

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE ENGENHARIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

Samuel Vinícius Bonato

MÉTODO PARA GESTÃO DE RESÍDUOS NA CADEIA
CERVEJEIRA DO RIO GRANDE DO SUL

Porto Alegre

2016

Samuel Vinícius Bonato

MÉTODO PARA GESTÃO DE RESÍDUOS NA CADEIA CERVEJEIRA DO RIO GRANDE DO SUL

Tese submetida ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal do Rio Grande do Sul como requisito parcial à obtenção do título de Doutor em Engenharia, na área de concentração em Sistemas de Qualidade.

Orientador: Carla Schwengber ten Caten, Dra.

Porto Alegre

2016

Samuel Vinícius Bonato

Método para Gestão de Resíduos na Cadeia Cervejeira do Rio Grande do Sul

Esta tese foi julgada adequada para a obtenção do título de Doutor em Engenharia e aprovada em sua forma final pelo Orientador e pela Banca Examinadora designada pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Prof. Carla Schwengber ten Caten, Dra.

Orientador PPGEP/UFRGS

Prof. Jose Luis Duarte Ribeiro, Dr.

Coordenador PPGEP/UFRGS

Banca Examinadora:

Professora Maria Auxiliadora Cannarozzo Tinoco, Dr^a. (PPGEP/UFRGS)

Professora Rejane Maria Candiota Tubino, Dr^a. (PPGE3M/UFRGS)

Professor Carlos Fernando Jung, Dr. (FACCAT)

"O tempo vai passando, o passado vai pesando
O futuro ninguém sabe, ninguém vê
Vai abrir uma janela de oportunidade
Esteja pronto de verdade pra saltar..."
Humberto Gessinger

Dedicatória

Primeiramente dedico esta tese aos meus pais,
por terem me fornecido todo apoio e suporte
para que um dia eu chegasse até aqui.

Também dedico à Profa. Dra. Liane Bonato (mãe),
ao Prof. Dr. Jorge Braz, à Profa. Dra. Carla ten Caten e
ao Prof. Dr. Carlos Fernando Jung, 4 grandes Doutores,
responsáveis pelo incentivo e inspiração desta história.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), pela formação e o conhecimento construído e também à minha orientadora Prof^a. Dr^a. Carla Schwengber ten Caten, exemplo de profissional, por todo apoio, confiança e paciência, desde o Mestrado.

Aos professores integrantes da banca avaliadora que participaram com grande importância da defesa de qualificação do doutorado e também da defesa da tese de doutorado: (i) Prof^a. Dr^a Maria Auxiliadora Cannarozzo Tinoco; (ii) Prof^a. Dr^a Rejane Maria Candiota Tubino e; (iii) especialmente ao Prof. Dr. Carlos Fernando Jung, pelas contribuições em banca, pelo acompanhamento da tese e de toda a minha trajetória no Doutorado, jamais deixando faltar o incentivo e a motivação pra continuar.

Aos professores (as) do LOPP: Prof. Dr. Fernando Gonçalves do Amaral, Prof. Dr. Francisco José Kliemann Neto, Prof. Dr. José Luis Duarte Ribeiro, Prof. Dr. Cláudio José Müller, Prof. Dr. Ricardo Augusto Cassel, Prof^a. M^a Simone Ramires e Prof^a. Dr^a Lia Buarque de Macedo Guimarães, pelas contribuições, apoio em metodologias e direcionamentos do trabalho.

Aos participantes do grupo focado, mestres-ervejeiros Sr. Werner Emmel e Santiago Sosa, e Doutoranda Miriam Rocha, pelas contribuições e validação do método proposto.

A todos que de alguma forma colaboraram para a realização deste trabalho tanto intelectual quanto tecnicamente.

E um agradecimento especial à minha família, meus pais e irmãos que desde sempre me apoiaram e incentivaram e, à minha noiva Thyele, que com seu apoio, incentivo, compreensão, motivação e amor, se tornou, em pouco tempo, a base fundamental para que eu escrevesse esta história.

RESUMO

O presente trabalho tem como objetivo principal a proposta de um método para gestão de resíduos nas cervejarias do Estado do Rio Grande do Sul. Para isto, o trabalho se propõe a: (i) identificar as alternativas apontadas na literatura para reciclagem de resíduos em cervejarias; (ii) identificar, através de uma pesquisa exploratória, práticas já implementadas atualmente na indústria cervejeira do estado do Rio Grande do Sul e; (iii) priorizar as alternativas de reciclagem de resíduos identificadas. A metodologia de pesquisa utilizada é o *Design Science Research* sendo este a base para as etapas desenvolvidas no trabalho. O método de gestão de resíduos é apresentado e descrito para que as cervejarias executem a gestão de seus resíduos, incluindo-se proporções geradas, alternativas para a reciclagem e também uma possibilidade de retorno financeiro sobre a venda dos mesmos. Uma das principais contribuições desta tese foi criar um passo a passo para que novas cervejarias e também as já existentes no mercado do Rio Grande do Sul possam gerenciar seus resíduos de forma estruturada, buscando, ao invés do descarte inconsciente dos mesmos, a agregação de valor, o retorno financeiro e a preservação do meio ambiente.

