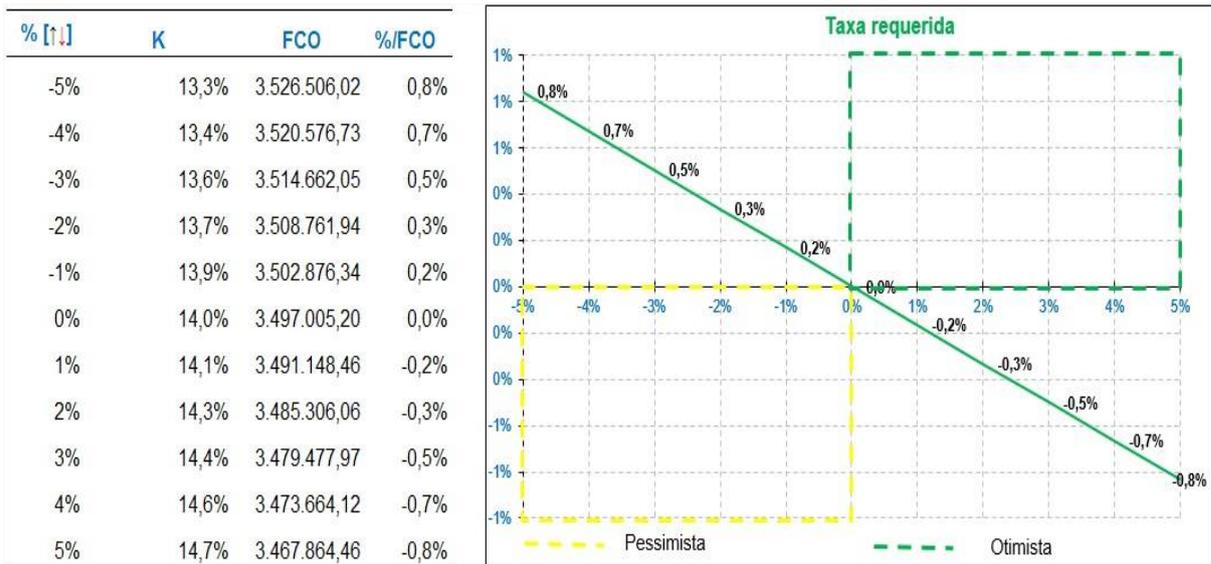


Fonte: O autor (2016)

Diferente das receitas as variações do custo operacional tem menor impacto sobre o fluxo de caixa operacional do projeto conforme evidenciado na (FIGURA 25). É possível observar que a cada 1% de variação nos custos o impacto sobre o Fluxo de Caixa Operacional (FCO) é de 1,6%.

A quarta variável chave que pode gerar um alto grau de incerteza ao projeto é a sensibilidade ao custo de capital.

FIGURA 26 - SENSIBILIDADE DO FCO SOBRE O CUSTO DE CAPITAL "K"



Fonte: O autor (2016)

Os resultados apresentados na (FIGURA 26) demonstram baixa sensibilidade do projeto de investimento ao custo de capital, ou seja, a sua taxa de desconto. É possível observar que a cada 1% de variação na taxa de desconto arbitrada pelas políticas de investimento da empresa analisada seu impacto é de apenas 0,2% sobre o fluxo de caixa operacional.

Após apresentação das variações é possível observar que a sensibilidade as projeções de receita é o item que pode gerar maior grau de incerteza, porém, se compararmos a TIR de 45,73% contra uma taxa mínima de atratividade de 14%, essa variável pode ser considerada de baixo risco. Outro fator relevante para essa análise é que não existe dependência mercadológica para entrada das receitas, pois, toda a produção será absorvida pela planta geradora.

5.7.2 Matriz de sensibilidade

Com o objetivo de mitigar o risco das decisões considerado os parâmetros isolados, foram aliadas a técnica de análise de sensibilidade outras metodologias de simulação probabilística, possibilitando a variação simultânea de mais de um parâmetro do fluxo de caixa.

A (TABELA 20) avalia em sua matriz o impacto da variação das receitas com os custos de produção representando seu impacto sobre o VPL. A matriz de sensibilidade está pautada em variações múltiplas de 5% sendo que as variações atendem aos cenários pessimistas, esperado e otimista.

A (TABELA 20) demonstra em seu cenário pessimista que uma variação de receita menor em 20% e um custo de produção maior em 20% ainda não inviabilizam o projeto, tendo em vista que a engenharia financeira preconiza que projetos com VPL maiores que zero devem ser aceitos.

O VPL quando positivo em R\$ 132.332,90 aponta que o investimento ainda cria valor mesmo a uma taxa de desconto de 14%.

As (TABELAS 21 e 22) avaliam em sua matriz o impacto da variação das receitas líquidas e dos custos de produção, representando seu impacto sobre o indicador payback simples e payback descontado respectivamente.

As (TABELAS 21 e 22) em seus cenários mais pessimistas com redução da receita em 20% e aumento do custo de produção em 20% demonstram retorno do investimento antes do fim da vida útil do projeto. Porém por critério da empresa o payback como indicador de risco não deve ultrapassar quatro anos, ou seja, mesmo considerando uma TMA de 14% o indicador payback descontado é utilizado como qualificador para aceitar o projeto como viável.

A (TABELA 22) demonstra em sua área hachurada a sensibilidade da receita e do custo que possam inviabilizar o projeto sob os critérios estabelecidos pela empresa, ou seja, o projeto deve ter payback descontado igual ou menor que quatro anos.

