



**ESTUDO DA VIABILIDADE DE IMPLANTAÇÃO DE
REAPROVEITAMENTO DOS RESÍDUOS DO FRIGORIFICO FRIGOPEIXE
EM TEFÉ-AM**

Luiz Augusto Reis Caxeixa

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Processos – Mestrado Profissional, PPGEP/ITEC, da Universidade Federal do Pará, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Engenharia de Processos.

Orientador: Edinaldo José de Souza Cunha

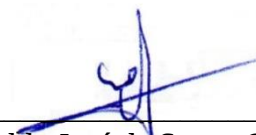
Belém
Maio de 2019

**ESTUDO DA VIABILIDADE DE IMPLANTAÇÃO DE
REAPROVEITAMENTO DOS RESÍDUOS DO FRIGORIFICO FRIGOPEIXE
EM TEFÉ-AM**

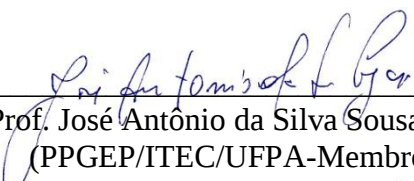
Luiz Augusto Reis Caxeixa

DISSERTAÇÃO SUBMETIDA AO CORPO DOCENTE DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA PROCESSOS – MESTRADO PROFISSIONAL (PPGEP/ITEC) DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM ENGENHARIA DE PROCESSOS.

Examinada por:



Prof. Edinaldo José de Souza Cunha, Dr.
(PPGEP/ITEC/UFPA-Orientador)



Prof. José Antônio da Silva Sousa, Dr.
(PPGEP/ITEC/UFPA-Membro)



Prof. David Barbosa de Alencar, Dr.
(FAMETRO-Membro)

BELÉM, PA - BRASIL

MAIO DE 2019

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)
Sistema de Bibliotecas da UFPA

Caxeixa, Luiz Augusto Reis, 1976-
Estudo da viabilidade de implantação de técnica de reaproveitamento dos resíduos do frigorífico Frigopeixe em Tefé-AM / Luiz Augusto Reis Caxeixa - 2019.

Orientador: Edinaldo José de Souza Cunha

Dissertação (Mestrado Profissional) - Universidade Federal do Pará. Instituto de Tecnologia. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Processos, 2019.

1. Resíduos de animais Reaproveitamento- Amazonas (Estado) 2. Resíduos industriais-Aspectos ambientais-Amazonas (Estado) 3. Farinha de peixe 4. Compostagem I. Título

CDD 23.ed. 621.3191.

Este trabalho é dedicado aos meus pais, que sempre me apoiaram e me incentivaram nos estudos. Agradeço em especial à minha esposa, pelo incentivo, orientação, compreensão e carinho.

AGRADECIMENTOS

Ao amigo, Prof. Edinaldo José de Souza Cunha, pela orientação, incentivo e ajuda na elaboração e composição do trabalho.

Ao colega e amigo, Professor João Nazareno Nonato Quaresma, pela ajuda, incentivo e colaboração para o trabalho.

Aos colegas do PPGEF, pelo incentivo e colaboração.

Aos técnicos do Frigorífico Frigopeixe, pela colaboração e ajuda na coleta de dados e observações.

*“A persistência é o menor caminho do
êxito”*

(Charles Chaplin)

Resumo da Dissertação apresentada ao PPGEP/UFPA como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia de Processos (M. Eng.)

ESTUDO DA VIABILIDADE DE IMPLANTAÇÃO DE REAPROVEITAMENTO DOS RESÍDUOS DO FRIGORIFICO FRIGOPEIXE EM TEFÉ-AM

Luiz Augusto Reis Caxeixa

Maio/2019

Orientador: Edinaldo José de Souza Cunha

Área de Concentração: Engenharia de Processos

A grande quantidade de resíduos sólidos orgânicos, oriundos da indústria de pesca, constitui um sério problema socioambiental. O tratamento de resíduos sólidos orgânicos, como os resíduos dos frigoríficos de pescados, possui um grande potencial de reaproveitamento, podendo gerar subprodutos que atendam tanto aspectos ambientais quanto econômicos. Procurou-se estudar e propor formas de tratar os resíduos oriundos do processamento de pescado do Frigorífico Frigopeixe, visando dar um destino sustentável a esse material de modo a atingir a meta de zerar o descarte desses resíduos no aterro sanitário do município de Tefé, sem onerar significativamente a empresa. Foram estudados, em particular, três técnicas de reaproveitamento de resíduos de pescados: a compostagem, a silagem e farinha de peixe. No estudo, levou-se em consideração a produção da empresa por safra de 969 toneladas em média e quantidade de resíduos gerados de 171 toneladas, em média, a amplitude da técnica no reaproveitamento do resíduo, o custo de implantação, período de armazenagem, manutenção e retorno do investimento, além do ganho socioambiental com essa implantação. Cada uma das técnicas estudadas apresentou grandes potenciais de reaproveitamento dos resíduos, porém a produção de farinha de peixe mostrou-se bastante onerosa em sua instalação e manutenção tornando-se, inicialmente, inviável. As outras duas técnicas têm um perfil mais adequado com as dimensões da produção e investimento da empresa, podendo ser feita uma implantação conjunta, sendo uma

técnica complementar da outra no reaproveitamento dos resíduos, a compostagem e a silagem.

Abstract of Dissertation presented to PPGE/UFPA as a partial fulfillment of the requirements for the degree of Master in Process Engineering (M. Eng.)

**FEASIBILITY STUDY OF IMPLEMENTATION OF THE RESOURCE
IMPLEMENTATION OF FRIGORIFICO FRIGOPEIXE WASTE IN AMFÉ**

Luiz Augusto Reis Caxeixa

May/2019

Advisor: Edinaldo José de Souza Cunha

Research Area: Process Engineering

The large amount of organic solid waste from the fishing industry is a serious socio-environmental problem. The treatment of organic solid wastes, such as the residues of the fish slaughterhouses, has a great reutilization potential, being able to generate by-products that attend both environmental and economic aspects. The aim was to study and propose ways to treat the fish processing residues from Frigopeixe Frigorífico, aiming to provide a sustainable destination for that material in order to achieve the goal of decrease to zero the disposal of those residues in the sanitary landfill of the city of Tefé, without burden the company. In particular, three techniques of reuse of fish waste were studied: composting, silage and fish meal. The study took into account the company production per harvest of 969 tons, on average, and waste generated quantity of 171 tons, on average, the extent of the technique in the reuse of the waste, the cost of implantation, period of storage, maintenance and return on investment, as well as the socio-environmental gain with that implementation. Each of the techniques studied presented great potentials of reuse of the residues, but the production of fish meal proved to be very expensive in its installation and maintenance, becoming, initially, not feasible. The other two techniques have a more adequate profile with the production and investment dimensions of the company, being able to be made a joint deployment, being a technique complementary to the other in the reuse of waste, composting and silage.

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO.....	1
1.1 - MOTIVAÇÃO.....	1
1.2 - OBJETIVOS.....	2
1.2.1 - Objetivo geral.....	2
1.2.2 - Objetivos específicos.....	2
1.3 - ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO.....	3
CAPÍTULO 2 - REVISÃO DA LITERATURA.....	4
2.1 - PROCESSOS.....	4
2.1.1- Processos industriais.....	4
2.2 - INDÚSTRIA FRIGORÍFICA DE PESCADO.....	5
2.3 - RESÍDUOS DOS PROCESSOS AGROINDUSTRIAIS.....	6
2.4 - RESÍDUOS DA INDÚSTRIA DE PESCADO.....	8
2.5 - RESÍDUOS DO FRIGORÍFICO FRIGOPEIXE.....	11
2.6 - BENEFICIAMENTO DO RESÍDUO DE PEIXE.....	12
2.6.1 - Transformação do resíduo em adubo.....	14
2.6.1.1 - A compostagem.....	14
2.6.1.2 - O processo de decomposição.....	16
2.6.1.3 - A composteira.....	18
2.6.1.4 - Vantagens e cuidados.....	19
2.6.2 - Proteína animal.....	20
2.6.2.1 - Farinha de peixe.....	20
2.6.2.2 - O processo da farinha de peixe.....	21
2.6.2.3 - Vantagens e cuidados.....	23
2.6.3 - Proteína de pescado liquefeita.....	24
2.6.3.1 - Silagem.....	24
2.6.3.2 - O processo de silagem.....	25
2.6.3.3 - Vantagens e cuidados.....	28
CAPÍTULO 3 - MATERIAIS E MÉTODOS.....	31
CAPÍTULO 4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	33
4.1 - FRIGORÍFICO FRIGOPEIXE DA AMAZÔNIA LTDA.....	33
4.2 - O PROCESSO INDUSTRIAL DO FRIGORÍFICO FRIGOPEIXE.....	34

4.3 - ESPAÇOS EXISTENTES.....	45
4.4 - RESÍDUOS GERADOS.....	46
4.5 - ANÁLISE DOS TRATAMENTOS DE RESÍDUOS.....	50
4.5.1 - Compostagem.....	51
4.5.1.1 - Local da compostagem.....	51
4.5.1.2 - Local de instalação da composteira.....	53
4.5.1.3 - Fonte de composto orgânico rico em carbono.....	54
4.5.1.4 - O processo da compostagem.....	56
4.5.1.5 - O composto final.....	58
4.5.1.6 - Impacto ambiental.....	58
4.5.1.7 - Destino do produto.....	58
4.5.2 - Silagem.....	59
4.5.2.1 - Materiais e métodos usados na silagem.....	59
4.5.2.2 - O produto final da silagem.....	62
4.5.2.3 - Impacto ambiental.....	63
4.5.2.4 - Destino do produto.....	63
4.5.3 - Farinha de pescado.....	64
4.5.3.1 - O processo da proteína animal.....	64
4.5.3.2 - O resultado do processo.....	66
4.5.3.3 - Impacto ambiental.....	66
4.5.3.4 - Destino do produto.....	66
CAPÍTULO 5 - CONCLUSÕES E SUGESTÕES.....	68
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	70
ANEXO I - QUESTIONÁRIO SOBRE REAPROVEITAMENTO DOS RESÍDUOS DE PESCADO DO FRIGORÍFICO FRIGOPEIXE.....	74

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1	Fluxograma do balanço de massa do processo industrial.....	8
Figura 2.2	Composteira para reciclagem de resíduos sólidos da indústria de processamento de tilápias. A) Exterior da estrutura construída para a compostagem. B) Vista interna da composteira.....	18
Figura 2.3	Esquema de uma fábrica de obtenção da farinha e óleo de pescados.....	21
Figura 2.4	Preparo para moagem dos resíduos da filetagem de tilápias.....	26
Figura 2.5	Moagem dos resíduos da filetagem das tilápias.....	26
Figura 2.6	Pesagem dos resíduos moídos.....	27
Figura 2.7	Silos de plásticos, silagens elaboradas para um experimento, com adição de diferentes ácidos.....	27
Figura 2.8	Medição do ácido para ser adicionado à massa de resíduos.....	28
Figura 4.1	Fachada do frigorífico frigopeixe, no bairro do Abial, em Tefé-AM.....	33
Figura 4.2	Fluxograma do organograma administrativo do frigorífico frigopeixe.....	33
Figura 4.3	Sequência da produção de pescado do frigopeixe.....	35
Figura 4.4	Flutuante frigorífico, local do recebimento do pescado.....	35
Figura 4.5	Barco pesqueiro.....	36
Figura 4.6	Caixa de gelo do barco.....	36
Figura 4.7	Caixas utilizadas para fazer a primeira seleção do pescado.....	37
Figura 4.8	Evisceração de algumas espécies.....	38
Figura 4.9	Transporte do pescado da balsa flutuante à terra, via trilhos em carrinho de inox.....	38
Figura 4.10	Câmaras de gelo disponíveis no próprio flutuante.....	39
Figura 4.11	Passagens para a linha de produção, de acordo com o tipo de tratamento.....	39
Figura 4.12	Início da linha de produção.....	40
Figura 4.13	Filetagem da Aruanã (<i>Osteoglossumbicirrossum</i>) e envio para o congelamento.....	41

Figura 4.14	Resíduos oriundos da retiradas das vísceras e do filé de Aruanã.....	42
Figura 4.15	Pescado encaminhado para a câmara de congelamento.....	42
Figura 4.16	Produto armazenado em sacos de polipropileno e caixas de papelão.....	43
Figura 4.17	Embalagem do pescado, última etapa de beneficiamento do produto.....	43
Figura 4.18	Pescado é colocado em caixas de papelão, as informações são anotadas na embalagem, o volume é lacrado.....	44
Figura 4.19	Caminho percorrido pelo pescado do frigorífico ao barco.....	45
Figura 4.20	Imagem (A) externa do barco e (B) de uma das quatro de suas câmaras frigoríficas.....	45
Figura 4.21	Volume de pescado desembarco no triênio 2016 – 2018.....	46
Figura 4.22	Volume de pescado processado no triênio 2016 – 2018.....	47
Figura 4.23	Volume de resíduos gerados pelo Frigopeixe no triênio 2016 – 2018.....	47
Figura 4.24	Volume de resíduos gerados pelo Frigopeixe no triênio 2016 – 2018.....	48
Figura 4.25	Resíduos originados desde a retirada das vísceras e cabeça, da limpeza das escamas e do corte do filé de aruanã.....	48
Figura 4.26	Resíduo descartado durante o empacotamento do produto.....	49
Figura 4.27	Aterro sanitário da cidade de Tefé.....	50
Figura 4.28	Composteira em sistema de tábuas corrediças para a reciclagem de resíduos orgânicos. A) Desenho da estrutura sugerida para compostagem de resíduos orgânicos. B) Exemplo de uma composteira de resíduos orgânicos em sistemas de tábuas corrediças.....	51
Figura 4.29	Custo da construção de uma composteira de 100 m².....	53
Figura 4.30	Local com potencial para abrigar as instalações da compostagem, anexa ao frigorífico.....	54
Figura 4.31	A) Marcenaria Santa Tereza; B) Maravalha, resíduos da marcenaria.....	55
Figura 4.32	Antigo depósito da serraria Celani.....	55

Figura 4.33	Disposição das fontes de nitrogênio e carbono em compostagem de resíduos de peixes. Esquema para alternância entre os materiais orgânicos dentro de uma leira de compostagem.....	56
Figura 4.34	Custo por item do processo de compostagem.....	57
Figura 4.35	Fluxograma de obtenção de silagem química.....	60
Figura 4.36	Custo por item para a implantação do método da silagem.....	61
Figura 4.37	Custo relativo de cada item no processo da silagem.....	62
Figura 4.38	Custo por item dos equipamentos para fábrica de farinha de peixe.....	65
Figura 4.39	Fluxograma do processo da Hydro Alunorte.....	
Figura 4.40	Fluxograma do processo da Hydro Alunorte.....	

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1	Produção mundial de pescado em 2009.....	6
Tabela 2.2	Percentual dos diferentes tipos de resíduos em relação ao pescado inteiro.....	10
Tabela 2.3	Fases do processo de compostagem segundo a ação de micro- organismo.....	17
Tabela 4.1	Produção de pescado e resíduo do frigorífico Frigopeixe em 2016, 2017 e 2018.....	46
Tabela 4.2	Custo dos itens e mão de obra para construção de composteira de 100m ²	52
Tabela 4.3	Custo do processo de compostagem por safra.....	57
Tabela 4.4	Estimativa do custo da implantação do método da silagem.....	60
Tabela 4.5	Custo por item do processo de silagem de pescado.....	61
Tabela 4.6	Custo da implantação de uma fábrica de farinha de peixe.....	65

NOMENCLATURA

ABNT	ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS
BPF	BOAS PRÁTICAS DE FABRICAÇÃO
CEMPRE	COMPROMISSO EMPRESARIAL PARA RECICLAGEM
FAO	ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA ALIMENTAÇÃO E AGRICULTURA
H&G	PEIXE SEM CABEÇA E SEM PELE
NBR	NORMA BRASILEIRA
PCC	PONTO DE CRÍTICO CONTROLE
PNRS	POLÍTICA NACIONAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS
SIF	SERVIÇO DE INSPEÇÃO FEDERAL

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

1.1 - MOTIVAÇÃO

Segundo o Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil/2016, quase 60 % dos municípios brasileiros destinam seus resíduos sólidos para locais inadequados. Consta ainda no panorama que 76,5 milhões de pessoas sofrem as consequências da falta de tratamento adequado desse lixo (ECO CONSULTORES, 2019).

O tratamento de resíduos sólidos orgânicos, como os resíduos dos frigoríficos de pescados, possui um grande potencial de reaproveitamento, podendo gerar subprodutos que atendam tanto aspectos ambientais quanto econômicos. O descarte feito de qualquer forma e em local inadequado pode gerar graves problemas de saúde, sanitários e ambientais. Dentre as várias origens de resíduos sólidos, a indústria é uma fonte que possui um destaque em virtude do tipo de resíduo e da quantidade gerada.

Algumas empresas vêm se preocupando com a destinação correta e o aproveitamento de resíduos de pescado, entretanto, ainda são poucas as iniciativas, e muitas indústrias quando não encaminham seus resíduos para fábricas que fazem seu reaproveitamento, descartam-no em aterros sanitários ou lixões a céu aberto, ou ainda lança-os diretamente no meio ambiente, muitas vezes nas adjacências dos próprios locais de processamento e comercialização, contribuindo com o aumento da contaminação ambiental, podendo ocasionar impactos negativos nos recursos hídricos, no solo e no ar (NASCIMENTO, 2013).

A implantação de métodos de tratamentos dos resíduos sólidos nas das indústrias é uma demanda pedida pela sociedade moderna. A implantação de tratamento de resíduo aparece como uma forma eficiente de contribuir na boa gestão de uma empresa, produzindo resultados importantes, como diminuição de resíduos descartados no meio ambiente e geração de mais dividendos econômicos.

Existem técnicas que podem ser utilizadas no tratamento de resíduos industriais e aquela a ser aplicada depende da atividade desenvolvida pela indústria e de alguns fatores tais como: material a ser tratado, logística a ser empregada, viabilidade de mercado para o subproduto, custo na implantação, manutenção e execução dos procedimentos do tratamento.

No caso particular do tratamento de resíduos de frigorífico de pescado, a literatura apresenta algumas técnicas que têm procedimentos e matérias específicos que geram produtos singulares.

O Frigorífico Frigopeixe da Amazônia, localizado no município de Tefé na Mesorregião Centro Amazonense, não possui um sistema de tratamento de resíduos sólidos ativo, destinando seus resíduos ao aterro sanitário do município. Então se faz necessário o estudo de técnicas de tratamento de resíduo de pescado existente, procurando identificar qual delas atenderia da melhor maneira os interesses do frigorífico nas questões ambientais e financeiras. Assim, é importante levantar dados a respeito das principais técnicas de tratamento de resíduo utilizada pela indústria de pesca de modo a propor a implantação de uma dessas técnicas visando zerar ou minimizar o volume de resíduos descartados diretamente no aterro sanitário municipal sem impactar de maneira considerável as finanças da empresa.

1.2 - OBJETIVOS

1.2.1 - Objetivo geral

Estudar a viabilidade da implantação de formas de reaproveitamento dos resíduos oriundos do processamento de pescado do Frigorífico Frigopeixe da Amazônia, visando dar um destino adequado a esse material de modo a atingir a meta de zerar o descarte desses resíduos no aterro sanitário do município de Tefé.

1.2.2 - Objetivos específicos

- Estudar as técnicas de tratamento de resíduos do processamento de pescado;
- Descrever as vantagens e desvantagens da aplicação de cada técnica no processo industrial do Frigorífico Frigopeixe;
- Estudar uma forma de tratamento de resíduo de pescado ao Frigorífico Frigopeixe que atenda seus interesses em questões ambientais;
- Identificar a viabilidade da implantação de cada técnica na infraestrutura atual do Frigorífico Frigopeixe.

1.3 - ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO

O capítulo 1 enfatiza as motivações que levaram ao estudo do tratamento de resíduos sólidos oriundos do processo industrial do Frigorífico Frigopeixe, em Tefé/AM, bem como os objetivos pretendidos neste trabalho.

O Capítulo 2 apresenta uma revisão da literatura e o estado da arte acerca de alguns processos de tratamentos de resíduos sólidos, como: compostagem para obtenção de húmus, a farinha de peixe, uma das formas de proteína animal, a silagem, uma proteína animal liquefeita, e as etapas envolvidas para a obtenção de cada uma delas.