Palavras-chave: Cervejarias, Cerveja, Resíduos, Reciclagem, Método.

ABSTRACT

This work has as main objective to propose a waste management method at Rio Grande do Sul's breweries. As secondary objectives, it defines: (i) to identify the alternatives showed on the literature to breweries waste recycling; (ii) to identify, through an exploratory research, the practices that has already be implemented at the beer industry in Rio Grande do Sul and; (iii) to prioritize the identified recycling alternatives. The research methodology applied is the Design Science Research, being it the basis to the steps developed in this work. The waste management method is presented and described aiming that the breweries start its waste management, including quantities, recycling alternatives and also a pay-back related to the wastes selling. One of this tesis mainly contributions was to create a step by step method to new and already running breweries in Rio Grande do Sul manage its wastes as an structured way, searching, instead of an unaware disposal, add value, obtain financial returns and to safeguard the environment.

Key-words: Brewery, Beer, Wastes, Recycling, Method.

LISTA DE SIGLAS

ACV - Análise do Ciclo de Vida
AMBEV - Companhia de Bebidas das Américas
CP - Cleaner Production
DSR - Design Science Research
EC - Economia Circular
IRR - Índice de Reciclagem de Resíduos
LCA - Life Cycle Assessment
LCIA - Life Cycle Impact Assessment
MAPA - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
MBDC - McDonough Braungart Design Chemistry
MGR - Método de Gestão de Resíduos
POA - Porto Alegre
P+L - Produção mais Limpa
RFLP - Retorno Financeiro por Litro Produzido
RFR - Retorno Financeiro sobre Resíduo
RS - Rio Grande do Sul
RUC - Resíduos Úmidos de Cervejaria
SEBRAE - Serviço Brasileiro de Apoio ao Empreendedor
UFRGS - Universidade Federal do Rio Grande do Sul
UNEP - United Nations Environment Programm
WBCSD - World Business Council for Sustainable Development
ZWIA - Zero Waste International Alliance
ZERI - Zero Emissions Research Initiatives

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Características da <i>Cleaner Production</i>	19
Figura 2 - Diferenças entre Produção Mais Limpa e Produção Limpa	20
Figura 3 - Economia Linear e Economia Circular.....	21
Figura 4 - Conceitos dos 3R's.....	22
Figura 5 - Conceitos dos 3R's adicionais aos 6R's	22
Figura 6 - Diferenças entre Produção Limpa e Emissão Zero.....	24
Figura 7 - Evolução do número de cervejarias registradas no RS até abril/16.....	27
Figura 8 - Número de Cervejarias por Porte no RS.....	28
Figura 9 - Fluxo do Processo Cervejeiro Máximo	29
Figura 10 - Principais resíduos do processo cervejeiro	30
Figura 11 - Fotos dos resíduos do processo cervejeiro.....	31
Figura 12 - Atividades do DSR e Pontos a Explicitar	42
Figura 13 - Método de trabalho conforme o Método de Pesquisa <i>DSR</i>	43
Figura 14 - Método para revisão da literatura	45
Figura 15 - Cervejarias por Região do RS.....	47
Figura 16 - Adequações realizadas para o roteiro definitivo.....	48
Figura 17 - Principais Resíduos do Processo Cervejeiro.....	49
Figura 18 - Agenda realizada no Grupo Focado	51
Figura 19 - Síntese das contribuições geradas no Grupo Focado.....	53
Figura 20 - Síntese das Alternativas Identificadas na Literatura.....	54
Figura 21 - Síntese dos destinos encontrados em sites.....	55
Figura 22 - Síntese do perfil das cervejarias entrevistadas.....	57
Figura 23 - Produção (litros/mês) das cervejarias entrevistadas	57
Figura 24 - % de Entrevistas por Região	58
Figura 25 - Alternativas de reciclagem praticadas pelas cervejarias do RS	59
Figura 26 - Síntese geral das respostas das cervejarias	59
Figura 27 - Alternativas de reciclagem sugeridas por especialistas	60
Figura 28 - Fusões, exclusões e alterações de nomenclatura das alternativas.....	61
Figura 29 - Síntese geral das alternativas de reciclagem de resíduos.....	62
Figura 30 - Diagrama do Método Proposto	64
Figura 31 - Referência de proporções de cada resíduo.....	65
Figura 32 - Síntese de informações sobre a alternativa	66
Figura 33 - Retorno financeiro da venda de resíduos (2016)	67