Indicando que o projeto pode tolerar uma redução de 5% na receita e um incremento de 10% no custo para que se torne inviável, podendo desta forma ser caracterizado como um projeto robusto e de baixo risco.

TABELA 20 - MATRIZ DE SENSIBILIDADE DO VPL X CUSTO DE PRODUÇÃO X RECEITA LÍQUIDA

		Receita								
		-20%	-15%	-10%	-5%	0%	5%	10%	15%	20%
Custo de Produção	20%	R\$ 132.332,90	R\$ 470.098,90	R\$ 807.864,90	R\$ 1.145.630,91	R\$ 1.483.396,91	R\$ 1.821.162,91	R\$ 2.158.928,91	R\$ 2.496.694,91	R\$ 2.834.460,92
	15%	R\$ 288.552,09	R\$ 626.318,10	R\$ 964.084,10	R\$ 1.301.850,10	R\$ 1.639.616,10	R\$ 1.977.382,10	R\$ 2.315.148,11	R\$ 2.652.914,11	R\$ 2.990.680,11
	10%	R\$ 444.771,29	R\$ 782.537,29	R\$ 1.120.303,29	R\$ 1.458.069,30	R\$ 1.795.835,30	R\$ 2.133.601,30	R\$ 2.471.367,30	R\$ 2.809.133,30	R\$ 3.146.899,31
	5%	R\$ 600.990,48	R\$ 938.756,49	R\$ 1.276.522,49	R\$ 1.614.288,49	R\$ 1.952.054,49	R\$ 2.289.820,49	R\$ 2.627.586,50	R\$ 2.965.352,50	R\$ 3.303.118,50
	0%	R\$ 757.209,68	R\$ 1.094.975,68	R\$ 1.432.741,68	R\$ 1.770.507,68	R\$ 2.108.273,69	R\$ 2.446.039,69	R\$ 2.783.805,69	R\$ 3.121.571,69	R\$ 3.459.337,69
	-5%	R\$ 913.428,87	R\$ 1.251.194,88	R\$ 1.588.960,88	R\$ 1.926.726,88	R\$ 2.264.492,88	R\$ 2.602.258,88	R\$ 2.940.024,89	R\$ 3.277.790,89	R\$ 3.615.556,89
	-10%	R\$ 1.069.648,07	R\$ 1.407.414,07	R\$ 1.745.180,07	R\$ 2.082.946,07	R\$ 2.420.712,08	R\$ 2.758.478,08	R\$ 3.096.244,08	R\$ 3.434.010,08	R\$ 3.771.776,08
	-15%	R\$ 1.225.867,26	R\$ 1.563.633,26	R\$ 1.901.399,27	R\$ 2.239.165,27	R\$ 2.576.931,27	R\$ 2.914.697,27	R\$ 3.252.463,27	R\$ 3.590.229,28	R\$ 3.927.995,28
	-20%	R\$ 1.382.086,46	R\$ 1.719.852,46	R\$ 2.057.618,46	R\$ 2.395.384,46	R\$ 2.733.150,47	R\$ 3.070.916,47	R\$ 3.408.682,47	R\$ 3.746.448,47	R\$ 4.084.214,47

Fonte: O autor (2016)

TABELA 21 - MATRIZ DE SENSIBILIDADE DO PAYBACK SIMPLES X CUSTO DE PRODUÇÃO X RECEITA LÍQUIDA

		Receita								
		-20%	-15%	-10%	-5%	0%	5%	10%	15%	20%
Custo de Produção	20%	5,46	4,44	3,72	3,20	2,81	2,52	2,28	2,09	1,92
	15%	4,93	4,07	3,44	2,99	2,66	2,39	2,18	2,00	1,84
	10%	4,46	3,73	3,20	2,81	2,52	2,28	2,09	1,92	1,77
	5%	4,08	3,45	2,99	2,66	2,39	2,18	2,00	1,84	1,70
	0%	3,74	3,20	2,81	2,52	2,28	2,08	1,91	1,77	1,64
	-5%	3,45	2,99	2,66	2,39	2,17	2,00	1,84	1,70	1,58
	-10%	3,21	2,81	2,51	2,28	2,08	1,91	1,76	1,64	1,53
	-15%	2,99	2,65	2,39	2,17	1,99	1,83	1,70	1,58	1,48
	-20%	2,81	2,51	2,27	2,08	1,91	1,76	1,63	1,53	1,43

Fonte: O autor (2016)

TABELA 22 - MATRIZ DE SENSIBILIDADE DO PAYBACK DESCONTADO X CUSTO DE PRODUÇÃO X RECEITA LÍQUIDA

		Receita								
		-20%	-15%	-10%	-5%	0%	5%	10%	15%	20%
Custo de produção	20%	9,09	6,85	5,44	4,47	3,78	3,28	2,89	2,61	2,37
	15%	7,90	6,10	4,92	4,10	3,52	3,07	2,74	2,48	2,26
	10%	6,93	5,48	4,49	3,79	3,28	2,89	2,61	2,37	2,17
	5%	6,16	4,94	4,11	3,52	3,07	2,74	2,48	2,26	2,07
	0%	5,51	4,50	3,80	3,28	2,89	2,60	2,36	2,16	1,99
	-5%	4,97	4,12	3,52	3,07	2,74	2,48	2,26	2,07	1,91
	-10%	4,52	3,80	3,28	2,89	2,60	2,36	2,16	1,99	1,85
	-15%	4,13	3,53	3,07	2,74	2,48	2,26	2,07	1,91	1,78
	-20%	3,81	3,28	2,89	2,60	2,36	2,16	1,98	1,84	1,72

Fonte: O autor (2016)

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Como resultado importante deste trabalho, destacam-se: uma abordagem proativa da gestão ambiental como parte do desenvolvimento sustentável onde foi possível identificar a sinergia das dimensões da sustentabilidade corporativa atendendo os critérios de relevância social, prudência ecológica e eficiência econômica.