O Capítulo 3 trata dos materiais e métodos utilizados para diagnosticar os problemas com a geração de resíduos, estudar formas de solucionar esses problemas e propor uma ou mais técnicas para o reaproveitamento desses resíduos.

A análise dos resultados e sua discussão são apresentadas no Capítulo 4, no que diz respeito à viabilidade de implantação de cada um das técnicas de tratamento dos resíduos sólidos do processo industrial e seu custo.

Finalmente, no Capítulo 5, são apresentadas as conclusões e sugestões de qual técnica se enquadra nas condições locais e a viabilidade para a implantação dessa técnica de tratamento de resíduo.

CAPÍTULO 2

REVISÃO DA LITERATURA

2.1 - PROCESSOS

2.1.1 - Processos industriais

Processos industriais são identificados como procedimentos que fazem parte da manufatura de um ou vários itens na fabricação em grande escala. Surgiram para que a qualidade, otimização de tempo, custo e outras variáveis pudessem ser melhoradas (GONÇALVES, 2011).

No início do século XIX, o Americano Henry Ford criou um processo de produção que revolucionou a indústria, com um processo que se baseava em etapas formadas por processos próprios para cada uma delas.

O norte americano Henry Ford criou a linha de montagem móvel, revolucionando a indústria automobilística, além fazer história na produção industrial. Esse método ficou conhecido como fordismo, em virtude de seu criador. Essa nova forma possibilitou a produção e o consumo em massa e uma nova maneira de administrar os trabalhadores (COELHO, 2001).

Esse novo processo propiciou um aumento significativo na produção industrial e, conseqüentemente, aumento do consumo de matéria prima e, por conseguinte, o aumento de resíduos desse processo.

Hoje, temos diversas definições de processo. Para o site Conceito.de (2018), processo é um conceito que admite várias acepções. Pode-se tratar das diversas etapas que há que atravessar para completar uma certa operação. Um processo, neste sentido, contempla a passagem por diferentes estados até alcançar a forma final de algo.

Por fim, o site FACTORY OF FACTORIES (2018) define que processos industriais são procedimentos que envolvem métodos elétricos, eletrônicos, produtos químicos ou mecânicos para executar a manufatura de um artigo ou itens, geralmente em grande escala.

Conforme definições acima, os processos industriais permitem a transformação de matéria prima em um produto com valor agregado, passando, para isso, por diversas

etapas que envolvem técnicas de naturezas diversas, desde uma limpeza da matéria prima até tratamentos químicos.

Uma grande parte dos processos industriais geram tanto produtos desejados finais quanto sub-produtos e muitos são de difícil tratamento posterior. Alguns poucos são "auto-contidos", permitindo o total aproveitamento de seus subprodutos e pouquíssimo tratamento de seus sub-produtos e resíduos (FACTORY OF FACTORIES, 2018).

2.2 - INDÚSTRIA FRIGORÍFICA DE PESCADO

Dentre os diversos tipos de indústria, chama-se atenção à indústria alimentícia, em especial os frigoríficos de pescado.

A indústria pesqueira é uma indústria muito forte em todo o mundo. O volume mundial total de pesca, em 2009, atingiu o valor de 146 milhões de toneladas, conforme divulgação do Ministério da Pesca e Agricultura (2010). Cerca de 70% da produção de pescado é para consumo humano, sendo o restante destinado à fabricação de farinha de peixe e de óleo, de acordo com ALMEIDA (2006).

O Brasil contribui com 1.240.813 toneladas, representando 0,86% da produção mundial de pescado. Os maiores produtores de pescado do mundo são: China, com aproximadamente 60,5 milhões de toneladas, Indonésia, com 9,8 milhões de toneladas, Índia, com 7,9 milhões de toneladas, e o Peru, com cerca de 7 milhões de toneladas (MINISTÉRIO DA PESCA E AGRICULTURA, 2010).

Dentro do contexto regional da América Latina, o principal produtor de pescado é o Peru. A maior parte do desembarque é da pesca marinha, principalmente a anchoveta do Peru, responsável pela grande produção peruana, de acordo com ALMEIDA (2006).

A produção de pescado no Brasil é dividida entre a pesca marinha, 51% (extrativista: costeira e oceânica) e a pesca continental, 49% (extrativista de água doce e aquicultura).

No Brasil, a Amazônia possui destaque nesse setor da indústria, em que os estados do Pará e Amazonas encontram-se entre os maiores produtores de pescado do Brasil.

À pesca extrativa continental nacional, alcançou 248.911 toneladas, sendo a Região Norte a maior produtora, com 55,7% da produção pesqueira de água doce

brasileira. Os estados do Amazonas e Pará foram responsáveis por 49% do total capturado nesta modalidade (NASCIMENTO, 2013).

Tabela 2.1 - Produção mundial de pescado em 2009.

Posição	País	Produção	%
1º	China	60.474.939	41,68
2º	Indonésia	9.815.202	6,76
3º	Índia	7.845.163	5,41
4º	Peru	6.964.446	4,8
5º	Japão	5.195.958	3,58
6º	Filipinas	5.083.131	3,5
7º	Vietnã	4.832.900	3,33
...	...	...	...
18º	Brasil	1.240.813	0,86

Fonte: Ministério da Pesca e Agricultura, 2010.

A indústria pesqueira no Amazonas tem sua base na grandiosidade da bacia amazônica com sua enorme diversidade de espécies e de alto valor comercial. O estado do Amazonas apresenta um parque industrial pesqueiro mediano, distribuído pelo estado, onde encontramos frigoríficos de portes variados desde a cidade de Tabatinga, na fronteira com Colômbia, passando por Tefé, no médio Solimões, até Itacoatiara, no médio Amazonas, além de Manaus.

Um volume significativo de pescado é desembarcado e processado pela indústria pesqueira. O parque industrial pesqueiro da Amazônia reúne cerca de 20 grandes frigoríficos, de acordo com ALMEIDA (2006).

2.3 - RESÍDUOS DOS PROCESSOS AGROINDUSTRIAIS

De forma geral, os resíduos são partes excedentes das atividades agroindustriais, sendo classificados como componentes gasosos, líquidos ou sólidos e que, quando lançados no meio ambiente sem o devido tratamento, poderão ocasionar sérias alterações nas características do ar, da água e do solo, tornando-se prejudiciais para toda a vida aquática e terrestre (LIMA, 2013).

Segundo a NBR 10.004 da Associação Brasileira de Normas Técnicas (2004) (ABNT), resíduos sólidos ou semisólidos são compostos resultantes das atividades da indústria, das residências, dos hospitais, do comércio e dos sistemas de produção

agrícola e animal. Ainda de acordo com sua classificação, os resíduos sólidos podem ser divididos em duas classes: classe I e classe II. Os resíduos da classe I são considerados materiais perigosos e que apresentam características físicas, químicas ou infectocontagiosas passíveis de transmitir riscos à saúde pública e ao meio ambiente. Os resíduos da classe II são denominados materiais não perigosos e podem ser divididos em: componentes com solubilidade em água e passíveis de biodegradação ou componentes não inertes, insolúveis no substrato em que estejam presentes (LIMA, 2013).

Geralmente, os resíduos da segunda classe são os que apresentam maior potencial para implantação de tecnologias de reaproveitamento nas agroindústrias. Por conseguinte, podem apresentar alta capacidade de valorização desde que inseridos em processos adequados de reutilização consciente. Considerando um exemplo prático de um entreposto de beneficiamento de pescado, são exemplos desta classificação: pele, escamas e carcaças ou espinhaços gerados após o processo de filetagem industrial (LIMA, 2013).

Gerenciar os resíduos gerados por todo e qualquer processo deve ser a meta de toda a sociedade, em particular da indústria, que produz uma significativa quantidade de resíduos, que muitas vezes necessitam de um tratamento especial para que não afete o meio ambiente e a saúde das pessoas. O tratamento dos resíduos industriais necessita de técnicas que são, em sua grande maioria, processos complexos, em virtudes do tipo de material e da grande quantidade.

A Política Nacional de Resíduos Industriais Sólidos (PNRS) do Brasil, Lei 12.305/2010, define o gerenciamento de resíduos sólidos no Inciso X, artigo 7º, como um: [...] conjunto de ações exercidas, direta ou indiretamente, nas etapas de coleta, transporte, transbordo, tratamento e destinação final ambientalmente adequada dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos, de acordo com plano municipal de gestão integrada de resíduos sólidos ou com plano de gerenciamento de resíduos sólidos exigidos na forma desta Lei (MMA, 2013).

A PNRS tem como objetivos principais: a não geração, redução, reutilização, reciclagem e tratamento de resíduos sólidos. Essa lei ainda estabelece que cada setor produtivo, elabore e execute um Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos (MARTINS, 2014).

A legislação brasileira aplicada aos resíduos industriais tem hoje o aparato na Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS). A PNRS, a qual surgiu com novas

providências, alterando a lei 9.605/98. Compondo uma série de diretrizes e metas relativas à gestão integrada e ao gerenciamento ambiental adequado de resíduos sólidos (MINISTTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2004).

Dentre suas principais metas, está a extinção dos lixões e a exigência de que todo resíduo deverá ser processado apropriadamente antes da destinação final, incluindo os perigosos, e propõe um conjunto de regras que visam o cumprimento de seus objetivos em amplitude nacional, inclusive a aplicação de punições severas como penas passivas de prisão àqueles que não a cumprirem (MARTINS, 2014).

É inerente aos processos de fabricação, seja em qualquer etapa, a geração de resíduos como um subproduto na forma de rejeito. Os resíduos industriais são gerados tanto nos processos produtivos quanto nas atividades auxiliares, como manutenção, operação de área de utilidades, limpeza, obras e outros serviços (PHILIPPI Jr, 2005). A saída do resíduo na forma de rejeito e matérias-primas secundárias pode ser demonstrada através do fluxo padrão de entrada e saída de um processo de fabricação (Figura 2.1) (MARTINS, 2014).

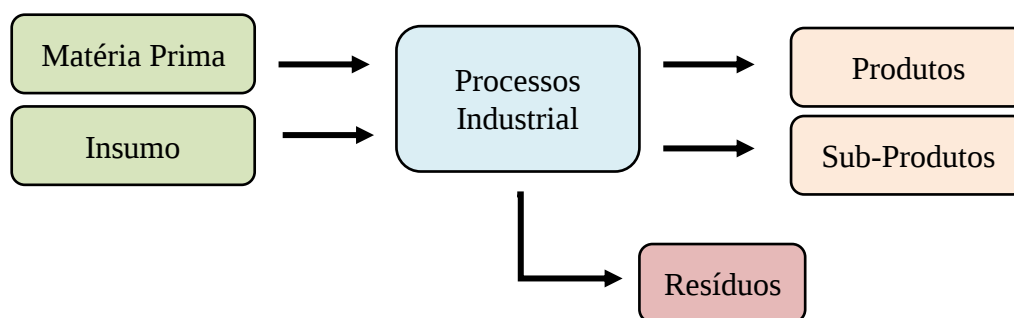


Figura 2.1 - Fluxograma do balanço de massa do processo industrial.
Fonte: Martins, A. G. (2014).

2.4 - RESÍDUOS DA INDÚSTRIA DE PESCADO

A indústria de beneficiamento pesqueiro gera muitos resíduos durante o processamento do pescado. Estes resíduos, quando descartados nas imediações, tornam-se um problema ambiental em função da poluição do meio, mau cheiro e das consequências (LINS, 2011).

Segundo MELO (2011), diariamente é gerado grande quantidade de resíduos sólidos orgânicos, pela agroindústria de beneficiamento de pescado, material descartado inadequadamente em aterros sanitários, devido ao restrito conhecimento do setor

pesqueiro e de órgãos governamentais sobre procedimentos tecnológicos e sanitários para aproveitamento destes resíduos.

Esses resíduos são enquadrados segundo a NBR 10.004 (ABNT, 2004), em resíduos sólidos da classe II, como por exemplo: pele, escamas e carcaças ou espinhaços.

Embora seja um material degradável, quando lançado em enorme quantidade nos rios, como acontece na época da safra, no Amazonas, onde toneladas de pele de peixe são jogadas nos rios por dia, causa danos ao meio ambiente e desequilibra o ecossistema (ARRUDA, 2004).

De acordo com PITTIGLIANI (2014), os resíduos da agroindústria de pescado podem ser direcionados para várias modalidades de aproveitamento, como consumo humano, consumo animal (rações), adubos orgânicos e óleo rico em Omega-3.

De acordo com a Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO) (2018), o consumo de pescado no mundo cresce em média 1,5% a.a. com um consumo médio de 20,5 kg por pessoa em 2017.

Ainda PITTIGLIANI (2014), afirma que o aumento do consumo de produtos obriga as indústrias alimentícias a desenvolver processos mais complexos sobre a matéria-prima para dispô-la no mercado com maior atratividade. Para isso é usado grande quantidade de recursos naturais que acabam gerando resíduos com potencial poluidor ao meio ambiente, caso não sejam tratados adequadamente.

PITTIGLIANI (2014) também classifica para os resíduos sólidos da indústria pesqueira em dois grupos considerados adequados ou não adequados para produção de subprodutos utilizados na alimentação humana. As vísceras, escamas e o esqueleto, por exemplo, são matérias-primas da fabricação das farinhas, silagens e óleos de peixe, comumente empregados na alimentação animal. A carcaça contendo carne residual da filetagem, por sua vez, é submetida a processos para obtenção da polpa de peixe, principal ingrediente na fabricação de empanados e embutidos, muito apreciados na alimentação humana e com excelente valor agregado.

Durante o processamento dos pescados, o rendimento de carcaça dos peixes varia em função de alguns fatores como: espécie, tamanho de abate, sexo, tipo de corte, época de abate, eficiência dos funcionários, dentre outros. Há pouco aproveitamento da carne comestível e um índice alto de desperdício de resíduos recuperáveis, que são predominantemente vísceras, cabeças, ossos, pele e escamas, os quais poderiam estar sendo utilizada como silagem, farinha de peixe ou fertilizante. No entanto, a maioria das

empresas do gênero de processamento alimentício acaba descartando esses subprodutos de forma irracional, o que resulta em poluição ambiental e perda de subprodutos que agregariam valor à produção (CINTRA, 2014).

As cabeças, escamas, peles, vísceras e carcaças (esqueleto com carne aderida) são os principais resíduos do processamento de pescado. Dependendo da espécie de peixe processada e do produto final obtido pelo frigorífico, estes resíduos podem representar algo entre 8 a 16% (no caso do pescado eviscerado) e 60 a 72% (na produção de filés sem pele), segundo a revista Panorama da Aquicultura (2018).

Tabela 2.2 - Percentual dos diferentes tipos de resíduos em relação ao pescado inteiro.

Resíduo	Em geral (%)
Víscera	8 – 16
Pele limpa	2 – 6
Escamas	2 – 4
Cabeça	12 – 25
Esqueleto com carne aderida	30 – 35

Fonte: Panorama da Aquicultura (2018).

De acordo com a análise dos destinos dos resíduos declarados por empresas do Sul do Brasil, foram relatados que 68% destes são encaminhados às indústrias de farinha de pescado, 23% são encaminhados ao aterro sanitário municipal e 9% são despejados diretamente nos rios, constituindo assim um grave impacto ambiental (LEITÃO e FAVACHO, 2015).

O aproveitamento de rejeitos para a minimização do impacto ambiental vem sendo utilizado cada vez mais pelas indústrias, sendo que na indústria do pescado grande parte do material processado é descartado como resíduo. A utilização desse material no enriquecimento de alimentos, além de minimizar os problemas ambientais, traz grandes benefícios para a alimentação humana. A fortificação dos alimentos por resíduos do pescado vem sendo cada vez mais empregada em diversos estudos (LEITÃO e FAVACHO, 2015).

É de grande importância o aproveitamento de resíduos para evitar os desperdícios, reduzir os custos de produção do pescado e a poluição ambiental. A criação de alternativas tecnológicas, com valor agregado que permitam o gerenciamento

dos resíduos de pescado, podem trazer como resultado o combate à fome, à geração de empregos e ao desenvolvimento sustentável (LEITÃO e FAVACHO, 2015).

Uma das fontes de resíduo é o descarte de peixes durante as classificações e despescas, quando eles não atingem o tamanho comercial, chamado de resíduo da produção. Outro tipo é o resíduo da industrialização.

Quando lançados no meio ambiente sem o devido tratamento, esses resíduos poderão ocasionar sérias alterações nas características do ar, da água e do solo, tomando-se prejudiciais para toda a vida aquática e terrestre (LIMA, 2013).

2.5 - RESÍDUOS DO FRIGORÍFICO FRIGOPEIXE

O Frigorífico Frigopeixe da Amazônia Ltda é um entreposto de pescado localizado no município de Tefé/AM e adota de acordo com seu Manual de Autocontrole (SANTOS e FRANCILENE, 2015), um conjunto de medidas que devem ser adotados pelas indústrias de alimentos a fim de garantir padronização através de procedimentos, métodos de fabricação, condições de instalações, equipamentos e manutenções, critérios de segurança, bem como matérias-primas, embalagem, estocagem e aspectos relativos ao meio ambiente, para garantir a qualidade e segurança dos produtos.

O manual define como resíduo todos os materiais a serem descartados, oriundos da área de obtenção e das demais anexas de um determinado ambiente. Os resíduos provenientes das operações de produtos são coletadas em monoblocos e armazenadas na câmara de resíduos, localizada na área externa, então mantidos em temperatura ideal de forma a evitar ou minimizar a decomposição. Tais resíduos são encaminhados ao aterro sanitário do município.

Em seu manual, a empresa propõe-se a tratar seus resíduos sólidos utilizando a compostagem, que define da seguinte forma: é o conjunto de técnicas aplicadas para controlar a decomposição de materiais orgânicos, com a finalidade de obter, no menor tempo possível, um material estável, rico em húmus e nutrientes minerais.

A bioconversão do material residual, com consequente aproveitamento deste, trará vantagens econômicas para a indústria processadora de pescado, além de sanar o grande problema de eliminação de resíduos, matéria poluente e de difícil descarte. O descarte direto desses resíduos em aterros sanitários e lagoas de tratamento de efluentes não são alternativas recomendáveis devido ao odor desagradável que provocam nas

áreas costeiras ou nas águas interiores, muitas vezes exploradas como pólos de lazer. (ARRUDA *et al.*, 2018).

2.6 - BENEFICIAMENTO DO RESÍDUO DE PEIXE

Existem muitos estudos para redução do volume de lixo que é lançado diariamente no meio ambiente, contudo, desde o fim da década de 60, muitos pesquisadores vêm propondo soluções para o aproveitamento de vários tipos de resíduos oriundos de indústrias pesqueiras, os quais chamam atenção por serem importantes no setor de produção de alimentos e ração para animais (OLIVEIRA *et al.*, 2012).

As formas usuais de recuperação e utilização de resíduos do pescado, conforme MAIA e SALES (2013) são destacadas a seguir:

Isclas: O uso mais antigo. Isca de peixes para crustáceos ou outros peixes.

Alimentos para animais de estimação: Resíduos de atum e salmão são usados para elaboração de alimentos enlatados para gatos. Nesta aplicação também se incluem a fauna acompanhante e as espécies de baixo valor comercial.

Farinha de pescado: As indústrias de farinha de pescado são empreendimentos de grande porte, consolidados e com importante participação no mercado internacional, sendo praticamente impossível para uma indústria de pescado produzir, com rentabilidade, a farinha a partir de seus próprios resíduos.

Outras farinhas: Farinhas de crustáceos. Contém 25 a 35% de proteína, além de quitina e carbonato de cálcio.

Quitina e quitosanos: Quitina é um polissacarídeo composto de poli-N-acetil-D-glucosamina e o quitosano é o derivado desacetilado da quitina. Sua principal aplicação é na indústria farmacêutica e na floculação de resíduos sólidos da indústria de alimentos, a produção requer investimento inicial alto.

Silagem de pescado: Também chamado de pescado liquefeito, é o produto resultante da autólise de pescado inteiro triturado ou de resíduos mantidos sob determinadas condições de acidez. O processo é relativamente simples, sendo necessária apenas a trituração do material, adição de ácidos (fórmico, propiônico, sulfúrico) ou enzimas e um recipiente para misturar. O investimento de capital é mínimo; podendo ser realizado em pequena ou grande escala, e o produto final é digerido com solubilidade de 60 a 80%. A fração lipídica por aquecimento pode ser extraída entre 60 e 70° C, com posterior decantação ou centrifugação. Pode ser utilizado como alimento líquido para

porcos, gados, aves e, uma vez seco, resiste a estocagem por tempo prolongado para utilização em rações para animais.