O cenário avícola nacional está consolidado por sua expressiva produção e relevância para matriz proteica mundial, a competitividade nacional irá conferir ao Brasil uma posição de destaque na oferta mundial de carnes, porém associado ao crescimento está um aumento expressivo na geração de resíduos da cadeia produtiva. Neste contexto o tratamento físico-químico dos efluentes frigoríficos pode através desse estudo de caso identificar uma alternativa economicamente viável para destinação da matéria orgânica gerada pelo tratamento.

Durante a revisão da literatura foi possível identificar que a interação entre os diferentes coagulantes e os polímeros varia consideravelmente, sejam eles por sua eficiência na remoção da matéria orgânica, custo operacional ou impacto nos processos posteriores.

Para identificação da viabilidade técnica da utilização do lodo flotado como combustível, foi observado na revisão que a substituição do FeCl_3 pelo $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ mostrou-se ser mais eficiente, entretanto, esse processo deixa traços de enxofre (S) para o lodo obtido com sulfato férrico comercial, o que ocasiona a formação de SO_2 durante sua combustão.

A principal razão da indicação $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ no tratamento primário dos efluentes avícola é evitar a formação de compostos organoclorados, através da presença de cloro (Cl) pelo uso de FeCl_3 como coagulante.

As análises elementares demonstram que o poder calorífico do lodo flotado é elevado, em comparação com outras biomassas tradicionais, o que possibilita a sua utilização como uma eficiente fonte energética. A secagem do lodo proposta pelo projeto de investimento objetiva a redução do teor de umidade da biomassa como pré-requisito para utilização do mesmo consorciado com o cavaco.

As emissões de NO e SO_2 pela combustão do lodo flotado, foi superior aos parâmetros determinados pela legislação nacional. No entanto, a utilização da biomassa seca em percentuais de até 10% do conteúdo total de combustível,

proporciona, conseqüentemente, um menor impacto na geração dos poluentes gasosos durante a combustão.

Após revisão da literatura e caracterização do lodo flotado de frigorífico foi possível identificar seu potencial como fonte de energia em processos de geração de energia térmica e a sugestão da incorporação de até 10% em peso de lodo flotado base seca como limite para o reaproveitamento da biomassa conseguindo dessa forma aumento da potência térmica nominal do sistema em aproximadamente 2%.

A viabilidade técnica do lodo flotado permite ainda, economia de até 10% no consumo de cavaco, pois sua eficiência energética é similar a eficiência da biomassa tradicional.

As emissões gasosas são intrínsecas à composição do combustível, por isso, a caracterização prévia da biomassa que se pretende aproveitar como fonte energética deve ser minuciosamente analisada dado que a partir da composição elementar do resíduo pode-se prever a maioria dos produtos da sua combustão e de posse dos resultados é necessário que a empresa estabeleça condições operacionais do processo de tratamento primário e a proporção dos volumes utilizados na alimentação que contribuam para a minimização da formação de compostos poluentes.

Na revisão da literatura foram quantificadas as emissões em termos de dióxido de carbono (CO_2), monóxido de carbono (CO), hidrocarbonetos (C_xH_y), óxidos de nitrogênio (NO_x), óxidos de enxofre (SO_x), compostos clorados inorgânicos (HCl), compostos orgânicos voláteis (VOC), sendo que as emissões dos poluentes estão dentro dos padrões estabelecidos pela legislação nacional, levando em consideração a proporção de 9:1 cavaco e lodo flotado.

Para determinação das concentrações de lodo no cavaco é necessário que a caracterização do cavaco seja feita com a mesma periodicidade das análises do lodo flotado, pois, durante a revisão foi possível observar que a concentração de óxidos de nitrogênio (NOX) na combustão do cavaco apresentaram-se abaixo de todos os limites de emissão, tolerando a adição do lodo como aditivo na combustão.

O estudo de caso apresenta para o segmento avícola uma forma de utilização consciente dos recursos, bem como propõe uma forma de destinação sustentável para os resíduos sólidos gerados no tratamento de efluentes,

proporcionando redução em seus custos e conseqüentemente aumento de sua competitividade.

Através da modelagem econômica e do atendimento a legislação pertinente ao segmento industrial é possível sugerir uma abordagem sustentável.

A apresentação da modelagem para estudo de projetos de investimentos aplicados a gestão ambiental permite que outras indústrias do mesmo seguimento ou com realidade operacional semelhante possam buscar métodos de reciclagem de seus subprodutos, com vistas ao retorno financeiro dos projetos.

No aspecto econômico do projeto de investimento é possível concluir que a reutilização do lodo flotado como fonte de energia térmica é viável, pois, atende a todos os indicadores de viabilidade.