Compostagem aeróbica: Trata-se de um processo de baixo custo, apropriado para grandes e pequenos volumes de material residual. O tempo de processo está na faixa de uma a duas semanas, resultando um produto estável e inodoro. Na presença de carboidratos, acelera-se a degradação. As pilhas devem ser viradas frequentemente para permitir a oxigenação do material e reduzir odores. Observa-se uma redução de 20 a 40% do conteúdo de sólidos na medida em que o carbono é convertido para formação do gás carbônico. O conteúdo de nitrogênio e cinzas cresce com a matéria seca. Adubos de pescado têm alto teor de nitrogênio, sendo adequados para fertilização. A compostagem aeróbica também pode ser usada na alimentação animal.

Compostagem para fertilização: Os resíduos de pescado podem ser utilizados para compostagem destinada à produção de cogumelos. A adição de nitrogênio orgânico e óleos vegetais polinsaturados à mistura aumentam o rendimento da produção de cogumelos, notadamente com utilização de óleos de pescado e solúveis de pescado.

Compostagem anaeróbica: Digestão sem oxigênio. Destinado à produção de metano (CH₄) combustível e alimento de uso animal.

Proteína de unicelulares: A produção de proteína de organismos unicelulares alimentados com óleos ou resíduos do pescado, testada experimentalmente, apresenta baixa qualidade da proteína da biomassa produzida.

Hidrolisados de pescado: Usados como peptonas em microbiologia. O processo é tecnologicamente complexo e de alto custo.

Recuperação de fragmentos comestíveis: Utiliza desossadores mecânicos para recuperação de tecidos musculares aproveitáveis do pescado. Estas máquinas recuperam 55 a 65% do tecido muscular, contra os 40 a 42% da filetagem. Utilizado em embutidos e surimi, e outros produtos a base de triturados.

Fertilizantes: O pescado liquefeito pode ser usado como fertilizante de baixo custo.

Óleos de pescado: Têm seu uso na fabricação de margarinas e óleos de cozinha, atuando como fonte vitamínica e de ácidos graxos polinsaturados da série ômega 3, com propriedades terapêuticas e profiláticas.

Uma estratégia atrativa para a utilização de resíduos é a reciclagem para a produção de biomassa para adubo, mediante utilização de microrganismos como agentes biológicos: bactérias, fungos e algas (MAIA e SALES, 2013).

Das diversas técnicas de tratamentos dos resíduos da indústria pesqueira, há três que são mais difundidas: compostagem, farinha de pescado e silagem. Segue a descrição de cada uma delas.

2.6.1 - Transformação do resíduo em adubo

2.6.1.1 - A compostagem

A palavra “composto” vem de muito tempo sendo utilizada para designar o fertilizante orgânico preparado pelo amontoamento de restos animais e vegetais, ricos em substâncias nitrogenadas, misturados com outros resíduos vegetais pobres em nitrogênio e ricos em carbono (KIEHL, 1998). A mistura desses materiais orgânicos tem por finalidade sujeitá-los a um processo de compostagem que conduza essas matérias-primas, por processo de decomposição microbiológica, ao estado de parcial ou total humificação.

Segundo o Dicionário do Aurélio, compostagem é um processo biológico que consiste em deixar fermentar os resíduos agrícolas e urbanos, misturados ou não em terra vegetal.

O processo da compostagem é uma técnica que existe já há um bom tempo, que começa a se popularizar, com uma maior preocupação com o meio ambiente. É um processo usado pelos agricultores há algum tempo, que usam a técnica no tratamento dos resíduos doméstico para obtenção de fertilizante orgânico (ECYCLE, 2015).

A compostagem é um processo biológico, aeróbio e controlado de transformação de resíduos orgânicos em substâncias húmicas mediada por micro-organismos benéficos tais como fungos e bactérias (LIMA, 2013).

Segundo ROSSI (2015), a compostagem pode ser definida como um processo de decomposição da matéria orgânica pela ação de fungos, bactérias e outros microrganismos, que agindo em ambiente aeróbio, na presença de água, transformam matéria orgânica em composto orgânico, conhecido e comercializado também como húmus.

De acordo com CINTRA (2014), a compostagem é definida como um processo biológico, aeróbio, controlado, por meio do qual se consegue a humificação do material orgânico obtendo-se, como produto final, o composto orgânico.

Ainda segundo CINTRA (2014), a compostagem é uma técnica muito antiga usada como alternativa de destino para resíduos facilmente biodegradáveis, sendo assim um processo que emprega processos químicos, físicos e biológicos nos quais organismos, como bactérias e fungos, degradam a matéria orgânica, estabilizando-as.

Para ROSSI (2015), a compostagem é definida como um processo aeróbico controlado, desenvolvido por uma população diversificada de microrganismos, efetuada em duas fases distintas: a primeira quando ocorrem as reações bioquímicas mais intensas, predominantemente termofílicas e uma segunda fase de maturação, quando ocorre o processo de humificação.

Para o Compromisso Empresarial para Reciclagem (CEMPRE) (2010), a compostagem é um processo de decomposição biológica natural de materiais orgânicos, de origem animal e vegetal, pela ação de microrganismos. O processo ocorrerá sem a necessidade de adição de qualquer espécie de material químico ou biológico à massa de resíduos.

Quando este processo de decomposição microbiana, de oxidação de uma massa heterogênea de matéria orgânica é desenvolvido de uma forma controlada é denominado de compostagem. Nesse processo ocorre uma aceleração da decomposição aeróbica dos resíduos orgânicos por populações microbianas, pois são oferecidas as condições ideais para que os microrganismos decompositores se desenvolvam (temperatura, umidade, aeração, pH, tipo de compostos orgânicos existentes e tipos de nutrientes disponíveis) (ROSSI, 2015).

ROSSI (2015) define compostagem como sendo o processo natural de decomposição biológica de materiais orgânicos (aqueles que possuem carbono em sua estrutura), de origem animal e vegetal, pela ação de microrganismos.

A compostagem é um processo naturalmente controlado, pelo qual microrganismos benéficos (bactérias e fungos) transformam os resíduos orgânicos em produtos finais estáveis, com baixo risco ambiental e sanitário. A compostagem de resíduos animais consiste em misturar em porções equilibradas quatro elementos: maravalha ou palha de cereais, que servirá de substrato para fermentação e se transformará em fonte de carbono (KUBITZA e CAMPOS, 2006).

2.6.1.2 - O processo de decomposição

O processo de compostagem é desenvolvido em duas fases distintas, em que na primeira ocorre a degradação ativa e, na segunda, maturação (humificação) do material orgânico, ocasião em que é produzido o composto propriamente dito (CINTRA, 2015).

A Embrapa descreve o processo de compostagem em Documentos 1 (LIMA, 2013) como uma técnica que envolve a participação de quatro elementos básicos: fonte de carbono, material fermentativo, umidade e oxigênio. De acordo com esse manual, a fonte de carbono é representada por um resíduo vegetal seco. O pó de serra, a maravalha, as palhas de cereais e o bagaço de cana, são alguns exemplos. A sua escolha deve levar em consideração o custo-benefício, a disponibilidade e proximidade com o local da compostagem e a composição química do material (relação C/N). O material fermentativo é o ingrediente para a decomposição e, também, a principal fonte de nitrogênio no adubo orgânico. Peixes mortos, doentes ou descartados da produção aquícola e os resíduos provenientes das etapas do beneficiamento industrial (vísceras, escamas, carcaças e peles) são alguns exemplos de materiais fermentativos que poderiam ser indicados para a prática da compostagem. A umidade é considerada como agente catalisador das reações químicas e é introduzida no processo por meio da adição de água em proporções conhecidas. Por fim, o oxigênio, obtido com o revolvimento periódico do composto, é necessário para a manutenção do ambiente aeróbico, importante para as reações microbianas e para a prevenção de maus odores.

Em algumas situações, fontes alternativas de micro-organismos inoculantes (terra preta, esterco bovino, conteúdo ruminal, cama de frango ou outro inóculo comercial) podem ser agregadas ao composto orgânico para acelerar o processo de decomposição, principalmente na fase inicial, desde que o produtor tenha facilidade na sua obtenção e não exija onerosos custos adicionais. Porém essa prática é vista com reservas, uma vez que micro-organismos decompositores já estão presentes no ambiente natural e fazem parte do processo de compostagem sem a necessidade de suplementação (LIMA, 2013).

A transformação dos resíduos agroindustriais em adubo orgânico na composteira se inicia pela interação micro-organismos/substrato sob aeração periódica e umidade controlada. Inicialmente, açúcares, amido e as proteínas são decompostos, seguidos da hemicelulose, celulose e lipídeos. Nessa fase, a fermentação se instala, a temperatura se eleva e o período varia entre 25 e 60 dias, dependendo da quantidade de material

fermentativo depositado na composteira. Posteriormente, a temperatura diminui e a estabilização se completa com 60 dias. Após essa fase, o composto adquire característica homogênea, ausência de mau cheiro e cor escura, as quais não se possa mais distinguir os materiais introduzidos no início da atividade. Dessa forma, pode ser considerado pronto para aplicação em solo como fonte de nutrientes e/ou condicionadores de solo para diferentes culturas agrícolas (LIMA, 2013).

LIMA (2013) descreveu, ainda, o processo de compostagem em quatro fases: inicial, termófila, mesófila e maturação (Tabela 2.3). Durante essas etapas, alguns fatores influenciam fortemente a sucessão dos grupos de micro-organismos e são afetados por ela durante o andamento do processo de compostagem: conteúdo de oxigênio, conteúdo de água, relação carbono e nitrogênio do substrato, pH, potencial oxido-redução, transformações e pequenas perdas de nitrogênio, distribuição dos macro e microporos, densidade aparente e tamanho das partículas dos materiais.

Tabela 2.3 - Fases do processo de compostagem segundo a ação de micro-organismo.

Fase Inicial	⇒	Fase Termófila	⇒	Fase Mesófila	⇒	Maturação
As colônias de micro-organismos se expandem intensificando a decomposição com liberação de calor e elevação rápida da temperatura a 45° C no interior do material em até 24 horas.		Caracterizam-se pelas elevadas temperaturas entre 50° e 60°. Ocorre plena ação de bactérias termófilas, intensa degradação do material formação de água metabólica e manutenção da geração de calor e vapor d'água.		Ação da microbiota mesófila para decomposição de substâncias orgânicas mais resistentes intensas queda da temperatura e perda de umidade. Início da participação ativa de fungos e actinomicetos no processo de formação do composto.		Formação de substâncias húmicas, baixa atividade biológica e reduzida capacidade de auto-aquecimento. Aplicação no solo para liberação de nutrientes.

Fonte: INÁCIO e MILLER (2009).

A mistura dos elementos de forma equilibrada proporciona uma relação ideal de carbono e nitrogênio (C:N) de 23:1, aceita-se níveis de 15:1 a 35:1, e umidade de 55% (com extremos aceitáveis de até 60%). Quando esta combinação de condições e elementos ocorre de maneira adequada, há uma elevação da temperatura acima de 60°

C. A temperatura alcançada por este tipo de fermentação, combinada ao tempo de exposição ao calor, garante a destruição dos patógenos que possam estar presentes na compostagem e impede a proliferação de insetos e a invasão por predadores. Neste ambiente de alta temperatura, o resíduo animal é decomposto através de uma fermentação aeróbica, resultando na produção de água, dióxido de carbono, carbono e nitrogênio, com mínima liberação de odor (KUBITZA, 2006)

2.6.1.3 - A composteira

A implantação de uma composteira é bastante simples e exige baixo capital de investimento, entretanto, é necessário que se tome alguns cuidados para a boa prática da compostagem e para uma excelente qualidade do produto final. Uma estrutura básica consiste em preparar um recipiente onde os detritos orgânicos a serem decompostos serão depositados. Normalmente, podem ser utilizadas construções simples de madeira ou blocos de cimento objetivando-se uma maior produtividade (Figura 2.2). A utilização de tambores, galões, caixas de madeira ou telados de arame em forma de anel, também pode ser viabilizada, segundo LIMA (2013), porém com escala de produção reduzida.



Figura 2.2 - Composteira para reciclagem de resíduos sólidos da indústria de processamento de tilápias. A) Exterior da estrutura construída para a compostagem. B) Vista interna da composteira.

Fonte: KUBITZA e CAMPOS (2006).

A compostagem ainda pode ser feita ao ar livre em terreiros (formando leiras ou montes) ou estruturas especificamente construídas para tanto.

Alguns cuidados devem ser tomados quanto à localização da composteira. Locais passíveis de alagamento e com dificuldade de escoamento da água da chuva, regiões próximas de habitações humanas ou com algum tipo de processamento de

alimentos devem ser evitados. Durante os primeiros dias de compostagem, poderá haver proliferação de insetos atraídos pela liberação de forte odor característico da decomposição do material orgânico (LIMA, 2013).

A disposição das fontes de carbono e nitrogênio na composteira deve ser realizada alternadamente obedecendo a uma relação média de carbono: nitrogênio de 10:1 e substrato: carcaça de 70%: 30% (LIMA, 2013).

Primeiro, são adicionadas as fontes de carbono para forrar a base da composteira e, em seguida, os resíduos de pescado são dispostos sobre a camada de vegetais secos e cobertos novamente com essa mesma fonte de carbono. Por fim, adiciona-se uma quantidade de água na proporção de 13%. Deve-se tomar cuidado para que os resíduos de pescado nunca permaneçam ao ar livre e fora das leiras devendo-se, nesse caso, cobrir os resíduos de pescado com a fonte de vegetal seco a cada revolvimento (LIMA, 2013).

Ainda segundo LIMA (2013), a cal hidratada pode ser considerada um suplemento para o composto orgânico proveniente da compostagem. Entretanto, sua utilização requer cuidados na aplicação, ou seja, quando adicionados no composto ainda em decomposição, favorece o retardamento das atividades microbianas e a perda de qualidade do produto final.

Muitos estudos ainda devem ser conduzidos para apresentar diferentes formulações e custos de implantação adequados à realidade dos sistemas de produção aquícola. Essas informações são importantes para o sucesso dessa atividade que agrega valores às matérias-primas descartáveis e insere-se no conceito de produção sustentável (LIMA, 2013).

2.6.1.4 - Vantagens e cuidados

A compostagem apresenta algumas vantagens, como o baixo custo de investimento na estrutura, a simplicidade em sua execução, a manutenção do processo pouco oneroso e os resultados significativos, tanto ambiental como econômico.

A compostagem tem proporcionado diversas vantagens, principalmente se comparada a outras metodologias de tratamento de resíduos. As principais vantagens do processo de compostagem são: evita a poluição ambiental, fornece adubo de alta qualidade, melhora a qualidade de vida dentro da propriedade, custo baixo para funcionamento do projeto de compostagem, evita a propagação de insetos e odores

desagradáveis, é um processo que pode ser feito de acordo com o porte da propriedade e produção e o processo é independente de equipamentos mecânicos, energia elétrica ou combustível (CINTRA, 2014).

Ainda segundo CINTRA (2014), é uma atividade que tem sua aplicação relativamente simples, que faz uso de outras substâncias orgânicas que teriam seu descarte na natureza e não seriam aproveitados, como: sementes de algodão, capim pé de galinha, palha de feijão, ramos de mandioca, bagaço de cana-de-açúcar, esterco bovino, esterco ovino e esterco de aves.

A compostagem fornece um composto rico em nutrientes que, disposto no solo, atua como uma esponja retendo a umidade e mantendo as propriedades dos nutrientes. Logo, observa-se que a compostagem é um método utilizado para tratar a matéria orgânica sem causar nenhum impacto ambiental, permitindo tratamento e disposição final ambientalmente adequados desses resíduos, além de fácil desenvolvimento por qualquer pessoa (ROSSI, 2015).

2.6.2 - Proteína animal

2.6.2.1 - Farinha de peixe

A farinha de peixe é um produto sólido e seco, obtido através do cozimento, prensagem, secagem e moagem do pescado inteiro ou de resíduos originados da indústria pesqueira. Em função do seu valor protéico, esse produto é destinado para o enriquecimento e balanceamento de ração animal (LINS, 2011).

Segundo o Regulamento Industrial de Inspeção Sanitária de Produtos de Origem Animal (RIISPOA), define-se farinha de pescado o subproduto obtido pela cocção de pescado ou de seus resíduos mediante o emprego de vapor, convenientemente prensado, dessecado e triturado, podendo ser classificado em dois tipos: farinha de primeira qualidade, ou tipo comum, que deve conter, no mínimo, 60% de proteína e no máximo 10%, 8%, 5% e 2% de umidade, gordura, cloretos expressos em NaCl e areia, respectivamente; e farinha de segunda qualidade, que deve apresentar no mínimo 40% de proteína, e no máximo 10%, 10%, 10% e 3% de umidade, gordura, cloretos expressos em NaCl e areia, respectivamente (PITTIGLIANI, 2014).

2.6.2.2 - O processo da farinha de peixe

No processo de produção de farinhas, os resíduos são submetidos a um cozimento seguido de prensagem para remoção do óleo, secagem, moagem e ensacamento. Em média, são necessários cerca de 4 a 6 kg de resíduos para a obtenção de 1kg de farinha de peixe. Este percentual depende do grau de umidade da matéria-prima utilizada no processo (KUBITZA, 2006).

São utilizadas diversas matérias-primas que incluem diferentes espécies de pescado com baixo valor comercial, carcaças e peles provenientes da filetagem, escamas, esquirolas ósseas e vísceras. Na Figura 2.3, é possível observar as principais etapas envolvidas em um processo de obtenção da farinha de pescado que, segundo LIMA (2013), necessita de conhecimento teórico e experiência prática para se obter um maior rendimento e uma melhor qualidade.

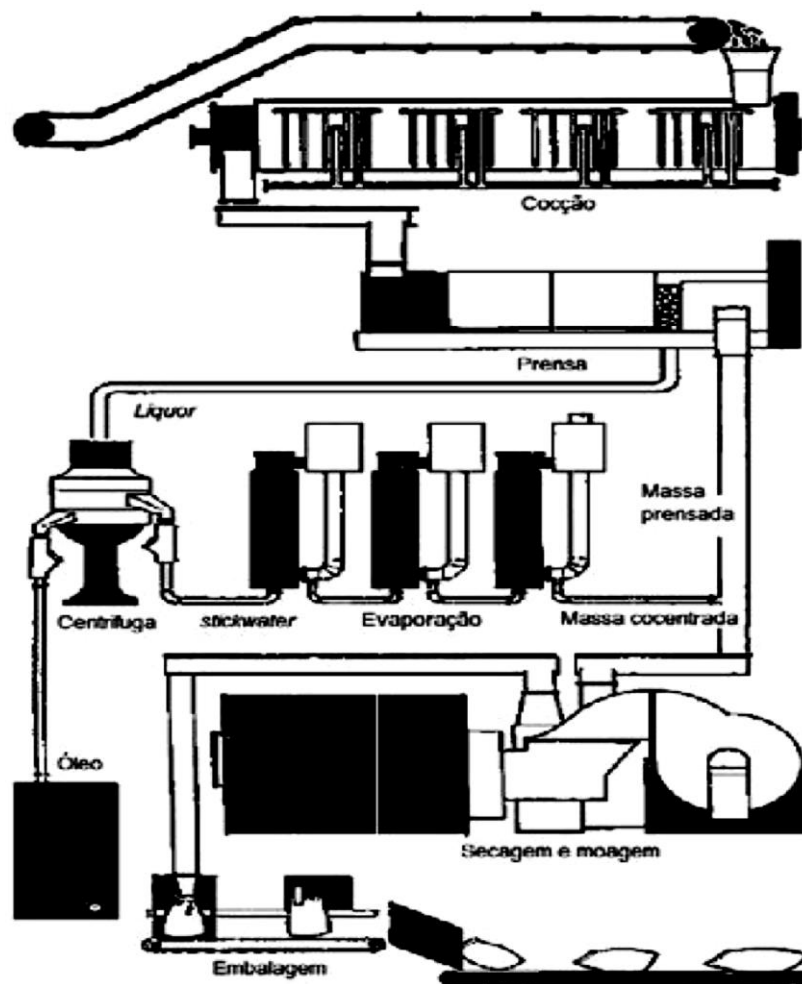


Figura 2.3 - Esquema de uma fábrica de obtenção da farinha e óleo de pescados.
Fonte: Windsor (2001).

De acordo com LINS (2011), a elaboração de farinha de peixe consiste nas seguintes etapas: cocção, prensagem, secagem e moagem. Observe em que consiste cada uma delas.

Cocção: nessa etapa é efetuado o cozimento com vapor sob pressão o que causa a desnaturação das proteínas e a ruptura da parede celular das bactérias, evitando a contaminação e a deterioração da farinha.

Essa etapa do processamento é considerada altamente crítica e a sua incompleta operação, seja por aquecimento incompleto ou excessivo, prejudicam a etapa posterior. Durante o processo, as proteínas do material trabalhado (resíduos de pescado) são coaguladas, parte da água é removida por evaporação e o óleo é liberado da massa cozida. Geralmente, os equipamentos de cocção possuem longos tubos cilíndricos contendo dispositivos para injeção de vapor sob pressão e sistemas de “rosca sem fim” para o transporte desse material (LIMA, 2013).

Prensagem: essa etapa tem como objetivo reduzir o teor de óleo e umidade na matéria-prima através da pressão física. Uma prensagem eficiente, além de facilitar a secagem, aumenta a vida útil da farinha. É importante ressaltar que a prensagem não deve ser aplicada bruscamente evitando que ocorra o rompimento dos tecidos físicos (LINS, 2011).

Na etapa da prensagem, pequenas perfurações presentes na prensa removem o óleo e a água do material aquecido. Esse liquor, assim denominado, pode seguir para uma centrífuga onde ocorre a separação do óleo que, posteriormente, é refinado e armazenado em silos específicos (LIMA, 2013).

Secagem: essa etapa tem como objetivo proteger o produto do ataque de bactérias e fungos. O produto é exposto ao vento quente de um secador, com alta temperatura (de 500° a 600° C na entrada e abaixo de 100° C na saída), com a finalidade de se reduzir a umidade a níveis inferiores a 12% física (LINS, 2011).

A secagem é outra etapa importante, pois dela dependem as características finais da farinha de pescado. Uma secagem muito alta, por exemplo, causaria perdas de nutrientes por ressecamento e o contrário, possibilitaria o desenvolvimento de bactérias, bolores e leveduras, ocasionando a rápida deterioração do produto. Existem dois tipos básicos de secadores: o direto e o indireto. Na secagem direta, o ar quente (aproximadamente 500°C) entra em contato com o material alocado em um tambor cilíndrico fazendo com que a água de constituição evapore e a temperatura do produto se mantenha em torno de 100°C. Na secagem indireta, o material é disposto em

cilindros contendo vapor aquecido para a eliminação dessa umidade excessiva. Além disso, neste sistema, nota-se que o forte odor característico da farinha é reduzido pela pouca utilização de ar quente (LIMA, 2013).

Moagem: essa etapa tem como objetivo reduzir o produto a partículas bem pequenas, tornando viável a sua mistura à ração. Além de facilitar a digestão do produto. Nessa etapa é feita a peneiragem, o que possibilita a obtenção de grânulos uniformes (LINS, 2011).

A moagem é realizada para quebrar todas as partículas maiores e transformá-las em um único material de característica farinácea e homogênea (LIMA, 2013).

LIMA (2013) descreveu sistemas de obtenção de farinha de peixe utilizando como matéria-prima os resíduos de tilápias processadas em indústrias brasileiras. Inicialmente, o resíduo é cozido em digestor com binômio tempo/temperatura de $110 \pm 10^\circ \text{C}$ por 1 hora e 30 minutos. Após o cozimento, o material segue para a caixa percoladora onde é rapidamente armazenado e separado do excesso de óleo por meio de uma peneira localizada na extremidade inferior do equipamento. Posteriormente, esse óleo segue para uma calha coletora e o restante da massa é dispensado na prensa para se obter a “torta prensa”, depositada no silo de resfriamento para posterior moagem e ensaque (PITTIGLIANI, 2014).

2.6.2.3 - Vantagens e cuidados

A transformação dos resíduos em proteína animal (ou farinha de peixe) é uma forma de aproveitamento que apresenta boa capacidade de agregar valor a esse material, se tornando subproduto relevante dentro do rol da empresa, podendo se tornar uma fonte financeira significativa para a empresa. Por outro lado, o alto valor no investimento inicial. Neste caso, seria um fator que dificulta a implantação dessa técnica, já que seria necessária a aquisição de alguns equipamentos e um espaço adequado para a produção da proteína animal.

O investimento em equipamentos e instalações e a inexistência de equipamentos destinados a pequenas produções restringem a produção de farinhas aos empreendimentos com grande volume de processamento. Informações levantadas com fabricantes de equipamentos e processadores indicam que o volume mínimo de produção que justificaria o investimento na produção de farinha de peixe seria ao redor de 4.000 a 5.000 kg/dia. Apesar de alguns frigoríficos de pescado no Brasil contarem

com suas próprias fábricas de farinha de peixe, o mais comum é a existência de produtores de farinha especializados que recolhem os resíduos do processamento de diversos frigoríficos. (KUBITZA, 2006).

A farinha de peixe é considerada um produto com baixo risco de deterioração bacteriana devido à sua baixa atividade de água e ao tratamento térmico realizado, o que permite sua estocagem sem a necessidade de refrigeração. Entretanto, o armazenamento precário e a falta de higiene na planta de processamento podem comprometer a sua segurança microbiológica (LIMA, 2013). A farinha é considerada como uma das fontes protéicas de origem animal de maior qualidade nutricional para a fabricação de ração para animais domésticos, sendo extremamente importante para a produção de rações de animais aquáticos, na qual normalmente acaba por constituir a base alimentar (ARRUDA, 2004; ROSSI, 2015).

2.6.3 - Proteína de pescado liquefeita

2.6.3.1 - Silagem

Segundo LINS (2013), silagem de pescado é um produto líquido resultante de um peixe inteiro, ou que esteja impróprio para consumo, ou de resíduos do beneficiamento (como vísceras, escamas, nadadeiras etc.). O processo de liquefação é feito a partir das enzimas presentes após a moagem do pescado e que pode durar dias e variar em função da temperatura.

Para MAIA e SALES (2013), o termo mais apropriado para silagem de pescado seria pescado liquefeito ou proteína de pescado liquefeita, ou ainda, concentrado protéico de pescado.

A silagem de pescado é definida como produto pastoso ou líquido, produzido a partir do pescado inteiro ou partes dele, ao qual tenham sido adicionados ácidos, e/ou enzimas, e/ou bactérias produtoras de ácido láctico e, onde a liquefação da massa tenha ocorrido basicamente pela ação de enzimas já presentes no pescado (ARRUDA *et al.*, 2018).

A silagem química de pescado é um produto líquido obtido a partir do pescado inteiro ou de partes residuais, ao qual é agregado um ácido, em que as próprias enzimas do pescado realizam a liquefação (MAIA e SALES, 2013).

2.6.3.2 - O processo de silagem

Basicamente, duas metodologias podem ser utilizadas na obtenção desse produto: a adição de ácidos minerais ou orgânicos (por exemplo: ácidos fórmico, sulfúrico, clorídrico, propiônico, fosfórico, dentre outros), que produz a silagem ácida ou química; o emprego de microrganismos produtores de ácido lático juntamente com uma fonte de carboidratos, que origina a silagem microbiológica ou fermentada.

De acordo com PIMENTA *et al.* (2008), a liquefação é conduzida pela atividade de enzimas proteolíticas naturalmente presentes nos peixes ou, a fim de acelerar o processo, adicionadas ao pescado (silagem enzimática). As silagens fermentadas são produzidas pelo processo de fermentação anaeróbica, através da adição de microrganismos (*Lactobacillus*) ou fontes de microrganismos (soro de queijo, resíduos de laticínios) e de uma fonte de carboidrato (por exemplo: melaço), para que o processo se inicie. A produção de ácido lático é importante por causar diminuição do pH (em torno de 4,0), inibindo, assim, o crescimento de alguns gêneros de bactérias (*Staphylococcus*, *Escherichia*, dentre outros) (PIMENTA *et al.*, 2008).

Na silagem ácida, os ácidos aceleram o processo, criando condições mais favoráveis de hidrólise para as enzimas, ajudando na dissolução dos ossos, além de impedir o desenvolvimento de bactérias putrefativas, resultando em um alimento de origem animal de alta qualidade com tempo de estocagem relativo. Após a liquefação do material ensilado, pode-se proceder à remoção do óleo para dotar o produto de maior estabilidade para uso na alimentação animal (MAIA e SALES, 2013).

Será apresentada uma das metodologias utilizadas para elaboração da silagem ácida de pescado. Neste processo, deve-se aproveitar o resíduo disponível imediatamente após o descarte. A matéria-prima deve ser moída (Figuras 2.4 e 2.5) e homogeneizada à temperatura ambiente. Em seguida, a massa homogeneizada e pesada (Figura 2.6) é distribuída em quantidades conhecidas, nos recipientes apropriados (os quais podem ser silos de plástico – Figura 2.7), onde será adicionado o ácido ou a combinação de ácidos, para promover autólise e abaixamento de pH. O procedimento mais comum é a adição de 3% de ácido fórmico (peso/volume) (Figura 2.8). É importante revolver a mistura para que o material entre em contato com o ácido, pois, caso isso não ocorra, poderá haver putrefação.



Figura 2.4 - Preparo para moagem dos resíduos da filetagem de tilápias.
Fonte: PIMENTA, 2008.

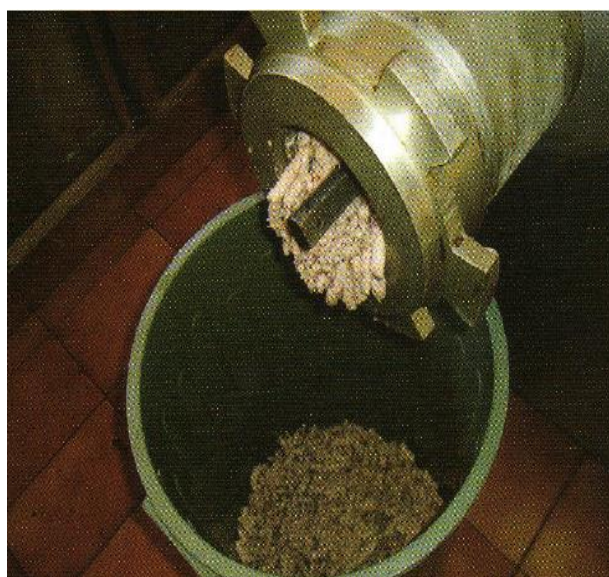


Figura 2.5 - Moagem dos resíduos da filetagem das tilápias.
Fonte: PIMENTA, 2008.

Após a mistura inicial, o processo de ensilagem começa naturalmente, mas o revolvimento diário proporciona uma maior uniformidade do produto. Os recipientes devem ser mantidos à temperatura ambiente e o pH deve ser monitorado diariamente e mantido próximo de 4,0 (valores muito diferentes resultarão em putrefação da massa).

Resumindo, o processo de ensilagem ácida do resíduo de pescado consiste em acidificar o pH da massa triturada, deixando livre a ação das enzimas próprias dos

tecidos, que terminam liquefazendo o produto. A silagem de pescado é acidificada a um pH entre 3,9 e 4,2 e, em três dias, a uma temperatura ambiente de 27°C a 30°C, liquefaz-se suficientemente, restabelecendo a camada de lipídios e conservando a atividade enzimática por muitos meses (PIMENTA, 2008).

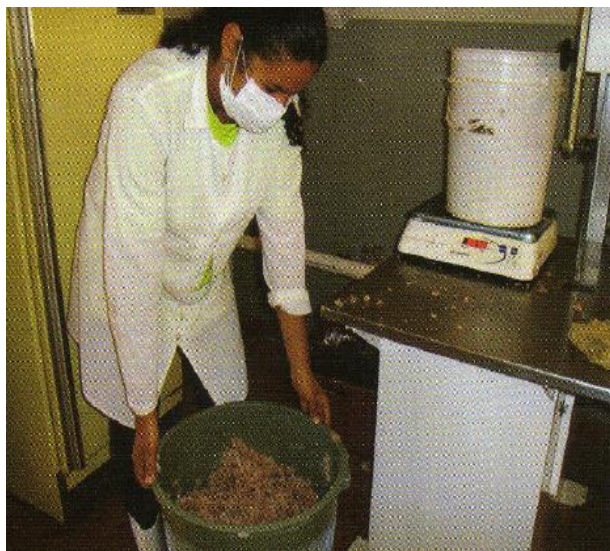


Figura 2.6 - Pesagem dos resíduos moídos.
Fonte: PIMENTA, 2008.



Figura 2.7 - Silos de plásticos, silagens elaboradas para um experimento, com adição de diferentes ácidos.
Fonte: PIMENTA, 2008.



Figura 2.8 - Medição do ácido para ser adicionado à massa de resíduos.
Fonte: PIMENTA, 2008.

2.6.3.3 - Vantagens e cuidados

O investimento para a produção de ensilados não é tão elevado, o que possibilita a adoção desta tecnologia tanto pelos grandes, como pelos pequenos processadores (KUBITZA e CAMPOS, 2006).

Esse processamento tem várias vantagens, dentre as quais podemos citar: processo simples que pode ser feito em pequena escala; não precisa de mão de obra qualificada; não tem gastos altos com energia; não requer equipamentos caros e não exala odor desagradáveis. Neste processo são usados apenas: triturador, agitador e recipientes plásticos (ARRUDA, 2004).

A composição aproximada da silagem de pescado é a mesma da matéria-prima. O valor nutritivo da silagem está na sua digestibilidade protéica, que deve ser preservada evitando-se uma estocagem prolongada. Em comparação à farinha de pescado, a silagem apresenta teores mais baixos de aminoácidos sulfurados, porém mais elevados de lisina (CINTRA, 2014).

A silagem pode ser utilizada após dois dias, apresentando composição semelhante à da matéria-prima, ou seja, alta digestibilidade, com presença integral dos aminoácidos constituintes do pescado, e, portanto, destinar-se ao uso como ingrediente na formulação de ração. A estocagem, se mais prolongada, constitui um ponto crítico nutricional, pois os aminoácidos e os lipídios passam a sofrer alterações (ARRUDA, 2004).

O produto final do processo de silagem pode ser considerado como uma importante fonte de proteína na alimentação animal. Principalmente em situações onde a produção de farinha de peixe não é possível e/ou o custo desta fonte protéica é muito alto. A farinha de peixe é um dos produtos protéicos de origem animal mais usados nas rações. Sua produção, no entanto, exige grande empate de capital, equipamentos especiais e alto consumo energético, com capacidade ociosa em algumas épocas do ano, elevando o preço do produto (CINTRA, 2014).

De acordo com PIMENTA *et al.* (2008), as vantagens da produção da silagem de pescado, quando comparada à farinha de peixe são: o processo é virtualmente independente de escala; a tecnologia é simples: o capital necessário é pequeno, mesmo para produção em larga escala; os efluentes e problema de odor são reduzidos; o processo de ensilagem é rápido em climas tropicais e o produto pode ser utilizado no local. Este mesmo autor cita como desvantagens o fato de o produto ser volumoso, se na forma pastosa, a não ser que seja desidratado, o que implica no custo adicional da secagem. As silagens de resíduos de tilápia são utilizadas rotineiramente por algumas fábricas de rações, na elaboração de dietas para suínos, aves, cães, gatos, animais aquáticos e ruminantes.

Para CINTRA (2014), o processo de produção de silagem é acessível em pequena escala, mostrando potencial e viabilidade para a utilização em dietas para organismos aquáticos, uma vez que não há necessidade de equipamentos de alto custo.

Uma alternativa viável é o aproveitamento de resíduos do processamento de pescado e das perdas da despesca através da elaboração de silagem, forma bastante econômica de aplicação destes resíduos, podendo ser produzida em pequena escala, na área de abrangência dos açudes, piscigranjas, pesque-pague, ou industrialmente, nos maiores centros urbanos. (MAIA e SALES, 2013).

Uma desvantagem desse método é o fato de alguns aminoácidos (lisina e cistina) serem degradados, podendo formar substâncias carcinogênicas (LINS, 2001).

De acordo com CINTRA (2014), se uma beneficiadora processa 500 kg/dia de pescado, terá, aproximadamente, 200 kg de resíduos e/ou aproximadamente 200 kg de silagem. Para isso, deve contar com os materiais abaixo, apresentados com seus preços atuais de mercado:

- Recipiente (tanque) com capacidade para 200 litros. Dimensões 1,25m x 0,76m x 0,41m, em PVC rígido;
- Potenciômetro digital, para acompanhamento do pH;

- Ácido sulfúrico: 4,5 litros/dia;
- Ácido fórmico: 1,5 litros/dia.

A transformação da silagem em fertilizante para comércio em lojas de jardinagem é uma opção muito atrativa e com boas margens de lucro. No entanto, para escoar grandes quantidades de material de forma rotineira através desse mercado, demanda um grande esforço de venda e distribuição, principalmente se o processamento fica distante dos grandes centros de consumo. Uma alternativa interessante e capaz de dar conta de reutilizar toda a silagem produzida é a incorporação da mesma nas rações usadas na própria piscicultura. O material ensilado também pode ser usado em rações para gatos e mesmo na alimentação de outros animais (suínos e aves) (KUBITZA e CAMPOS, 2006).

A utilização da silagem ácida de pescado é uma realidade na indústria nacional de rações. Desta forma, novos estudos tornam-se indispensáveis, visando não só a economicidade na produção deste ingrediente alternativo (através da utilização de ácidos ou da mistura de ácidos menos onerosos), como também seu emprego para espécies variadas, sobretudo nativas e com hábito alimentar carnívoro (PIMENTA *et al.*, 2008).

CAPÍTULO 3

MATERIAIS E MÉTODOS

Inicialmente, estabeleceu-se contato e foi solicitada a autorização para a observação das instalações e para uma visita às linhas de produção.

Foram feitas oito visitas ao Frigorífico Frigopeixe, com o objetivo de observar todo o processo de beneficiamento do pescado, desde o recebimento da matéria-prima na balsa flutuante até a etapa embalagem. As visitas foram feitas no período de safra, que ocorrem entre os meses de agosto e janeiro de cada ano. Das oito visitas, cinco delas foram para observar cada uma das etapas do processo, não interferindo nas atividades da linha de produção. Foram coletadas informações através de entrevistas com os responsáveis pelos setores, procurando entender a dinâmica de cada etapa, além de registrar com imagens todo processo e material utilizado. Em outra visita foi levantado junto à administração da empresa, informações administrativas e históricas da empresa e da produção. Uma das visitas foi utilizada para identificar possíveis locais para a implantação das técnicas de tratamentos dos resíduos. Por último, foram observadas as instalações de manutenção e apoio da empresa.

Durante a observação da linha de produção, foi feito o levantamento dos pontos que geram a maior parte dos resíduos sólidos e variedade desse resíduo. Em entrevista com uma das responsáveis pelo setor, procurou-se compreender o processo da linha de produção, como e por que eram gerados os resíduos. É importante ressaltar que a confiabilidade dos resultados finais é dependente da veracidade dos valores fornecidos e indiretamente, do interesse da empresa com o projeto.

Foi feita a revisão da literatura buscando compreender os métodos de reaproveitamento de resíduos de pescado. Delimitou-se a pesquisa quanto à técnica de tratamento dos resíduos sólidos gerados pelo processo procurando identificar e descrever aqueles que apresentam potencial para serem utilizadas, sempre focadas à realidade local. Durante a pesquisa da literatura, foram identificados os materiais, os equipamentos, a mão de obra, além dos espaços necessários para a implantação e execução de cada uma das técnicas de reaproveitamento dos resíduos.

Em outra etapa da pesquisa, foi feito um trabalho de campo na busca de fontes de matéria-prima que possa ser utilizada na execução dos procedimentos e viabilidade de cada técnica. Foram mapeados potenciais fontes de material que pudessem ser utilizadas

na compostagem. Para o processo de silagem química, procurou-se identificar os tipos e a proporção a serem usados, além dos materiais que são utilizados nessa técnica. Na produção de Farinha de Peixe, que tem um processo sofisticado, levantaram-se os equipamentos necessários à sua produção. Isso tudo considerando que um dos objetivos do trabalho é propor uma técnica de reaproveitamento dos resíduos de forma a minimizar ou até zerar o descarte de resíduos, para agregar resultados positivos a política ambiental da empresa.