O indicador payback descontado é considerado um indicador pragmático, pois, sua resposta indica em quanto tempo os fluxos de caixa acumulados do projeto se igualem ao investimento inicial, ou seja, no presente estudo de caso em 2,89 anos a soma dos ganhos gerados pelo projeto irão acumular R\$ 1.277.912,95, que é o mesmo montante do investimento inicial.

O VPL de R\$ 2.108.273,69 apresenta um resultado mais elucidativo dos retornos propostos pelo projeto de investimento, tendo em vista, que demonstra o valor presente de todos os fluxos de caixa descontado uma taxa de atratividade, ou seja, para um investimento inicial de R\$ 1.277.912,95 ao longo de dez anos o valor presente dos benefícios gerados pelo investimento será igual a R\$ 2.108.273,6 descontando-se a taxa de atratividade de 14%.

A TIR determina a taxa de juros que iguala no momento inicial do projeto o fluxo dos benefícios do projeto, 45,73 % foi o cálculo da TIR, outra forma de interpretar a TIR como indicador de risco é que o projeto teria uma tolerância de custo de capital de 31,73 % e mesmo assim seria viável economicamente.

As análises de sensibilidade as principais variáveis chave demonstraram baixo risco sobre o projeto de investimento em função da rentabilidade intrínseca ao fluxo de caixa elaborado, podendo concluir que a instalação de um sistema de secagem de lodo para reaproveitamento da biomassa como combustível é economicamente viável e com baixo risco para organização.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14653-4: Avaliação de bens – empreendimentos**. Rio de Janeiro, 2002.

ABPA – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PROTEÍNA ANIMAL. **Relatório Anual de atividades 2015**. São Paulo, 2015.

ABREU FILHO, J. C. F.; PEREIRA DE SOUZA, C.; GONÇALVES, D. A.; CURY, M.V.Q. **Finanças Corporativas**. Rio de Janeiro: Editora FGV, 2007.

ABREU, F. V.; COSTA FILHO, M. A. F.; SOUZA, M. C. L. Technical and economic feasibility analysis of energy generation through the biogas from garbage in landfill - an alternative of renewable energy generation. In: 20th International Congress of Mechanical Engineering (COBEM), Gramado - RS, 2009.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (Brasil). **Atlas fontes renováveis - Biomassa**. 2. ed. – Brasília: ANEEL, 2004.

AGUILAR, M. I.; SÁEZ, J.; LLORÉNS, M.; SOLER, A.; ORTUÑO, J. F. (2002). **Nutrient removal and sludge production in the coagulation –flocculation process**. Water Research, 2002.

ALCENO, A.C.S. **Panorama de acondicionamento de resíduos sólidos na cidade de São Luís, MA**, (2011). Faculdade do Estado do Maranhão. FACEM. São Luís – MA

ARAUJO, L. F. A. **O biogás de aterro e seu aproveitamento energético nos caminhões de coleta de resíduos sólidos urbanos**. 208 f. Dissertação de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana e Ambiental da PUC-Rio. Rio de Janeiro, 2014.

ARORA, A. **Sustainability Strategies in Supply Chain Management**. Electronic Theses & Dissertations. Paper 1063. A Dissertation of Doctor of Philosophy Submitted to the Graduate Faculty of Georgia Southern University. Georgia, 2014.

ASSAF NETO, A. **Matemática Financeira e Suas Aplicações**. 12ª edição. SP: Atlas, 2012.

ASSAF NETO, A. **Os métodos quantitativos de análise de investimentos**. Caderno de Estudos, n. 6, São Paulo, FIPECAFI, Out. 1992.

BENVENISTE, L.; CAPOZZA D. R.; SEGUIN, P. J. The value of liquidity. **Real Estate Economics**, [S.l.], v. 29, n. 4, p. 633-660, 2012.

BRASIL, CONSELHO NACIONAL DO MAIO AMBIENTE – CONAMA. **RESOLUÇÃO Nº 313**. Dispõe Sobre o Inventário Nacional de Resíduos Sólidos Industriais. Brasil, p. 1-11, 29/10/2002.

BRASIL. Conselho Nacional de Meio Ambiente. **Resolução nº 357, de 17 de março de 2005**. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>>.

BRASIL. **Instrução Normativa SRF Nº 162, de 31 de dezembro de 1998**. Estabelece a quota de depreciação a ser registrada na escrituração da pessoa jurídica, através do sistema de Normas Gestão da Informação da Receita Federal do Brasil. Disponível em: <<http://normas.receita.fazenda.gov.br>>.

BREALEY, R.; ALLEN, F.; MYERS, S. C. **Princípios de Finanças Empresarias**, McGraw-Hill Companies, Inc. 9ª Edição, 2008.

BRIGHAM, E. F.; GAPENSKI, L. C.; EHRHARDT, M. C. **Administração Financeira: teoria e prática**. 1 ed. São Paulo: Atlas, 2001.

BRONDINO, N. C. M. **Estudo da influência da acessibilidade no valor de lotes urbanos através do uso de redes neurais**. São Carlos, 1999. 146 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 1999.

BRUNI, A. L; RUBENS, F. **As Decisões de Investimentos - Com aplicações na HP12C e Excel**. São Paulo: Atlas, 2003. ASSAF Neto, Alexandre - Finanças corporativas e valor: 5 ed. - São Paulo: Atlas, 2010. p.133-137, 2003.