Em entrevista com o chefe do controle de qualidade, levantaram-se os procedimentos adotados pela empresa para o descarte dos resíduos. Ainda quanto ao destino destes, foi feita uma observação *in loco* da situação do aterro sanitário do município de Tefé, procurando identificar possíveis impactos que os rejeitos do frigorífico podem ter nesse ambiente e seus arredores, assim reforçando a necessidade da implantação de um tratamento dos resíduos.

Finalmente, as informações puderam ser confrontadas possibilitando diagnosticar o atual panorama de geração e fluxo dos resíduos de pescados do Frigorífico Frigopeixe e suas potencialidades de recuperação, ajudando a empresa em sua tomada de decisão sobre qual metodologia pode ser melhor aplicada no tratamento de seus resíduos.

CAPÍTULO 4

RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 - FRIGORÍFICO FRIGOPEIXE DA AMAZÔNIA LTDA

O Frigorífico Frigopeixe da Amazônia LTDA (Figura 4.1) é um entreposto de pesca localizado à Rua Copacabana, s/n, no bairro do Abial, no município de Tefé no Médio Amazonas. Existe desde 26 de agosto de 1.986 e tem um papel relevante na economia local, especialmente no bairro onde está instalado.



Figura 4.1 - Fachada do frigorífico frigopeixe, no bairro do Abial, em Tefé-AM.

É uma das poucas indústrias existente no município, daí sua importância estratégica para a região. Abaixo (Figura 4.2), destaca-se o organograma da empresa:

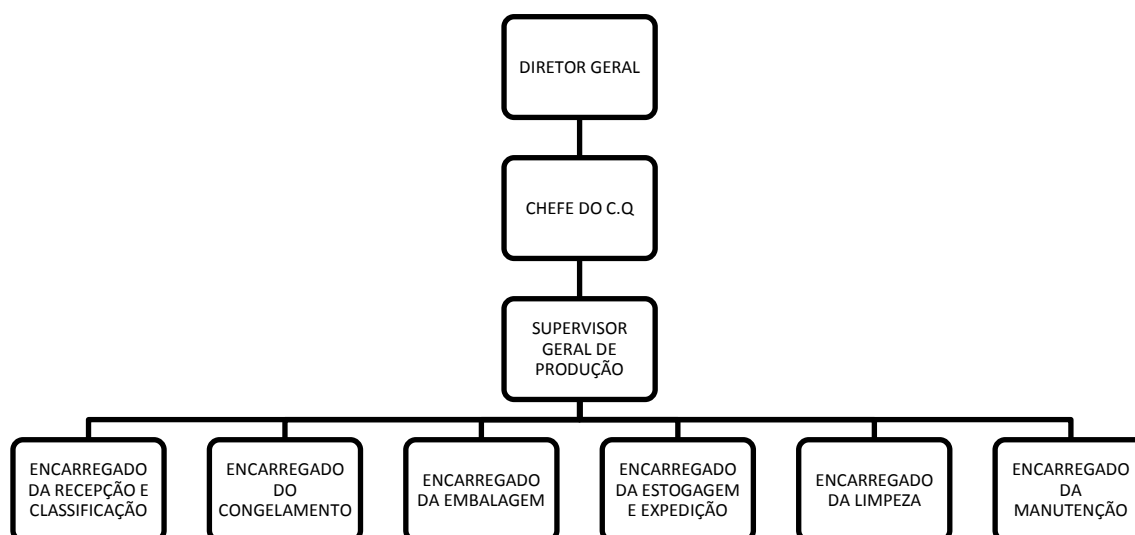


Figura 4.2 - Fluxograma do organograma administrativo do frigorífico frigopeixe.

Possui uma linha de produção dinâmica que processa uma grade variedade de pescado, tendo em sua carta de produtos diversos produtos. O layout da empresa proporciona o acondicionamento físico de base para todas as instalações, máquinas e equipamentos, além de todo pessoal da área produtiva. Apresenta uma produção média de pescado por safra de 969 toneladas. A matéria prima utilizada por esse frigorífico na fabricação dos seus produtos é fornecida por barcos pesqueiros terceirizados que capturam os peixes nos lagos e nos rios da região, tais como lagos de Tefé, Anamã, Coraci, Juruá, Lauriana, Mamirauá, Moura, Pantaleão, Uarini, e o rio Solimões e seus Afluentes (Rio Tefé), conforme descrito no Manual de Autocontrole Frigorífico Frigopeixe da Amazônia. Entre a captura e chegada do pescado no entreposto, leva-se em torno de 15 dias. Os métodos e artes da pesca empregados na região são considerados artesanais onde geralmente os pescadores utilizam redes de cerco, redes de malhar de diferentes tamanhos (malhadeiras), espinhéis, tarrafas e canoas de madeira, conforme descrito no Manual de Autocontrole frigorífico Frigopeixe da Amazônia.

Possui em sua carta de produtos, peixes inteiros congelados, peixes eviscerados congelados, peixe eviscerado sem cabeça congelado, peixe eviscerado sem pele e sem cabeça congelado (H&G), peixe congelado em postas e filé congelado, de acordo com o Manual de Autocontrole Frigorífico Frigopeixe da Amazônia. Seus produtos têm como principal mercado consumidor a cidade de Manaus, mais também abastecem o mercado local e outros estados.

4.2 - O PROCESSO INDUSTRIAL DO FRIGORÍFICO FRIGOPEIXE

Os procedimentos que fazem a transformação de um ou vários itens durante a fabricação em grande escala, são definidos como processos industriais, que visam agregar valor a matéria-prima, através da otimização do tempo e dos custos de produção.

O frigorífico frigopeixe tem um processo industrial bem definido, atendendo à critérios modernos e atuais. O seu processo pode ser descrito pelo seguinte perfil (Figura 4.3), destacado os pontos onde é gerada a maior quantidade de resíduos sólidos.

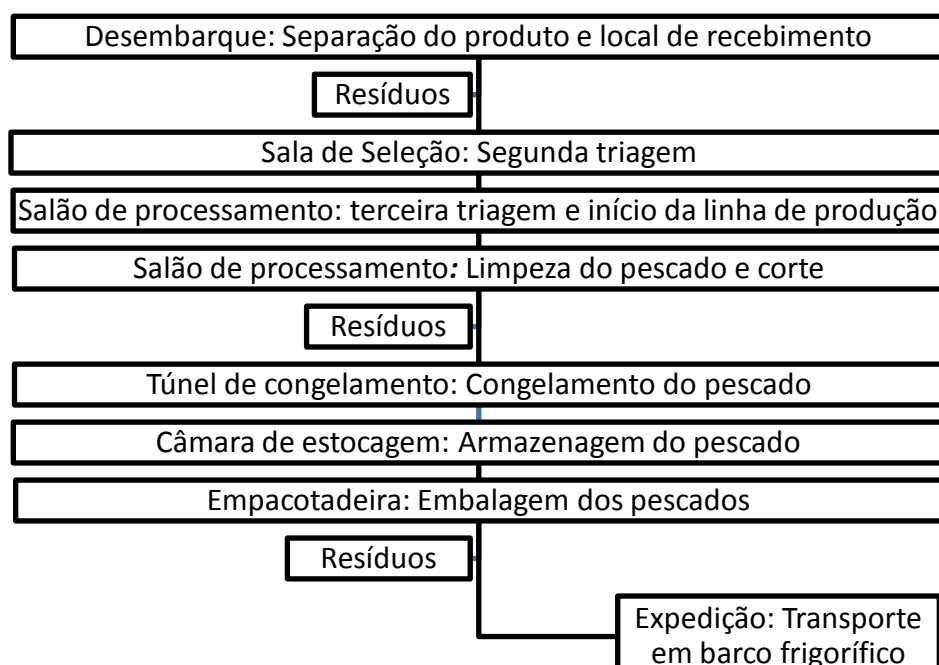


Figura 4.3 - Sequência da produção de pescado do frigopeixe.
Fonte: Manual de autocontrole

Fase 1: separação do produto e local de recebimento

O processo tem início com o recebimento do pescado em uma balsa flutuante (Figura 4.4), que se encontra as margens do rio Tefé, em frente ao frigorífico.



Figura 4.4 - Flutuante frigorífico, local do recebimento do pescado.

Na balsa flutuante conseguem atracar até 04 quatro barcos de porte médio (15 a 30 metros) ou dois barcos de porte grande (30 metros ou mais). O produto é descarregado através de duas entradas laterais que servem para descarregar o pescado conforme (Figura 4.5).



Figura 4.5 - Barco pesqueiro.

Os barcos peixeiros são dotados de uma caixa de gelo de dimensões adequada ao tamanho da embarcação onde é acondicionado o pescado desde a hora da captura até o momento do desembarque (Figura 4.6).



Figura 4.6 - Caixa de gelo do barco.

A balsa flutuante é dotada de uma câmara de espera com temperatura de 0 °C, para acondicionar o pescado até ser transportado para o frigorífico. Diversas caixas são utilizadas para fazer a primeira seleção do pescado. (Figura 4.7).



Figura 4.7 - Caixas utilizadas para fazer a primeira seleção do pescado.

Na fase do recebimento do pescado é feita uma seleção dos peixes, por espécie, tamanho e qualidade observando-se o estado de frescor, odor, textura e controle de temperatura.

Abaixo, segue outras informações coletadas sobre o pescado e anotadas na planilha de controle, um dos itens que fazem parte do controle de qualidade exigido por lei (SIF) e pelas normas da empresa:

- Data de recepção;
- Hora;
- Número de fornecimento;
- Origem (calha);
- Dia da pesca;
- Espécie do produto;
- Temperatura;
- Quantidade recebida;
- Lote da matéria prima;
- Pontuação;
- Somatório da pontuação.



Figura 4.8 - Evisceração de algumas espécies.

Ainda nesta etapa, algumas espécies recebem um tratamento de evisceração, isto é, são retiradas as vísceras e cabeça, primeira etapa detectada produção de resíduo sólido, conforme Figura 4.8. Em seguida o pescado já selecionado é enviado a terra, em monoblocos e/ou carro troller, conforme Figura 4.9.



Figura 4.9 - Transporte do pescado da balsa flutuante à terra, via trilhos em carrinho de inox.

Dependendo da quantidade de pescado recebido no dia, parte fica armazenada temporariamente na própria balsa flutuante, acondicionada na câmara de espera, conforme ilustrado pela Figura 4.10. E dessa forma, encerra-se a fase de recebimento e 1ª seleção do produto.



Figura 4.10 - Câmaras de gelo disponíveis no próprio flutuante.

Fase 2: Segunda triagem

Após o pescado deixar o flutuante, dá-se início a 2ª triagem. Os peixes que chegam nesta fase através dos carrinhos sobre trilhos, passam por nova seleção por espécie, por qualidade e por tipo de tratamento na próxima etapa:

- Por espécie: se é de escama ou couro;
- Por qualidade: Tipo 1, Tipo 2, Tipo 3, Tipo 4,...;
- Por tratamento: apenas lavagem, corte das entranhas e cabeça ou corte do filé.

Existem, nessa etapa, quatro cilindros e/ou túneis de lavagem por onde são encaminhados para a linha de produção os peixes para cada tipo de tratamento (Figura 4.11).

Destaca-se que, nesta etapa, a produção de resíduos é quase nulo, não tendo muito o que se aproveitar.



Figura 4.11 - Passagens para a linha de produção, de acordo com o tipo de tratamento.

Fase 3: Linha de produção

O Frigorífico Frigopeixe tem em sua carta uma qualidade variada de produtos, conforme segue abaixo:

- Peixe inteiro congelado;
- Peixe eviscerado congelado;
- Peixe eviscerado sem cabeça congelado;
- Peixe eviscerado sem pele e sem cabeça congelado (H & G);
- Peixe congelado em postas;
- Filé de peixe congelado.

Cada um dos produtos relacionados acima possui um tratamento próprio na linha de produção, descrito no Manual de Autocontrole:

No início da linha de produção, o peixe é recebido através dos túneis de lavagem pelos funcionários, que executam mais uma seleção (Figura 4.12).



Figura 4.12 - Início da linha de produção.

Nesta etapa além de ser feita a última triagem por espécie e tamanho, é executada uma lavagem com água clorada com percentual de 2 a 5 ppm de cloro residual, para se retirar todas possíveis impurezas existentes das etapas anteriores.

Organizadamente, através do túnel de lavagem 1, são encaminhados peixes, como Tucunaré (*Cichla*), a Sardinha (*Triportheus angulatus*) e Matrinxã (*Brycon*) e Jaraqui (*Semaprochilodus*), que receberão lavagem e/ou evisceração, seguindo para o

túnel de congelamento e posterior armazenamento (Peixe Inteiro Congelado e Peixe Eviscerado Congelado). Pelo do túnel de lavagem 2, seguem os peixes, como, Pirarara (*Phractocephalus hemilioperus*), Pintado (*Pseudoplatystoma fasciatum*), Surubim (*Pseudoplatystoma*) e Mapará (*Hipophthalmus dentatus*), que serão lavados, eviscerados e terão a cabeça retirada (Peixe Eviscerado sem Cabeça Congelado e Peixe Eviscerado sem Pele e sem Cabeça Congelado (H&G), seguindo para o túnel de congelamento e, posteriormente, armazenados. Nos túneis de lavagem 3 e 4, passam os peixes, como a Aruanã (*Osteoglossum bicirrosus*), Pescada (*Plasgioscion squamosissimus*) e o Jaú (*Paulicea luetkeni*), que recebe o procedimento de descamação (espécie de escama), evisceração, retirada da pele, feita a toailete (corte do filé) retirando as espinhas ou feita a posta, seguindo para o túnel de congelamento antes do armazenamento, conforme ilustra a Figura 4.13.



Figura 4.13 - Filetagem da Aruanã (*Osteoglossum bicirrosus*) e envio para o congelamento.

Durante o processamento do pescado foi possível identificar os resíduos sólidos gerados por cada uma das linhas de produção. Em uma delas são retiradas as vísceras e cabeça enquanto as outras linhas são feita a filetagem, o que produz uma quantidade significativa de resíduos sólidos, conforme ilustra a Figura 4.14.



Figura 4.14 - Resíduos oriundos da retiradas das vísceras e do filé de Aruanã.

Fase 4: Congelamento e armazenagem do pescado

A etapa seguinte, no processo de beneficiamento do pescado, passa pelo congelamento, o qual deve acontecer imediatamente após a limpeza e corte. O pescado é colocado em bandejas, conforme ilustra a Figura 4.15, e, posteriormente, levadas ao túnel de congelamento com ar em convecção forçada, sob temperatura de -25°C a -30°C , onde permanece até que a temperatura no interior do produto atinja -18°C . Essa etapa é de suma importância para a boa conservação do produto.



Figura 4.15 - Pescado encaminhado para a câmara de congelamento.

Após as horas de repouso no túnel de congelamento, o produto segue para a câmara de estocagem, cuja temperatura varia entre -15°C a -25°C , empilhadas sobre

estrados plásticos onde fica armazenado em sacos de polipropileno (ráfia) revestidos com polietileno para que não ocorra desidratação ou caixas de papelão, conforme ilustra a Figura 4.16. Nessa etapa do processo não foi identificação nenhuma geração de resíduos sólidos.



Figura 4.16 - Produto armazenado em sacos de polipropileno e caixas de papelão.

Fase 5: Embalagem

A etapa seguinte do processo de beneficiamento é a embalagem do produto, que é feita assim que o pescado é retirado do frigorífico. Nesta etapa, é feita a última seleção do produto por tamanho e descartados os peixes que não atendem o padrão mínimo de apresentação, conforme mostra a Figura 4.17. Nessa etapa do processo foi identificada geração de resíduos sólidos (peixes inteiros que apresentam algum defeito ou não atendam requisitos mínimos adotados pelo frigorífico).



Figura 4.17 - Embalagem do pescado, última etapa de beneficiamento do produto.

Após a seleção, o pescado é colocado em caixas de papelão revestidas de plásticos, visando à manutenção do produto. Na sequência, é pesado, as informações são anotadas na embalagem, o volume é lacrado e está pronto para a etapa seguinte (Figura 4.18).



Figura 4.18 - Pescado é colocado em caixas de papelão, as informações são anotadas na embalagem, o volume é lacrado.

Fase 6: Transporte

Ao final do processo de beneficiamento do pescado, é necessário escoá-lo aos grandes centros consumidores. A empresa possui um meio próprio de escoamento, uma balsa frigorífica.

O pescado é levado do frigorífico a balsa frigorífica em monoblocos e/ou carro troller, conforme ilustra a Figura 4.19. O transporte é feito no período noturno, onde a incidência do calor é reduzida pela ausência de raios solares. Sendo expedida de forma rápida e eficiente de modo a não comprometer a qualidade do produto-acabado pela consequência perda de temperatura. O barco (Figura 4.20A) possui quatro câmaras frigoríficas (Figura 4.20B) e transporta até 40 toneladas por viagem e o tempo de viagem até Manaus é de 48 horas. Nessa etapa do processo não foi identificação nenhuma geração de resíduos sólidos.



Figura 4.19 - Caminho percorrido pelo pescado do frigorífico ao barco.



Figura 4.20 - Imagem (A) externa do barco e (B) de uma das quatro de suas câmaras frigoríficas.

4.3 - ESPAÇOS EXISTENTES

O Frigorífico Frigopeixe da Amazônia encontra-se as margens do lago de Tefé, uma localização estratégica que facilita o desenvolvimento de seu processo de produção. O frigorífico conta com uma estrutura completa, proporcionando excelentes condições para manufatura de seus produtos com qualidade.

De todo seu processo aquele de manufatura do pescado, sente-se somente a ausência de um processo de reaproveitamento dos resíduos sólidos gerados por sua linha de produção. Os resíduos atualmente são destinados ao aterro sanitário do município, no entanto, a direção da empresa tem planos de implantar um processo de reaproveitamento desses resíduos.

O terreno onde a empresa encontra-se é da mede 30.000 m² e sua área construída é 2.714,7 m², de forma que existe área disponível para construir as estruturas necessárias no processo de tratamento.

4.4 - RESÍDUOS GERADOS

A safra do pescado no Médio Amazonas tem início em meados do segundo semestre de cada ano e término em início do ano seguinte, não possuindo um período exato. A produção media de pescado do Frigorífico nos últimos três anos é de 969 toneladas, conforme Tabela 4.1.

Tabela 4.1 - Produção de pescado e resíduo do frigorífico Frigopeixe em 2016, 2017 e 2018.

Ano	Pescado desembarcado (t)	Pescado produzido (t)	Resíduos (t)	Resíduo (%)
2016	1.470	1.249,5	220,5	15
2017	1.250	1.062,5	187,5	15
2018	700	595	105	15

Fonte: Frigorífico Frigopeixe

Nos últimos anos o volume de pescado por safra caiu significativamente na Região do Médio Solimões, Figura 4.21.

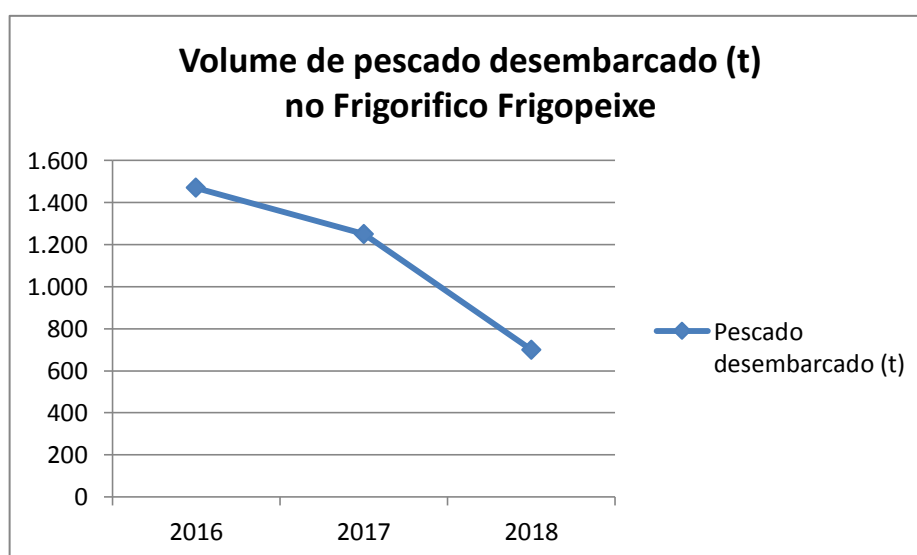


Figura 4.21 - Volume de pescado desembarco no triênio 2016 – 2018.