CAMMAROTA, M. C. **Notas de Aula – Tratamento de Efluentes Líquidos – EQB – 485** Engenharia do Meio Ambiente. Universidade Federal do Rio de Janeiro Escola de Química. Rio de Janeiro (2011).

CANADIAN COUNCIL OF MINISTERS OF THE ENVIRONMENT – CCME **Air Emissions Standards. Wastes Incinerations Emissions Limits**. Canada, Table B-1.2002.

CARVALHO, L. T.; FERNANDES, H. C.; MATOS, A. T.; QUEIROZ, D. M. Eficiência de uma peneira rotativa de fluxo axial na separação sólido/líquido de águas residuárias da lavagem e despolpa de frutos do cafeeiro. Vitória: s.n., 2001. p. 9.

CASAROTTO FILHO, N.; KOPITTKE, B. H. Análise de Investimentos: Matemática Financeira, Engenharia Econômica, Tomada de Decisão, Estratégia Empresarial. 11. ed. São Paulo: Atlas, 2010.

CASSARRO, A. C. **Sistemas de informações para tomada de decisões**. 3. ed. São Paulo: Thomson, 2001.

CEPEA/ESALQ – Centro De Estudos Avançados Em Economia Aplicada Da Escola Superior De Agricultura “Luiz De Queiroz”. <http://www.cepea.esalq.usp.br/pib>. Acesso em: 12/06/2016.

CEPROMAT. **Sistema de Informação Gerencial-SIG**. Disponível em: <<sig2.mt.gov.br>>. Acesso em: 24 de jan. de 2016.

CHAGGER, H.K.; KENDALL, A.; MCDONALD, A.; POURKASHANIAN, M., WILLIAMS, A. (1998). **Formation of dioxins and other semi-volatile organic compounds in biomass combustion**. Applied Energy 60, p. 101-114.

CHERNICHARO, C. Pós-tratamento de efluentes de reatores anaeróbios. Coletânea de Trabalhos Técnicos. PROSAB. Belo Horizonte: Segrac, v. 2, p. 119-130, 2001.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO - CETESB. **Análise dos gases de combustão**. 2006, São Paulo, SP.

Conselho Federal de Contabilidade – CFC. **Princípios e Fundamentos e Normas Brasileira de Contabilidade**. 3ª Edição. Brasília, 2008.

CORTEZ, L. A. B. **Biomassa no Brasil e no Mundo**. In: Biomassa Para Energia. Campinas-SP: Editora Unicamp, 2008.

COSTA, G. J. C. da. **Iluminação Econômica: Cálculo e Avaliação**. Porto Alegre: Edipucrs, 2006. Disponível em: <<http://books.google.com.br/>>. Acesso em: 18 jul. 2016.

COSTA, M. S. S. M, COSTA, L. A. M et. al.; **Compostagem de resíduos sólidos de frigorífico**. 2008. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. v.13, n.1, p.100–107, 2009.

DEBIK, E.; MANAV, N. Sequence Optimization in a sequencing batch reactor for biological nutrient removal from domestic wastewater. *Bioprocess Biosystem Engineering*, 33 (05): 533-540, 2009.

DEL NERY, V.; NARDI, I. R.; DAMIANOVIC, M. H. R. Z.; POZZI, E.; AMORIM, A. K. B.; ZAIAT, M. **Long-term operating performance of a poultry slaughterhouse wastewater treatment plant.** *Resources, Conservation and Recycling. EUA*, v 50, n. 1, p. 102-114, 2007.

DELANEY, F. T.; WAMUZIRI, S. C. Efficiency and performance effects of mergers and acquisitions in the construction industry. **Journal of Financial Management of Property and Construction**, Edinburgh, v. 7, n. 3, p. 141-150, ago. 2002.

DINSMORE, P. C.; CAVALIERI, A. C. **Como se tornar um profissional em gerenciamento de projetos.** Rio de Janeiro: Qualitymark, 2003.

DUTRA, R.G. **Custos: Uma abordagem prática.** 4ª ed. São Paulo, Atlas, 1995.

EBERT, D. C. **Simulação da Dinâmica Operacional de um Processo Industrial de Abate de Aves.** Dissertação de Mestrado. Engenharia Agrícola, Universidade Estadual do Oeste do Paraná. Cascavel: s.n., 2007. p. 64.

EDER, C.; MENESES, G.; FITERMAN, L.; TINOCO, M. **Avaliação dos Métodos da Taxa Interna de Retorno Modificada.** Porto Alegre, RS, 2004. Disponível em:<http://www.producao.ufrgs.br/arquivos/disciplinas/503_tir_modificada.pdf>. Acesso em: 08 de abr. 2016.

EPE – EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Plano Nacional de Energia (PNE) 2030.** Rio de Janeiro: EPE, 2007.

FABOZZI, F. J.; PETERSON, P. P.; **Financial Management and Analysis**, John Wiley & Sons Ltd; Wiley Finance; Second Edition, Canada, 2003;

FERNANDES, M. A. Avaliação de desempenho de um frigorífico avícola quanto aos princípios da produção sustentável. [Tese] Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 2004.

FONSECA, J. J. S. **Metodologia da pesquisa científica.** Fortaleza: UEC. Apostila, 2002.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa.** 4 ed. São Paulo: Atlas, 2007.

GIORDANO, G. **Tratamento e controle de efluentes industriais**. 2005, 81 f.; Departamento de Engenharia Sanitária e do Meio Ambiente – Universidade do Estado do Rio de Janeiro, 2005.

GITMAN, L. J. **Princípios de Administração Financeira**. 2ªed, Porto Alegre: Bookman, 2004.

GOMIDE, L. A.; RAMOS, E.; FONTES, P. R. **Tecnologia de abate e tipificação de carcaça**. Viçosa. UFV, 2006. 370p.

GONZÁLEZ, M. A. S. **Uma aplicação da metodologia científica de avaliação de imóveis na análise de viabilidade**. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 7, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: [s.n.], 1998 p. 469-474, 1998.

GONZÁLEZ, M. A. S.; FORMOSO, C. T. **Análise de viabilidade econômica financeira de construções residenciais**. In: ENCONTRO NACIONAL DA ANPUR, IX, 2001, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: [s.n.], 2001. p. 1548-1553.

GREER, G. E.; KOLBE, P. T. **Investment analysis for real estate decisions**. 5. ed. [S.I.]: Dearborn Financial Publishing, 2003.

HAUSER, S. **Análise de viabilidade de investimentos em empreendimentos Residenciais unifamiliares em Curitiba (PR)**. 224f. Dissertação de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Construção Civil da UFPR – Curitiba. Curitiba, 2005.

HEIKKINEN, J. M.; HORDIJK, J. C.; DE JONG, W.; SPLIETHOFF, H. **Thermogravimetry as a tool to classify waste components to be used for energy generation**. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis* 71, p.883-900, 2004.

HIRSCHFELD, H. **Engenharia econômica e análise de custos**. 7. ed. São Paulo: Atlas, 2000.

HOLGATE, S. T.; SAMET, J. M.; KOREN, H. S.; MAYNARD, R. L. **Air Pollution and Health**. London: Academic Press, 1999.

IBGE, INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA **Sidra- Banco de dados agregados**. Brasília, DF: 2006. Disponível em http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/agropecuaria/censoagro/2006/tabela1_1.pdf.

IMHOFF, K. e KLAUS R. **Manual de Tratamento de Águas Residuárias**. [Trad.] Engenheiro Max Lothar Hess. 26a. São Paulo : Edgard Blücher 106 Ltda., 1986. p. 301.

Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis – IBAMA. **Inventário Nacional de Fontes e Estimativa de Emissões de Dioxinas e Furanos**. Ministério do Meio Ambiente. Brasília: MMA, 2013

INSTITUTO DOS AUDITORES INDEPENDENTES DO BRASIL – IBRACON. NPC 2 **Normas Internacionais de Relatório Financeiro** (2016). São Paulo, SP.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE - IPCC. **Panel on Climate Change Intergovernmental Panel on Climate Change 2001**. Printed in USA at the University Press, New York.

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

JUNIOR, J. S. P. **Legislação Brasileira sobre poluição do ar**. Consultoria Legislativa. Biblioteca digital da Câmara dos Deputados. Junho, 2007 – Brasília – DF.

KASSAI, J. R.; KASSAI, S.; SANTOS, A.; ASSAF NETO, A. **Retorno de Investimento: abordagem matemática e contábil do lucro empresarial**. São Paulo: Atlas, 1999.

KASSAI, J. R.; KASSAI, S.; SANTOS, A.; ASSAF NETO; FIPECAPÍ, A. **Retorno de investimento: abordagem matemática e contábil do lucro empresarial**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2000.

KLUGER, B. D.; MILLER, N. G. Measuring residential real estate liquidity. **Journal of the American Real Estate and Urban Economics Association**, v. 18, n. 2, p. 145-159, 1990.

KOLIVER, O. **Tópicos especiais de custos**. Belo Horizonte: Fundação Visconde de Cairu, 2003. Apostila didática.

KUSSANO M. R.; BATALHA M. O.; MIRANDA P. S. M. **Os desafios de adequação à questão ambiental: diagnóstico, limitações e possibilidades de um frigorífico avícola**. ENGEP 2008. 16 DE outubro de 2008; XXVIII ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO: p.2-3. Rio de Janeiro, RJ, 2008.

LAVENDER, S. D. **Economics for builders and surveyors**. Essex, UK: Longman, 1990.

LEONTSINIS, E. (1989). **Óleo Combustível**. In: CAMPOS, A. C.; LEONTSINIS, 1989.

LEVIN, E. J.; WRIGHT, R. E. **Speculation in the housing market? Urban Studies**, v. 34, n. 9, p. 1419-1437, 1997.

LLORENTE, M. J. F.; CARRASCO, J. E. G. Comparing methods for predicting the sintering of biomass ash in combustion. *Fuel* 84(14-15), p.1893-1900, 2005.

LUCENA, R. B. **management of solid waste in wood industry: a case study**. Perspectivas Contemporâneas. Revista eletrônica de ciências sociais aplicadas. ISSN: 1980-0193. UFRGS, 2014.

MALHOTRA, N. Pesquisa de marketing. 3.ed. Porto Alegre: Bookman, 2001.

MASSE, L.; KENNEDY, K. J.; CHOU, S. P. The effect of an enzymatic pretreatment on the hydrolysis and size reduction of fat particles in slaughterhouse wastewater. *Journal of Chemical Technology and Biotechnology*, vol. 76, nº 6, p. 629-635, 2001

MATSUMURA, E. M. 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.