Essa redução da safra tem impacto direto na produção do Frigorífico Frigopeixe, que teve uma redução no triênio 2016 -2018 de 52,3 % conforme Figura 4.22.

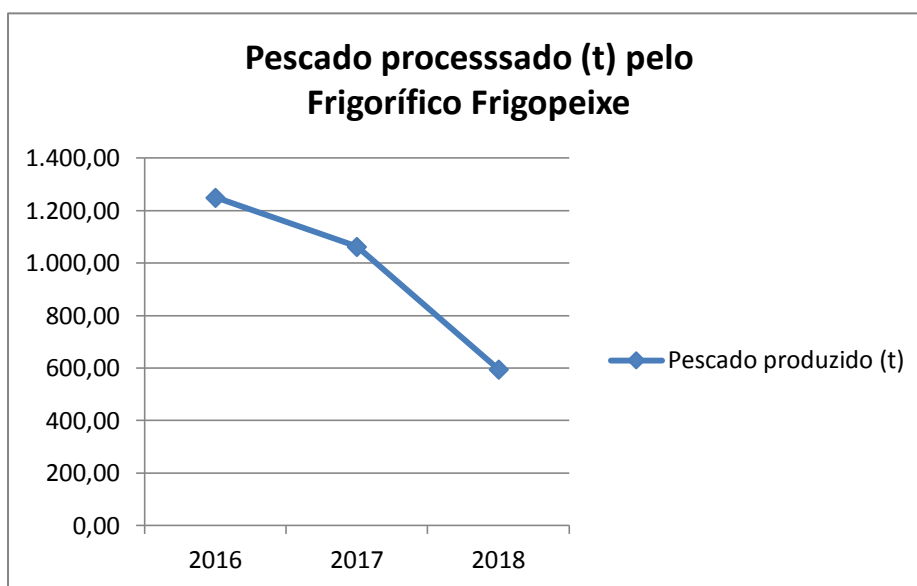


Figura 4.22 - Volume de pescado processado no triênio 2016 – 2018.

A redução da produção produz a diminuição dos resíduos, conforme observamos na Figura 4.23, apresentando o mesmo índice de redução da produção de 52,3 %. A redução de resíduo a princípio parece uma boa notícia, levando em conta questões de caráter ambiental, no entanto demonstra uma redução do pescado existente para captura, o que pode gerar em dificuldades a empresa quanto ao processamento por falta de matéria prima.

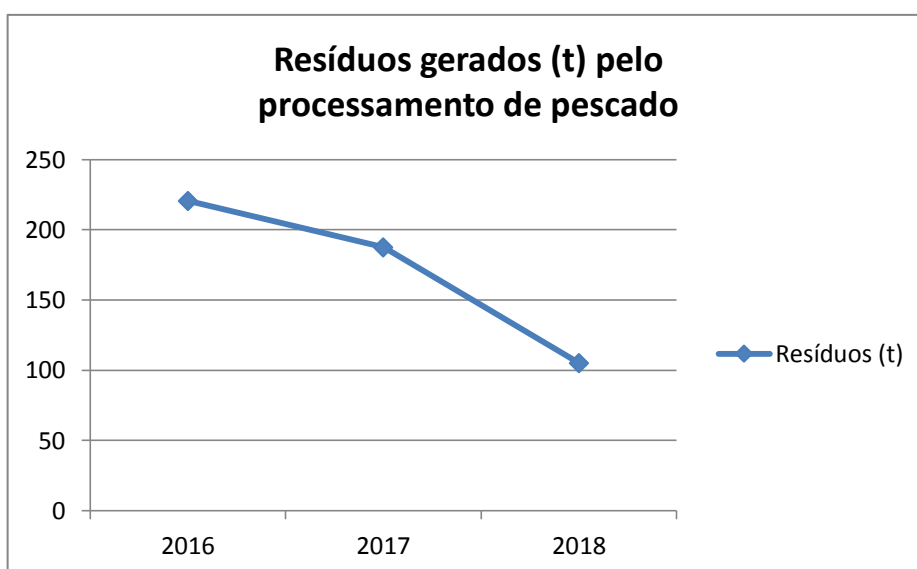


Figura 4.23 - Volume de resíduos gerados pelo Frigopeixe no triênio 2016 – 2018.

Na Figura 4.24, podemos observar uma correlação total entre o volume produzido e o volume de resíduo gráfico 4. Valor da correlação é 1.

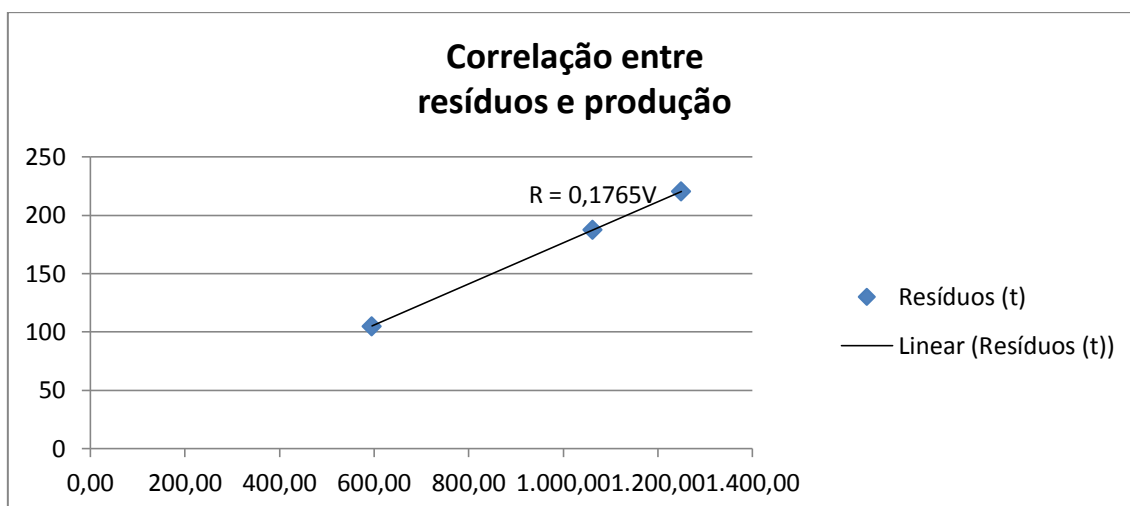


Figura 4.24 - Volume de resíduos gerados pelo Frigopeixe no triênio 2016 – 2018.

A produção apresenta uma variabilidade alta de produtos, e cada espécie necessita de um beneficiamento específico. O processo de beneficiamento de todo esse pescado apresenta um perfil dinâmico nas linhas de produção.

O beneficiamento de todo esse pescado gera uma quantidade significativa de resíduos sólidos, desde o recebimento do pescado na balsa flutuante, já no início do processo, onde acontece a primeira seleção e limpeza do pescado, passando pelo salão de processamento, local onde é gerado a maior parte dos resíduos sólidos do processo, até o setor de embalagem, que executa uma ultima seleção e descarte de produtos.



Figura 4.25 - Resíduos originados desde a retirada das vísceras e cabeça, da limpeza das escamas e do corte do filé de aruanã.



Figura 4.26 - Resíduo descartado durante o empacotamento do produto.

Os resíduos apresentam composições distintas e essa diferença depende da espécie trabalhada e do processo a qual é submetida. Uma parte desse resíduo é composta por escamas, carnes, ossos e cabeça. Já a outra parte, é feita das vísceras dos peixes e cabeça. A estimativa é que 60% dos resíduos são compostos de carne, ossos e cabeça e 30% dos resíduos são vísceras.

A quantidade de resíduo gerado pelo processamento do Frigorífico Frigopeixe chega a 15% do valor total do pescado beneficiado em cada safra, conforme descrito na Tabela 4.1, em valor absoluto, tem-se, em média, 171 toneladas de resíduos que são, atualmente, inteiramente descartadas direto no aterro sanitário do município (Figura 4.27).

Do processo de produção de pescado do Frigorífico Frigopeixe, os pontos que geram maior quantidade de resíduos, são:

- Desembarque: Separação do produto e local de recebimento;
- Salão de processamento: Limpeza do pescado e corte;
- Empacotadeira: Embalagem dos pescados.

Existem técnicas que podem ser usadas no reaproveitamento dos resíduos de pescado. Portanto, estudar as principais técnicas e avaliar qual melhor enquadra-se no perfil da empresa é o objetivo deste trabalho.



Figura 4.27 - Aterro sanitário da cidade de Tefé.

4.5 - ANÁLISE DOS TRATAMENTOS DE RESÍDUOS

O processo de reciclar ou reaproveitar os resíduos deve atender ao menos três itens importantes: evitar a contaminação do meio ambiente, através de descarte dos resíduos em aterros sanitários, diminuir a retirada da natureza de recurso, minimizando o impacto sobre esses recursos, e produzir um produto viável que justifique os investimentos, a manutenção e até possíveis ampliações.

Em seu Manual de Autocontrole, o frigorífico propõe tratar seus resíduos sólidos através de compostagem aeróbica. No entanto, outras metodologias de tratamentos podem apresentar um perfil técnico tão ou mais adequado para as dimensões da produção e das possibilidades da empresa. Um processo de reaproveitamento dos resíduos tem que levar em consideração os mais variados aspectos ambientais, econômicos e logísticos.

Foi feito um estudo das formas de reaproveitamento dos resíduos mais conhecidas dentro da literatura, de forma a sugerir uma ou mais técnicas que possam ser implantadas agregando ganhos, técnicos e ambientais à empresa.

Nessa discussão, levou-se em conta o investimento para implantação de cada uma das técnicas, a existência de espaço na empresa para a aplicação da técnica, a complexidade de cada uma delas, o impacto ambiental, a logística para o escoamento do subproduto e o mercado para esse subproduto.

4.5.1 - Compostagem

É uma técnica muito atrativa que possibilita tratar os resíduos do processo de manufatura do Frigorífico Frigopeixe. Para a implantação adequada da compostagem, devem-se observar alguns fatores técnicos.

4.5.1.1 - Local da compostagem

A compostagem é uma técnica que não exige uma estrutura sofisticada para a sua execução, podendo ser feita em formatos simples, como leiras ou montes. No entanto, para evitar alguns problemas é recomendado que se construa uma ou mais estruturas com alguma proteção contra animais e intemperes. A simplicidade dessa estrutura não exige um projeto técnico muito elaborado, sendo conhecida como **composteira**.

O custo de implantação da composteira é relativamente baixo, já que os materiais usados na construção são simples, como madeiras de baixo custo, pregos, telhas ondinas e um piso de concreto, nem a necessidade de acabamento mais elaborado há. Podem ser estudados outros formatos, levando-se em consideração a quantidade de resíduos a ser tratada. Esse deve ser bem trabalhado, conforme Figura 4.28, pois acolherá os detritos orgânicos que irão se decompor.



Figura 4.28 - Composteira em sistema de tábuas corrediças para a reciclagem de resíduos orgânicos. A) Desenho da estrutura sugerida para compostagem de resíduos orgânicos. B) Exemplo de uma composteira de resíduos orgânicos em sistemas de tábuas corrediças.

Fonte: Mady (2000).

A construção da composteira requer um investimento de acordo com o volume de resíduos gerados. Para a uma produção de aproximadamente 150 m³ de adubo, será necessário um espaço construído de 100m² de área. O material básico para a construção de uma composteira de 100 m², Tabela 4.2.

Tabela 4.2 - Custo dos itens e mão de obra para construção de composteira de 100m².

Material	Quantidade	Valor Unitário	Valor total	%
Areia (m ³)	10	50	500	2,5
Cimento (saco)	100	30	3.000,00	14,7
Ferros 3/8 (vara)	20	30	600	2,9
Madeira para cobertura	-	1.000,00	1.000,00	4,9
Mão de obra	-	8.000,00	8.000,00	39,3
Seixo (m ³)	8	100	800	3,9
Telha de zinco (m ²)	130	25	3.250,00	16,0
Tijolos	2	600	1.200,00	5,9
Outros	-	2000	2.000,00	9,8
Total			20.350,00	100,0

O Custo do material e da mão de obra para a construção foi baseado em um levantamento feito junto ao comercio local e a profissionais da construção civil, podemos observar uma estimativa do custo total da obra da composteira. O destaque fica por conta da mão de obra, cimento e telha que responde por mais de 60% da obra, Figura 4.29.

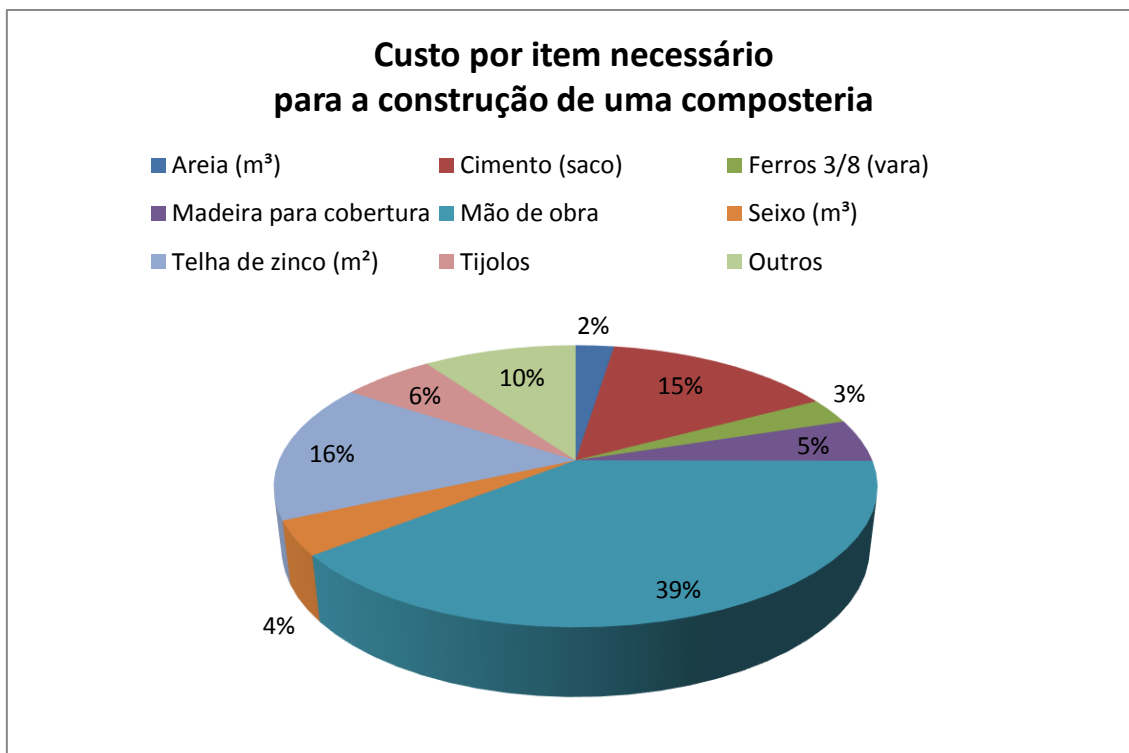


Figura 4.29 - Custo da construção de uma composteira de 100 m².

Com o investimento sendo baixo para a instalação de uma composteira, a compostagem atende a um dos requisitos para a sua implantação pelo Frigorífico Frigopeixe.

4.5.1.2 - Local de instalação da composteira

O local onde será instalado a composteira é uma variável muito importante, pois trata-se de um lugar que irá abrigar um processo que pode atingir toda a região próxima, com odores e contaminação ambiental. Esses efeitos colaterais da compostagem podem gerar incômodos à vizinhança do local, devendo, assim, ficar afastado de moradias humanas, além de não poder ficar próximo às instalações do complexo frigorífico.

Deve-se ter cuidado também com o excesso de água no processo, procurando evitar locais que sofram com alagamentos e que tenham formas de escoar a água da chuva.

Deve-se manter o acompanhamento constante durante os primeiros dias, sempre atentando para possíveis incidências de pragas como ratos ou insetos, em virtude dos odores da decomposição.

A empresa possui uma área que apresenta um grande potencial para a implantação da composteira (Figura 4.30). Esse espaço, no entanto, tem uma restrição, pois encontra-se em um local próximo às residências humanas, o que exigirá cuidados extras para evitar impactos na vizinhança. Assim, a composteira poderá ser construída atendendo um requisito importante para a implantação do tratamento de resíduo por compostagem.



Figura 4.30 - Local com potencial para abrigar as instalações da compostagem, anexa ao frigorífico.

4.5.1.3 - Fonte de composto orgânico rico em carbono

A compostagem é uma técnica que necessita de materiais ricos em nitrogênio e material rico em carbono para fazer a mistura e formarem o composto orgânico (húmus). O resíduo do pescado é a fonte de nitrogênio e as fontes de carbono podem ser diversas, como maralhava, farelos de sementes, casca de Castanha do Pará, palha de feijão, ramos de mandioca, esterco bovino, esterco de aves, entre outros.

Das possíveis substâncias que podem ser misturada com os resíduos sólidos do frigorífico para constituir o composto orgânico final da compostagem (húmus), aquele que encontra-se em maior abundância na região é a maravalha, que também é um resíduo oriundo das marcenarias da cidade (Figura 4.31A). A maravalha servirá de substrato para fermentação e transformar-se-á em fonte de carbono.



Figura 4.31 - A) Marcenaria Santa Tereza; B) Maravalha, resíduos da marcenaria.

Outra fonte importante de maravalha pode ser uma área que, por longos anos, serviu como depósito de uma serraria da cidade. A maravalha desse local já apresenta-se em um estado avançado de decomposição (Figura 4.32), o que pode gerar um composto com maior qualidade, além de diminuir o tempo para atingir o composto final (húmus).

A coleta da maravalha ou mesmo de outro material rico em carbono pode ser um desafio à implantação da compostagem, pois exigirá um trabalho de logística da empresa para o recolhimento do material junto às marcenarias ou à coleta no depósito desativado da serraria. No entanto, levando-se em conta que o material final do processo de compostagem deve gerar recursos e considerando o ganho ambiental na política da empresa, o investimento justifica-se, podendo ser bancado pela empresa sem maiores dificuldades.

Como a oferta de substâncias em carbono é abundante, atende-se mais um item necessário à implantação da compostagem como tratamento dos resíduos sólidos pelo Frigorífico Frigopeixe.



Figura 4.32 - Antigo depósito da serraria Celani.

4.5.1.4 - O processo da compostagem

Os tratamentos de resíduo devem apresentar procedimentos com o intuito de melhorar a produtividade possível com um produto de qualidade. A compostagem tem por característica a simplicidade em sua aplicação, não havendo a necessidade de mão de obra especializada para a aplicação e manutenção do processo. Essa simplicidade dar-se-á pelo fato de que a disposição dos materiais na composteira ocorre sem maiores complexidade.

Deve-se atentar para alguns cuidados nessa disposição, para tentar evitar ou diminuir os efeitos de odores, contaminação ambiental e proliferação de pragas. Os materiais devem ser dispostos em camadas alternadas, com a primeira camada de maravalha (ou outra fonte de carbono), e possuindo uma proporção maior que outras camadas, conforme a Figura 4.33. As demais devem procurar atender uma proporção de carbono/nitrogênio de 10: 1 e substrato: carcaça de 70%: 30%.

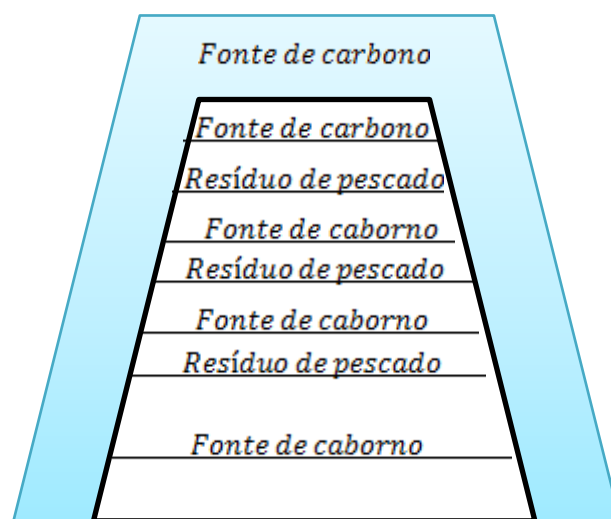


Figura 4.33 - Disposição das fontes de nitrogênio e carbono em compostagem de resíduos de peixes. Esquema para alternância entre os materiais orgânicos dentro de uma leira de compostagem.