MCKAY, G. (2002). Dioxin characterization, formation and minimization during municipal solid waste (MSW) incineration: review. *Chemical Engineering Journal* 86, p. 343-368.

MEES, J. B. R. **Tratamento de Resíduos Líquidos III**. Apostila. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Medianeira - PR: s.n., 2004.

MENDES, A. A., CASTRO, H. F.; PEREIRA, E. B.; JUNIOR, A. F. **Aplicação de lipases no tratamento de águas residuárias com elevados teores de lipídeos**. *Revista Química Nova*, Vol. 28, No. 2, p. 296-305, 2005;

METCALF e EDDY. Inc. **Wastewater Engineering treatment Disposal Reuse**. 4. ed. New York, McGraw - Hill Book, 1815p. 2003.

MOREIRA, A. L. **Princípios de engenharia de avaliações**. 4. ed. São Paulo: Pini, 1997.

Na Clarificação de água da RLAM. Monografia de Especialização, Universidade Federal da Bahia – Escola Politécnica, 1997.

NUNES, J. A. **Tratamento Físico-Químico de Águas Residuárias Industriais**. 4a. Aracaju: J. Andrade, 2004. p. 298. CDU 628.54.

OLIVEIRA, A. B. M.; ORRICO, A. C. A.; ORRICO JUNIOR, M. A. P. P.; SUNADA, N. S.; CENTURION, S. R. **Biodigestão anaeróbia de efluente de abatedouro avícola**. Revista Ceres, Viçosa, v. 58, nº 6, p. 690-700, 2011;

OLIVEIRA, B. A. Metodologia de avaliação de cenários de investimentos em obras de ampliação e implantação de centrais hidrelétricas. 2015. 121 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento de Tecnologias). LATEC, Curitiba, 2015.

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

ONU. United Nations, Department of Economic and Social Affairs. **World Population Prospects: The 2012 Revision**. Disponível em <http://esa.un.org/wpp/ExcelData/population.htm>

ORRICO JUNIOR, M. A. P.; ORRICO, A. C. A.; JUNIOR J. L. **Compostagem dos resíduos da produção avícola: cama de frangos e carcaças de aves**. Engenharia Agrícola, v.30, n.3, p.538-545, 2010. Disponível em:<<
<http://www.scielo.br/pdf/eagri/v30n3/17.pdf>>>

OTERO, J. A.; HEINECK, L. F. M. **Análise paramétrica para estimativa de custos na construção de edifícios**. In: CONFERÊNCIA LATINO-AMERICANA DE CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL; ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 10. 2004, São Paulo. **Anais**. São Paulo.

OUCHI, C. H. C. **Práticas de sustentabilidade corporativa no Brasil: uma análise do setor de papel e celulose**. 87 f. Dissertação de Mestrado – Instituto de Pós-Graduação em Administração Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2006.

PACHECO J. W. **Guia técnico ambiental de abates (bovino e suíno)**. São Paulo: CETESB, 98p.- (Série P+L), 2006.

PARANÁ. Instituto Ambiental do Paraná. **Portaria IAP nº 256, de 16 de setembro de 2013**. Estabelece os critérios e exigências para a apresentação da DECLARAÇÃO DE CARGA POLUIDORA, através do SISTEMA DE AUTOMONITORAMENTO de Atividades Poluidoras no Paraná. Disponível em: <<http://www.iap.pr.gov.br/>>.

PESSOA, M. O. **Avaliação da produção de biogás a partir de efluentes lixiviados**. Recife, 2013. 83 f. Dissertação de Mestrado - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil Universidade Federal de Pernambuco, Pernambuco, 2013.

PILÃO, N. e HUMMEL, P. **Matemática Financeira e Engenharia Econômica**, 2ª Edição, Ed. Thomson, São Paulo, 2006, p. 107.

PINTO, L. A. M.; PINTO, M. M.; BOVO, J.; MATEUS, G. A. P.; TAVRES, F. O.; BAPTISTA, A. T. A.; HIRATA, A. K.; **Environmental aspects of slaughtering poultry: a review**. Vol.22,n.3,pp.44-50 (Abr - Jun 2015).

PMI - PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE. **A guide to the project management body of knowledge**. Edição 2000. Newton Square: Project Management Institute, 2000.

RAJAKUMAR, R.; MEENAMBAL, T.; SARAVANAN, P.M.; ANANTHANARAYANAN, P. Treatment of poultry slaughterhouse wastewater in hybrid upflow anaerobic sludge blanket reactor packed with pleated poly vinyl chloride rings. *Bioresource Technology*, Sausanne, v.103, p.116-122, 2012.

RASGA, R.O.S. Pellets de madeira e sua viabilidade econômico-financeira na substituição do óleo BPF-A1 em pequenos e médios consumidores no Estado de São Paulo. 165 f. Dissertação (Mestrado) - Escola de Economia de São Paulo. São Paulo, 2013.

RAVINDRA, S.; MEYLOR, D. (2005). **Cavitation air flotation**. *Water Research*, p. 437-446, 2005.

RICHETTI, A; SANTOS, A. C. dos. O sistema integrado de produção de frango de corte em Minas Gerais: uma análise sob a ótica da ECT. Disponível em:< <http://www.dae.ufla.br/cedoc/artigo03200.doc>>.

ROCHA LIMA JR. J. **Análise de investimentos: princípios e técnicas para empreendimentos do setor da construção civil**. São Paulo: Departamento de Engenharia de Construção Civil da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 1993, 50 p., boletim técnico.

ROSA, A. C. F. **Vocação de empreendimento. Construção Mercado**, São Paulo, n. 31, fev. 2004. p. 22-25.

SCHOENHALS, M. **Avaliação da eficiência do processo de flotação aplicado ao tratamento primário de efluentes de abatedouro avícola**. 87 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006.

SECRETARIA DE ESTADO DO MEIO AMBIENTE E RECURSOS HIDRICOS - SEMA. **Resolução nº 054/06**. Estabelece critérios para controle do ar. Curitiba, PR (2006).

SENA, R.F. **Avaliação da biomassa obtida pela otimização da flotação de efluentes da indústria de carnes para geração de energia**. 83 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Departamento de Engenharia Química Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2005.

SENA, R. F. tratamento de efluentes da indústria de processamento de carnes utilizando flotação por ar dissolvido e processos de oxidação avançada. 141 f. Tese (Doutorado em Engenharia Química) – Departamento de Engenharia Química Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2009.

SILVA, C. A. **Polímero Orgânico Natural Trata Água e Efluentes**. *Revista Química e Derivados*. Edição 407, Agosto de 2002. <<http://www.quimicaederivados.com.br>> Acessado em: 05 de Março de 2016.

SILVA, H. L. B. **Uso de membranas microporosas no tratamento de efluentes de um frigorífico de abate de aves**. 66f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005.

SOARES, C. S. Estudo das variáveis relacionadas aos processos de escaldagem e depenagem e suas respectivas influencias na qualidade do produto. (2009). f. 60. Monografia Engenharia de Alimentos. Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRS- Porto Alegre, RS, 2009.

SOUZA, A.; CLEMENTE, A. **Decisões Financeiras e Análise de Investimentos**. 6ª EDIÇÃO ed. SÃO PAULO: EDITORA ATLAS, 2012.

SOUZA, A.; CLEMENTE, A. **Decisões Financeiras e Análise de Investimento**. São Paulo: Atlas, 2004.

SOUZA, Alceu e CLEMENTE, Ademir **Decisões financeiras e análise de investimentos: fundamentos, técnicas e aplicações**. 6. Ed. São Paulo: Atlas, 2008.

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

SPRINGMANN, P. <<http://www.springmann.ch/at/produkte/verfahren.html>>. 2009.

STANMORE, B. R. (2004). **The formation of dioxins in combustion systems** – a review. *Combustion and Flame* 136, p. 398-427.

TAKEDA, F.; **Configuração Ergonômica do trabalho em produção contínua: o caso de um ambiente de cortes em abatedouro de frangos**. 2010. 172 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Ponta Grossa, 2010.

TOOLKIT 2005. Documento Standardized Toolkit for Identification and Quantification of Dioxin and Furan Releases, preparado pela UNEP Chemical, Genebra, Suíça (2ª edição, Dezembro de 2005).

TRIVIÑOS, A. N. S. **Introdução à pesquisa em Ciências Sociais: a pesquisa qualitativa em educação**. São Paulo: Atlas, 1987.

UNFRIED, L. C.; YOSHI, C.V.H. **Sustentabilidade No Abate E Processamento De Aves**. *FACESI EM REVISTA* Ano 4 – Volume 4, edição especial - ISSN 2177-6636, 2012.

UNITED STATE DEPARTMENT OF AGRICULTURE – USDA. **USDA Long-term projections to 2020**. Washington, 2016.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY – USEPA – **Preferred and Alternative Methods for Estimating Air Emissions from Boilers**. Emission Inventory Improvement Program (EIIP). Vol. II, Cap. 2, p. 92. 2001.

VANVUKA, D.; ZOGRAFOR, D. (2004). Predicting the behavior of ash from agricultural wastes during combustion. *Fuel* 83, p. 2051-2057, 2004.

VIRMOND, E.; **Aproveitamento do lodo de tratamento primário de efluentes de um frigorífico como fonte de energia**. 2007. 134f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007.

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

VON SPERLING, M. Princípios do Tratamento Biológico de águas Residuárias. V.3 - Lagoas de Estabilização. 2. Belo Horizonte: DESA-UFMG, 2002. p. 196. Vol. 3.

WATANABE, N.; YAMAMOTO, O.; SAKAI, M.; FUKUYAMA, J. (2004). Combustible and incombustible speciation of Cl and S in various components of municipal solid waste. *Waste Management* 24, p. 623-632, 2004.

WERTHER, J.; OGADA, T. (1999). **Sewage sludge combustion**. *Progress in Energy and Combustion Science* 25, p. 55-116, 1999.

YIN, R. K. **Estudo de caso: planejamento e métodos**. 3 ed. Porto Alegre: Bookman, 2005.

ZADINELLO, I. V.; SERENISKI, R. M.; BORIN, R.; FAGNANI, K. C.; STREMEL, D. P.; GOMES, L. F. S. **Potencial da produção de biogás a partir de efluente pré-tratado de abatedouro de aves da região Oeste do Paraná**. *Revista Brasileira de Energias Renováveis*, v. 2, p. 61-71, 2013.

ZANOTTO, D. L.; BELLAVAR, C.; BRUM, P. A. R.; COLDEBELLA, A.; SCHEUERMANN, G. N.; AJALA, L. C. **Flotado de efluentes de frigorífico de suínos e de aves**. 1. Composição Química para usos comerciais alternativos. Embrapa. 2009.