Fonte: KELLEHER (2006).

Como sempre, deve-se procurar minimizar os efeitos colaterais do processo de compostagem. Para isso, tem-se que ter o cuidado de recobrir todo e qualquer resíduo de pescado, evitando os problemas decorrentes do processo. Ao final da disposição dos materiais, tem-se que umedecer a mistura com água, numa proporção de 13%.

Nos próximos 90 dias, tempo aproximado do processo, serão necessários revolvimentos e umidificações periódicos do material. Nessa etapa do processo, os

cuidados quanto à exposição da carcaça ao ar livre devem ser mantidos, procurando evitar deixar exposto qualquer parte do resíduo do pescado.

A logística para a execução do processo de compostagem consiste basicamente no transporte da maravalha e mão de obra. Na Tabela 4.3 apresentamos uma estimativa dos custos dessa logística por safra.

Tabela 4.3 - Custo do processo de compostagem por safra.

Logística do processo	Quantidade	Custo	Custo total	%
Transporte da maravalha	5	300,00	1.500	42,9
Mão de obra	2	1.000,00	2.000	57,1
Total			3.500	100

A mão de obra e o transporte apresentam o mesmo peso no custo do processo da aquisição do composto orgânico, Figura 4.34.

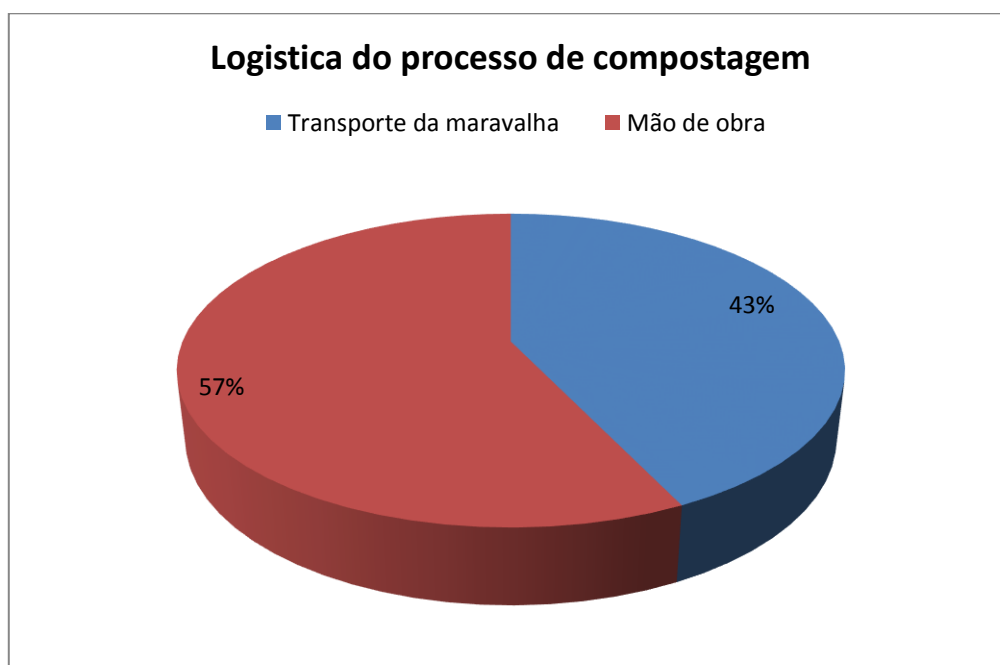


Figura 4.34 - Custo por item do processo de compostagem.

Em virtude dessa técnica apresentar procedimento simples em sua execução, havendo apenas alguns cuidados simples para que o composto não venha a ser comprometido ou gere contaminação ambiental, sendo de baixo custo de manutenção por não fazer uso de mão de obra especializada, esse processo atende mais um quesito necessário à sua implantação pelo Frigorífico Frigopeixe.

4.5.1.5 - O composto final

Ao final dos 90 dias, atinge-se o produto final do processo da compostagem, um composto conhecido como húmus, que tem a finalidade de um adubo orgânico, para ser utilizado de uma maneira geral para a agricultura, pois é rico em nutrientes e tem uma propriedade de reter umidade mantendo os nutrientes. Todo material é transformado em um produto estável pela atuação de microrganismos que produziram a decomposição bioquímica do material orgânico. O produto desse processo é um fertilizante que surge da combinação de um material rico em substâncias nitrogenadas, os resíduos de pescado, com um material de baixo teor de nitrogênio mais com abundância de carbono.

Esse subproduto tem sua aplicação variada podendo atender as culturas de mudas frutíferas, recuperação de áreas degradadas por pastagem e até em paisagismo. O material gerado pela compostagem dos resíduos do Frigorífico Frigopeixe passaria a ser uma fonte de renda para a empresa, além de solucionar uma demanda ambiental, dando um destino adequado aos seus resíduos.

4.5.1.6 - Impacto ambiental

Os resíduos do processamento de pescado do Frigorífico Frigopeixe são descartados diretamente no aterro sanitário do município de Tefé. Esse descarte pode contribuir para a contaminação das áreas adjacentes ao aterro sanitário, assim como o subsolo e mananciais hídricos. O impacto do descarte desse resíduo pode ser significativo em virtude da quantidade de material que é produzido e descartado pelo frigorífico.

Uma forma de eliminar esse problema ou, pelo menos, amenizar, seria implantar um processo de reaproveitamento desse material, onde a compostagem apresenta-se como uma boa opção. O reaproveitamento dos resíduos pode enriquecer a política ambiental da empresa e fortalecer a marca junto ao mercado consumidor, produzindo dividendos positivos à empresa.

4.5.1.7 - Destino do produto

O húmus gerado pela compostagem pode ser absorvido pelo mercado local, que tem, em sua base, a agricultura familiar nas comunidades ribeirinhas, além de

agricultores e pecuaristas existentes nas estradas e ramais da cidade de Tefé, os quais podem fazer uso desse composto em suas culturas e pastos. Outro potencial consumidor desse composto pode ser a cidade de Manaus.

A empresa ainda teria a opção da implantação de horta(s) comunitária(s), visando um trabalho social junto à comunidade carente que se encontra nas proximidades da empresa, fortalecendo a sua responsabilidade social, uma tendência atual e moderna, e sua marca junto ao seu mercado consumidor.

4.5.2 - Silagem

Uma tecnologia que pode ser usada no reaproveitamento dos resíduos do processamento de pescado é a silagem, que produz um concentrado protéico de pescado. A silagem é um tratamento de resíduos que emprega uma tecnologia mais sofisticada que a compostagem, no entanto com a mesma simplicidade.

4.5.2.1 - Materiais e métodos usados na silagem

Têm-se basicamente duas formas de silagem: a silagem ácida ou química, que se obtém com a mistura dos resíduos com ácidos minerais, como ácidos fórmico, sulfúrico, propiônico, entre outros, e a silagem microbiológica, que faz uso de microrganismos que produzem ácido láctico.

O material básico usado no processo da silagem é um triturador de carne, recipientes plásticos, agitador, balança, béqueres graduados e os ácidos minerais. Após adição dos ácidos, o processo da silagem começa naturalmente, sendo necessário revolver diariamente para atingir a homogeneidade. A quantidade de ácido adicionado é de 3% da mistura, calculado pela razão $\frac{\text{peso}}{\text{volume}}$, da massa moída dos resíduos.

O processo da silagem química pode ser representado de uma forma simples pelo seguinte fluxograma (Figura 4.35):

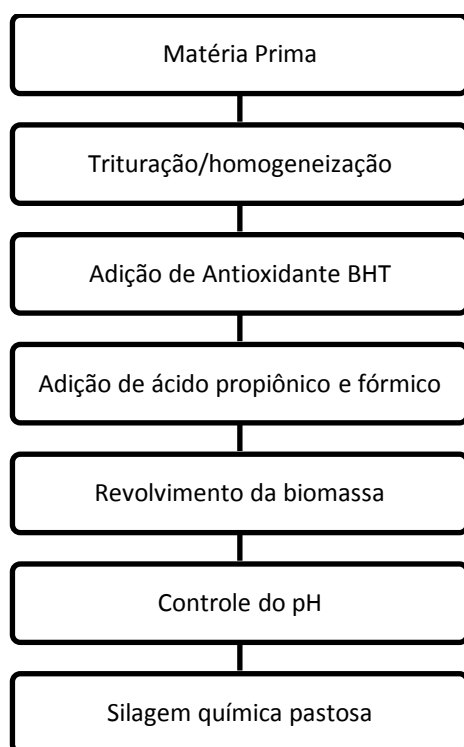


Figura 4.35 - Fluxograma de obtenção de silagem química.
Fonte: Arruda (2004).

Uma estimativa de custo inicial para a transformação de 10.000 kg de resíduos em silagem química aparece na Tabela 4.4.

Tabela 4.4 - Estimativa do custo da implantação do método da silagem.

Material e Matéria	Quantidade	Valor Unitário	Valor total	%
Silos de plásticos 1000 L	5	400	2.000,00	5,82
Potenciômetro digital	1	90	90	0,26
Saco para silagem pacote 50 unidades	50	75,87	3.793,50	11,04
Moedor de carne	2	1.489,00	2.978,00	8,67
Ácido fórmico (Litro)	100	30	3.000,00	8,73
Ácido sulfúrico (Litro)	250	90	22.500,00	65,48
Total			34.361,50	100,00

Na implantação e execução do processo de reaproveitamento dos resíduos de peixe pelo método da silagem, o maior custo fica por conta dos ácidos, que apresentam mais de 70% do valor do investimento inicial, Figura 4.36.

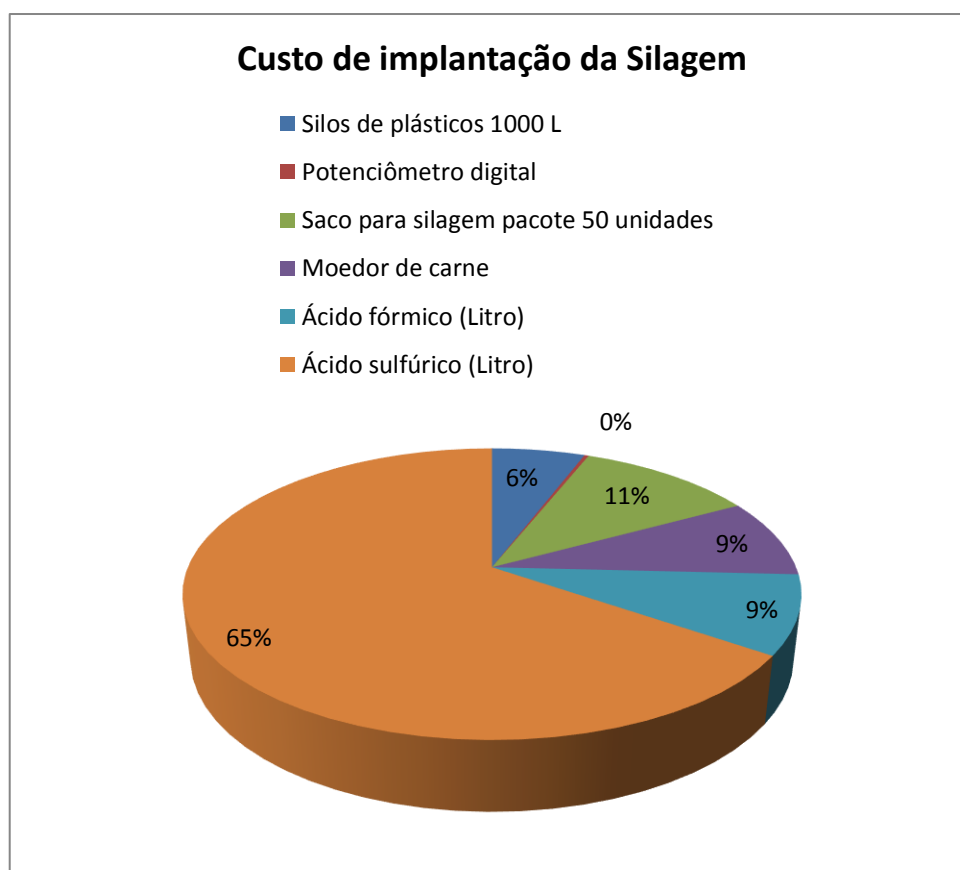


Figura 4.36 - Custo por item para a implantação do método da silagem.

O preço da Silagem no mercado gira em torno de R\$ 4,50 por quilo de silagem. Uma produção de 10.000 kg deve gerar um retorno no 1º ano de aproximadamente R\$ 45.000,00.

Tabela 4.5 - Custo por item do processo de silagem de pescado.

Pessoal e Material	Quantidade	Valor Unitário	Total	%
Saco para silagem pacote 50 unidades	50	75,87	3.793,50	12,9
Ácido fórmico (Litro)	100	30	3.000,00	10,2
Ácido sulfúrico (Litro)	250	90	22.500,00	76,8
Total			29.293,50	100

A partir do segundo ano da implantação do processo o custo para o tratamento de 10.000 kg cai para R\$ 29.293,50 gerando um lucro de mais de R\$ 15.000,00.

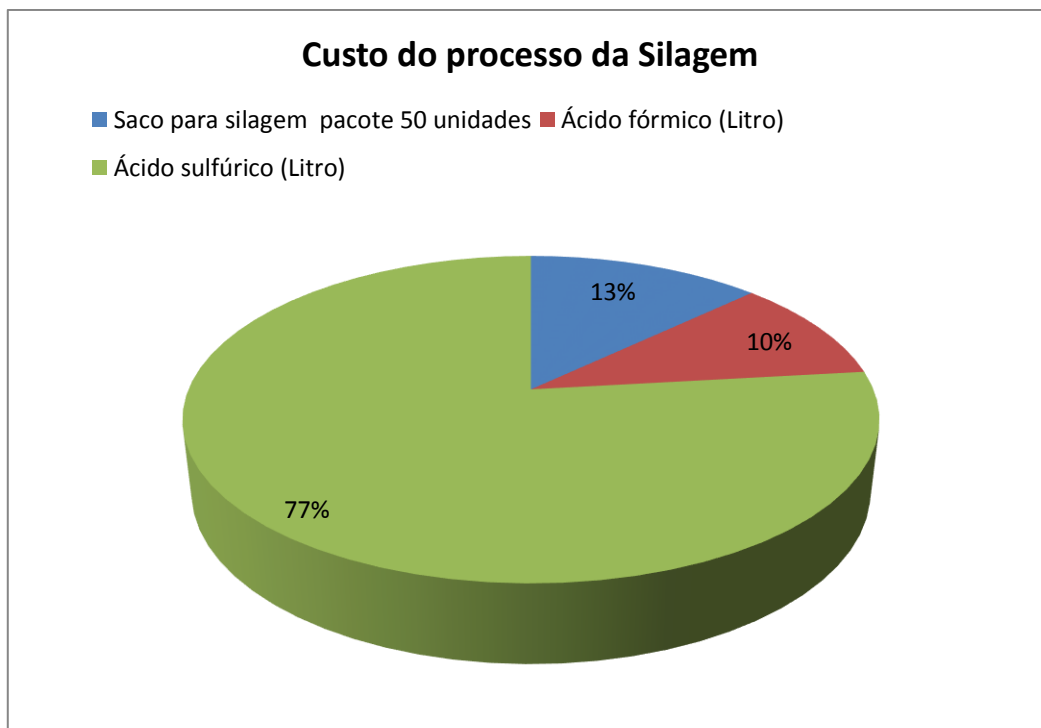


Figura 4.37 - Custo relativo de cada item no processo da silagem.

Esse processo possibilita um retorno do investimento em aproximadamente 3 anos, possibilitando um aumento gradual do processo.

A silagem é processo de reaproveitamento que atende as necessidades do Frigorífico Frigopeixe, pois pode proporcionar um destino nobre aos resíduos, em virtude de seu baixo investimento de implantação e simplicidade de sua tecnologia. Outra característica relevante é a ausência do uso de energia elétrica em seu processo. É uma técnica que independe da escala dos resíduos, podendo tratar uma grande quantidade dos resíduos, além de ser um processo que difere da compostagem por não exala odores desagradáveis.

No entanto o custo inicial se encontra ligeiramente acima do previsto de investimento pela empresa para a implantação de uma forma de tratamento dos resíduos.

4.5.2.2 - O produto final da silagem

O resultado da silagem é uma pasta rica em nutriente, que pode atender as diversas demanda dos criadores de aves, suínos e da própria piscicultura. O concentrado protéico apresenta as mesmas características da matéria-prima, isso significa que o valor nutritivo da silagem está na sua digestibilidade protéica, não devendo ser estocada por

muito tempo. Algumas alternativas para evitar a estocagem, ou mesmo agilizar a vazão do produto, é adicioná-lo a rações de peixe.

Essa técnica mostra-se muito promissora, pois atende uma necessidade básica de tratar os resíduos de forma satisfatória através da produção de um subproduto com um valor nutricional e comercial relevante.

4.5.2.3 - Impacto ambiental

A região onde se encontra aterro sanitário do município de Tefé é cercada por igarapés, que podem ser atingidos por chorume dos resíduos ali descartados. Esses igarapés são utilizados pela população local como área de lazer e para a agricultura, devendo ser preservados.

Minimizar os impactos ambientais negativos de suas atividades deve ser um dos objetivos da empresa, procurando não causar danos à natureza e as pessoas que nela habitam. O frigorífico tem como uma de suas características a geração de resíduos de forma substancial e deve encontrar formas de diminuir essa geração e/ou tratar seus resíduos.

A silagem atente esse anseio do frigorífico, pois diminui o descarte de resíduos no aterro. Apenas pela diminuição desse material destinado ao aterro, já vale a pena pensar em sua implantação, sendo que esse processo também se apresenta como uma técnica simples e que não necessita de grandes investimentos para sua implantação, nem de mão de obra qualificada.

4.5.2.4 - Destino do produto

Essa concentração protéica é um produto com uma capacidade de entrada em diversos setores produtivos do agronegócio. Pode ser utilizado por agricultores e pecuaristas da região em suas criações, uma vez que esse concentrado pode ser ministrado diretamente nas plantações ou na ração de aves, suínos e mesmo de peixe, produzindo bons resultados, além de poder ser escoada para Manaus.

A empresa pode desenvolver parcerias junto aos piscicultores locais, oferecendo-lhes esse subproduto em troca de parte da produção.

4.5.3 - Farinha de pescado

A proteína animal ou farinha de peixe é um produto que apresenta certo grau de sofisticação em sua elaboração, portanto é um subproduto do pescado que requer um nível de investimento razoável e mão de obra com mais qualidade. O produto final do processo é um composto seco, conseguido a partir do cozimento, prensagem, secagem e moagem do pescado inteiro ou do próprio resíduo.

A farinha de peixe é um dos métodos mais usados no tratamento dos resíduos de pescado e serve, principalmente, como ração de animais ou para o enriquecimento e balanceamento de ração animal.

4.5.3.1 O processo da proteína animal

A farinha de peixe um produto mais elaborado que tem em seu processo de confecção uma demanda de equipamentos sofisticados e mão de obra qualificada e com experiência para se atingir um bom rendimento e boa qualidade. A fabricação de farinha de peixe consegue processar tanto peixes inteiros quanto os resíduos do pescado, como carcaças, escamas, esquirolas ósseas e vísceras.

O procedimento para se conseguir esse produto é composto por algumas etapas: cocção, prensagem, secagem e moagem. Todo esse procedimento pode ser feito por uma usina de farinha de peixe, que executa todo o processo, desde o cozimento até moagem.

A aquisição dos equipamentos para a montagem uma planta industrial de farinha de peixe está em torno de R\$ 250.000,00, para uma produção de 300 kg/h a 1.000 kg/h. Essa forma de produção é um processo mais automático e procura atender uma demanda de resíduo a nível industrial. O custo é elevado, uma vez que haveria também a necessidade de construir um galpão de quase 800 m² para abrigar os equipamentos, a um custo aproximado de R\$ 150.000,00. O valor do equipamento mais o valor das instalações gira em torno de R\$ 450.000,00. O funcionamento da fábrica exige um consumo elevado de energia e gás, além de mão de obra qualificada o que torna o processo oneroso.

Uma alternativa com de custo mais baixo é montagem de uma fabrica de farinha de peixe manual e por etapas, mas que necessita de mão de obra tão qualificada quanto à outra. A produtividade é menor, porém, capaz de produzir entre 10.000 e 15.000 quilos por safra.

Tabela 4.6 - Custo da implantação de uma fábrica de farinha de peixe.

Material	Quantidade	Valor Unitário	Valor total	%
Moinho de martelo	1	30.000,00	30.000,00	58,8
Balança mecânica	1	3.000,00	3.000,00	5,9
Caldeirão	1	12.000,00	12.000,00	23,5
Prensa manual	2	3.000,00	6.000,00	11,8
Total			51.000,00	100

Com o quilo da farinha por volta R\$5,00, e uma produção por safra de 21.000 kg o ganho anual é aproximadamente R\$ 105.000,00.

Neste caso faz-se necessário a construção de galpão para abrigar a fábrica, com uma área de 100 m², com um custo de aproximadamente R\$ 80.000,00. Levando em conta o custo do investimento nos equipamentos, no espaço e do processo da fabricação da farinha que não estimamos, porém são consideráveis em virtude da mão obra e consumo de gás e energia, o retorno do investimento seria em torno de 2 anos.

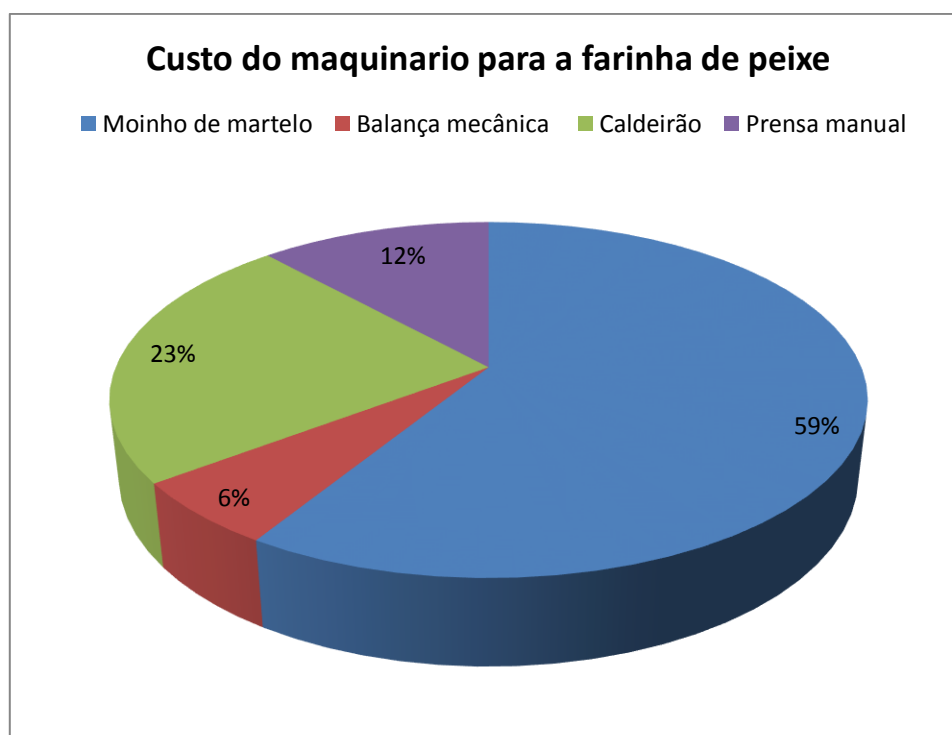


Figura 4.38 - Custo por item dos equipamentos para fábrica de farinha de peixe.

Um impeditivo para a implantação desse processo ainda é o alto custo do investimento inicial.

4.5.3.2 - O resultado do processo

A proteína animal oriunda do pescado é uma substância rica em nutrientes, proteínas e elevado conteúdo energético. A farinha é uma das melhores fontes de origem animal para compor as rações de animais domésticos, como excelente qualidade nutricional, compondo cerca de 30% a 55% dos ingredientes dessas rações.

É um produto que tem um valor agregado maior que outros subprodutos, já que a sua confecção necessita de um investimento maior e o resultado desse processo é matéria prima para outras indústrias de ração e para o setor agropecuário.

4.5.3.3 - Impacto ambiental

O frigorífico gera uma grande quantidade de resíduo, seu processo de filetagem tem rendimento médio, em filé, de cerca de 30% do peso total do peixe, logo outros 70% restantes correspondem aos resíduos e são destinados ao aterro do município.

O tratamento de resíduo através da fabricação de farinha de peixe proporciona resultados iguais aos já mencionados para a compostagem e silagem, pois da mesma forma reduz, ou mesmo elimina, o descarte dos resíduos no aterro, contribuindo para condições melhores naquele ambiente.

É uma tecnologia bem conhecida que atende a necessidade do frigorífico quanto ao reaproveitamento de seus resíduos, porém requer grande aporte financeiro para aquisição dos equipamentos e para sua manutenção. O reaproveitamento dos resíduos, além de ser um tratamento ambiental, permite atender à uma política social da empresa, através da geração de empregos.

A transformação dos resíduos por meio da produção de proteína animal de peixe é uma técnica que necessita de investimento significativo, dificultando a sua implantação em plantas de indústria de porte pequeno e até médio, como é o caso do Frigorífico Frigopeixe, que tem uma produção de 969 toneladas por safra, gerando 171 toneladas de resíduos.

4.5.3.4 - Destino do produto

A farinha de peixe pode ter como principais destinos a indústria de ração de animais concentrada em Manaus e os piscicultores da região do Médio Solimões. É um

subproduto incorporado à ração de peixes, suínos, aves, gados, portanto é matéria-prima para a indústria de ração, um cliente em potencial para o produto.

Sendo um produto mais refinado, seu custo de repasse ao destino final deve ser com valores mais acentuados que outros produtos, portanto o seu destino mais provável seria as indústrias de ração de animais na capital.

Com o aumento nos últimos anos da piscicultura, a demanda por ração também cresceu e, portanto um destino provável para esse produto seriam os piscicultores da região.

CAPÍTULO 5

CONCLUSÕES E SUGESTÕES

Estudando a situação atual da empresa quanto à sua política de tratamento de resíduos sólidos, oriundos do processamento de pescados e seu destino final, levando em conta a infraestrutura existente, a produção por safra e mão de obra especializada utilizada, visando identificar as possibilidades de implantar uma das formas conhecidas de tratamento de resíduo de pescado.

No intuito de apontar qual técnica mais adequar-se-ia à realidade da empresa, estudou-se todo seu processo produtivo, identificando os pontos que geravam resíduos, além coletar junto à administração da empresa a produção média por safra e a média do montante de resíduos gerado. Outro ponto relevante desse estudo é a estrutura e a existência de espaço físico para possíveis instalações a serem usadas para o processo de tratamento dos resíduos. O valor do aporte financeiro a ser usado em cada uma das possíveis técnicas é outra variável a ser levada em consideração para a determinação do processo de tratamento a ser adotado pela empresa.

Três técnicas foram estudadas e levantadas as condições para a implantação de cada uma delas: compostagem, silagem e farinha de pescado.

Concluiu-se que as três técnicas apresentam-se com grande potencial para atender à necessidade da empresa em tratar seus resíduos, através de um processo de transformação de subproduto que venha a anular ou minimizar significativamente o descarte direto no aterro sanitário do município de Tefé/AM, contemplando uma demanda ambiental importante do Frigorífico. No entanto, visando à adequação com aporte físico da empresa e minimizando o impacto de investimento relevantes nesse processo, pôde-se concluir que das três técnicas analisadas, apenas duas delas atendem esses critérios: a compostagem e a silagem.

Dos três procedimentos, a fabricação da farinha de peixe é a técnica que tem maior poder de agregar valor ao produto final do tratamento dos resíduos, já que a farinha é matéria prima para a indústria de ração. No entanto, o aporte financeiro inicial para a implantação dessa fábrica de farinha de peixe é elevado. No caso da planta automatizada os custos giram em torno de R\$500.000,00 e na planta mais básica o custo fica em torno de R\$ 150.000,00. Para uma produção de 4 meses o investimento torna-se inviável, levando em conta o volume a ser processado por safra. Por exigir um

investimento alto, torna-se um investimento pouco atrativo para pequenas e médias empresas. O gasto para manter o funcionamento da fábrica de farinha de peixe também é outro fator que pesa contra a escolha dessa forma de tratamento, pois essa estrutura tem necessidade elevada de energia.

As outras duas técnicas apresentam processos simples e custo mais modestos para implantação, tendo capacidade de tratar, inicialmente, uma porcentagem alta dos resíduos. Inicialmente a técnica da silagem pode tratar até 12 toneladas de resíduo, com o custo do processo um pouco elevado pelos insumos usados. Mesmo assim é um processo que gera um subproduto de qualidade, que tem um bom potencial de entrada no mercado local e regional. O produto pode dar um retorno em até 3 anos, devido o baixo investimento que se faz necessário, cerca R\$ 35.000,00. A outra técnica que apresenta grande potencial de reaproveitamento é a compostagem, com o menor valor de investimento inicial de todas, cerca de R\$ 25.000,00. O produto resultante desse processo é menos nobre que os demais, porém de muita relevância para o setor primário da economia, podendo trazer retorno entre 2 e 3 anos.

O espaço físico necessário é a maior dificuldade para ambas as práticas, mas pode ser solucionado sem maiores problemas pela empresa, considerando a área disponível em seu terreno.

Dessa forma concluímos que a implantação de fabricas de farinha é uma forma interessante de tratar os resíduos de pescados, no entanto seu alto custo de investimento dificulta sua implantação nos pequenos e médios entrepostos pesqueiros. Por outro lado à silagem e a compostagem são as técnicas que apresentam maior potencial de implantação em entrepostos de pequeno e médio porte, em virtude dos baixos custos de investimentos e manutenção de seus processos. O período curto da safra é outra variável relevante na tomada de decisão da implantação do tratamento dos resíduos, uma vez que toda a estrutura ficará ociosa a maior parte do ano.

Assim recomenda-se a utilização da silagem para processar as carnes, ossos, escamas e cabeças, enquanto que a compostagem deve ser usada para o reaproveitamento das vísceras, tendo, dessa forma, dois materiais que atendem os possíveis consumidores.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT - **Associação Brasileira de Normas Técnicas**. NBR - Norma Brasileira Registrada n. 10.004 – Resíduos Sólidos/Classificação, 2004.

ALMEIDA, O. T. **A Indústria Pesqueira na Amazônia, Manaus**. IBAMA/Provarzea (2006).

ARRUDA, L. F. **Aproveitamento do Resíduo do Beneficiamento da Tilápia do Nilo para Obtenção de Silagem e Óleo como subprodutos**. Piracicaba, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, 2004. Dissertação. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11141/tde-05112004-142653/>>. Acesso em 23/06/2018.

ARRUDA, L. F., *et al.* **O preparo da silagem de pescado: lucros extras para a indústria do processamento**. Disponível em <<http://www.panoramadaaquicultura.com.br/paginas/revistas/65/SILAGEM>>. Acesso em: 05/02/2018.

BRASIL. Lei 12.305 de 02 de agosto de 2010. **Institui a Política nacional de resíduos Sólidos**. Altera a lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, nº 147, p. 3, 03 de agosto de 2010.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Secretaria Executiva. Fundo Nacional do Meio Ambiente. **Fomento a projetos de ordenamento da coleta e disposição final adequada de resíduos sólidos: manual para apresentação de propostas**. Brasília: MMA. 2004.

BRASIL. **Ministério da Pesca e Agricultura**. Boletim estatístico da pesca e aquicultura, Brasil 2010. 2010. Disponível em: http://www.mpa.gov.br/imagens/Docs/Informacoes_e_Estatisticas/Boletim%20Estat%C3%ADstico%20MPA%202010.pdf. Acesso em 23 jun. 2018.

CEMPRE - **Compromisso Empresarial para Reciclagem - Lixo Municipal: Manual de Gerenciamento Integrado**. 3. Ed. São Paulo: CEMPRE; 2010.

CINTRA, G. V. **Tratamento de Resíduos Industriais Provenientes do Processo de Pescados do Empreendimento Kipeixe Indústria e Comércio de Pescado Ltda**. Revista Especialize On-Line IPOG, Goiânia, v. 1,ed. 7, n.7, jul. 2014.

COELHO, R. D. P. **Fordismo e Alienação**. Belo Horizonte. 2001. p. 59 -61. v.1, n.3.

ECYCLE. **O que é compostagem? Como funciona? Quais são os benefícios para o meio ambiente e para a sociedade?** Disponível em: <<http://www.ecycle.com.br/component/content/article/67/2368-o-que-e-como-fazercompostagem-compostar-composteira-tecnica-processo-reciclagem-decomposicaodestino-util-solucao-materia-organica-residuos-solidos-lixo-organico-urbanodomestico-industrial-rural-transformacao-adubo-natural.html>>. Acesso em: 23/06/18.

ECO CONSULTORES. **Como funciona o tratamento de resíduos sólidos no Brasil?** Disponível em: <https://eoconsultores.com.br>. Acesso em: 09/01/2019.

FACTORY OF FACTORIES. Disponível em <http://www.factoryoffactories.com/fof_br/process_br.htm>. Acesso em: 23/06/ 2018.

GONÇALVES, M. A. F. **Processos Industriais**. 3. ed. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, Colégio Técnico Industrial de Santa Maria, Curso Técnico em Automação Industrial, 2011.

INÁCIO, C. T.; MILLER, P. R. M. **Compostagem: ciência e prática para a gestão de resíduos orgânicos**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2009.

KELLEHER, D. **Composting fish waste from the aquaculture industry: a technical guide**. [S.l.]: Fisheries Notes, Department of Primary Industries, State of Victoria, 2006.

KIEHL, E. J. **Manual de Compostagem: maturação e qualidade do composto**. Piracicaba: E. J. Kiehl, 1998.

KUBITZA, F., CAMPOS, J. L. **O aproveitamento dos subprodutos do processamento do pescado: a produção em laboratório**. Revista Panorama da Aquicultura, ed. 94, 2006. Disponível em: <<http://about:reader?url=http://www.panoaramadaaquicultura.com.br/paginas/Rev>>.. Acesso em: 05/02/2018.

LEITÃO, B. R. G. S., FAVACHO, M. C. **Elaboração e Avaliação Nutricional da farinha da pele do tambaqui (*Colossoma Macropomum*) e utilização em produtos alimentícios**. Nexus Revista de Extensão do IFAM, v.1, n.2, dez, 2015.

LIMA, L. K. F. **Reaproveitamento de Resíduos Sólidos na Cadeia Agroindustrial do Pescado**. Palmas: Embrapa Pesca e Apicultura, 2013.

LINS, P. M. O. **Beneficiamento do Pescado**. 2011.

MADY, F. T. M. **Produção de adubo orgânico: fonte alternativa de renda para pequenos produtores.** Manaus: SEBRAE-AM/ Programa de Desenvolvimento Empresarial e Tecnológico, 2000.

MAIA, W. M. Jr; SALES, R. O. **Propriedades funcionais da obtenção da silagem ácida e biológica de resíduos de pescado: uma revisão.** Revista Brasileira de Higiene e Sanidade Animal, v.7, n.2, p. 126-156, jul-dez, 2013.

MARTINS, A. G. **A Influência do Gerenciamento de Resíduos Sólidos em um Processo Produtivo.** UFPA, 2014. Dissertação, Instituto de Tecnologia, Universidade Federal do Pará, 2014.

MELO, F. O. *et al.* **Aproveitamento do resíduo a partir do beneficiamento de pescado de uma indústria pesqueira no norte do Brasil.** Revista Labomar: arquivos de Ciências da Mar, Fortaleza, 2011, p. 5-11.

NASCIMENTO, A. M. F. **Aproveitamento do resíduo da filetagem industrial de piramutaba (*Brachplatystoma vaillantii*) na fabricação de farinha para alimentação animal.** UFPA, 2013, Dissertação, Centro de Ciências Naturais e Tecnologia, Universidade Federal do Pará, 2013.

OLIVEIRA, A. L. T., *et al.* **Alternativa sustentável para descarte de resíduos de pescado em Fortaleza.** Revista Brasileira de Higiene e Sanidade Animal, v.6, n.2, p. 1-16, jul-dez, 2012.

Panorama da Aquicultura. Disponível em <<http://www.panoramadaaquicultura.com.br/paginas/Rev>>. Acesso em: 05/02/2018.

PHILIPPI, A. JR., *et al.* **Curso de gestão ambiental.** Barueri, SP: Editora Manole, 2005. p. 74-76.

PIMENTA, M. E. S. G, *et al.* **Silagem de pescado: uma forma interessante de aproveitamento de resíduos do processamento de peixes.** Revista Eletrônica Nutritime, v. 5, n. 4, p. 592-598, Jul-Ago, 2008.

PITTIGLIANI, A. H. **Resíduos de Pescado: Produção de Biodiesel e Extração de Colágeno.** UFRGS, 2014. Monografia, Faculdade de Veterinária, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2014.

ROSSI, M. R. P. S. **Compostagem De Resíduos Sólidos Orgânicos Em Escola De Educação Básica Decaraguatatuba – SP.** UCCB, 2015, Dissertação, Universidade Camilo Castelo Branco, 2015.

SANTOS, M. L., FRANCILENE, I. **Manual de Autocontrole do Frigorífico Frigopeixe da Amazônia.** 2015.

WINDSOR, M. L. **Fish Meal.** 2001. Disponível em <<http://www.fao.org/wairdocs/tan/x5926e/x5926e00.htm>>. Acesso em: 6 dez. 2010

ANEXO I

QUESTIONÁRIO SOBRE REAPROVEITAMENTO DOS RESÍDUOS DE PESCADO DO FRIGORÍFICO FRIGOPEIXE

1. Quando o frigorífico foi fundado?
Fundado ao dia 26 de agosto de 1986.
2. Quantas toneladas de pescado foram desembarcadas por safra, nos últimos três anos?
Ano de 2016 foram desembarcadas 1.470 toneladas;
Ano de 2017 foram desembarcadas 1.250 toneladas;
Ano de 2018 foram desembarcadas 700 toneladas.
3. Quantas toneladas foram produzidas (fabricadas) nos últimos três anos?
Ano de 2016 foram produzidas 1.249,5 toneladas;
Ano de 2017 foram produzidas 1.062,5 toneladas;
Ano de 2018 foram produzidas 595 toneladas.
4. Qual o destino final dos produtos?
() Tefé. Quantas toneladas? _____
(x) Manaus. Quantas toneladas? Em média de 30% do produto final.
(x) Outras cidades do Amazonas?
Quais? Município Tabatinga.
Quantas toneladas? Em média de 15% do produto final.
(x) outros estados?
Quais? Goiânia, Minas Gerais, Distrito Federal, São Paulo, Mato Grosso.
Quantas toneladas? Em média de 55% do produto final.
() outros países?
Quais? _____
Quantas toneladas? _____
5. Quantas toneladas de resíduos foram geradas por safra nos últimos três anos?
Ano de 2016 foram produzidas 220,5 toneladas;
Ano de 2017 foram produzidas 187,5 toneladas;
Ano de 2018 foram produzidas 105 toneladas.
6. Qual o destino final desses resíduos?
Conseguimos uma parceria com a prefeitura do município/Secretaria do Meio Ambiente onde podemos encaminhar nossos resíduos para o “lixão” da cidade localizado na estrada da Emade. Utilizamos uma Canoa para levar do frigorífico até o porto da cidade onde os resíduos são colocados dentro de um baú refrigerado e direcionados ao Aterro sanitário da cidade.
7. Qual a área do terreno do frigorífico?
Possui uma área total de 30.000,00 m², medindo 200,00m de frente por 150,00m de fundos e um perímetro de 600,00mls.
8. Qual a área construída do frigorífico?
Área total construída 2.714,17m².
9. Qual o valor médio do quilo do pescado vendido?
Média de R\$ 12,00.
10. O frigorífico tem planos para a implantação de uma técnica de reaproveitamento de resíduos?
(x) sim; Qual? Postagem.
() não

11. Se sim, até quanto o frigorífico planeja investir nessa técnica?

- (☒) de R\$ 5.000,00 à R\$ 10.000,00;
- (☐) de R\$ 10.000,00 à R\$ 20.000,00;
- (☐) de R\$ 20.000 à R\$ 30.000,00;
- (☐) Mais de R\$30.000,00