Figura 34 - Indicadores para medição de resultados	69
Figura 35 - Síntese das respostas à questão 1 - Região POA	92
Figura 36 - Síntese das respostas à questão 1 - Região Grande POA e Vale dos Sinos.....	92
Figura 37 - Síntese das respostas à questão 1 - Região Serra.....	93
Figura 38 - Síntese das respostas à questão 1 - Demais Regiões	93
Figura 39 - Destinos dados pelas cervejarias aos resíduos orgânicos	94
Figura 40 - Destinos dados pelas cervejarias aos resíduos sólidos.....	95
Figura 41 - Destinos dados pelas cervejarias aos efluentes líquidos.....	95
Figura 42 - Síntese das respostas à questão 2.....	96
Figura 43 - Necessidades de reaproveitamento	97
Figura 44 - Síntese das respostas à questão 4.....	97
Figura 45 - Síntese das respostas à questão 5.....	98
Figura 46 - Síntese das respostas à questão 3 por cervejarias do RS	99
Figura 47 - Síntese das respostas à questão 3 por mestres-ervejeiros gaúchos	100
Figura 48 - Síntese das respostas à questão 3 por cervejarias alemãs	101

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
1.1 Tema e Objetivos	14
1.2 Justificativa	15
1.3 Delimitações do Trabalho	15
1.5 Estrutura do Trabalho	16
2 REFERENCIAL TEÓRICO	18
2.1 Gestão Ambiental	18
2.1.1 Produção Limpa	18
2.1.2 Produção Mais Limpa e Ecoeficiência (<i>Eco-efficiency</i>)	19
2.1.3 Economia Circular (EC).....	21
2.1.4 Life Cycle Assessment (LCA)	23
2.1.5 Zero Emissões (<i>Zero Emissions Concept</i>)	24
2.1.6 Berço-a-Berço (<i>Cradle-to-Cradle</i>)	25
2.2 O Mercado Cervejeiro	26
2.2.1 O Mercado Cervejeiro Gaúcho	27
2.2.2 Cervejarias	27
2.2.3 O processo cervejeiro	28
2.3 Alternativas de reciclagem de resíduos em cervejarias	32
2.3.1 Alternativas para o bagaço do malte	32
2.3.2 Alternativas para a água	33
2.3.3 Alternativas para leveduras (fermento).....	34
2.4 Descrição das alternativas identificadas	35
2.4.1 Ração animal (alimentação animal).....	35
2.4.2 Adubo	35
2.4.3 Pão.....	36
2.4.4 Biogás.....	36
2.4.5 Substrato para Produção de Cogumelos.....	37
2.4.6 Substrato para Produção de Enzimas	37
2.4.7 Aperitivos.....	38
2.4.8 <i>Cookies</i>	38
2.4.9 Absorventes.....	39
2.4.10 Concretos e Materiais Cerâmicos	39
2.4.11 Papel.....	39
2.4.12 Tijolos	39
2.4.13 Bioetanol	40
2.4.14 Tabletes	40
2.4.15 Celulose.....	40
2.4.16 Colas e Adesivos.....	41
3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	42
3.1 Conscientização - levantamento de dados	43
3.1.1 Estudo 1 - Literatura	44
3.1.2 Estudo 2 - Pesquisa em Sites.....	46
3.1.3 Estudo 3 - Pesquisa com Cervejarias	46

3.1.4 Estudo 4 - Pesquisa com Especialistas.....	50
3.2 Sugestão - processo criativo para proposição do método.....	50
3.3 Desenvolvimento - criação da proposta de Método de Gestão de Resíduos	51
3.4 Avaliação - Validação do Método de Gestão de Resíduos.....	51
3.5 Conclusão - lições aprendidas e contribuições do método	53
4 LEVANTAMENTO E ANÁLISE DOS DADOS.....	54
4.1 Estudo 1 - Levantamento de dados na literatura.....	54
4.2 Estudo 2 - Levantamento de dados através de sites.....	55
4.3 Estudo 3 - Pesquisa com cervejarias.....	56
4.3.1 Perfil Geral das Cervejarias Entrevistadas.....	56
4.3.2 Destinos dados para Resíduos nas Cervejarias do RS	58
4.4 Estudo 4 - Pesquisa com especialistas.....	60
4.5 Síntese Geral dos Dados Levantados.....	60
5 MÉTODO DE GESTÃO DE RESÍDUOS (MGR)	63
5.1 Determinar os resíduos gerados pelo processo.....	64
5.2 Determinar as quantidades e proporções de cada resíduo	65
5.3 Decisões - Reduzir, Reutilizar ou Reciclar.....	65
5.4 Analisar/definir as alternativas para o processo	65
5.5 Realizar secagem do resíduo	66
5.6 Definir forma de armazenagem e transporte	67
5.7 Executar o processo	68
5.8 Medir os resultados do processo.....	68
5.9 Analisar as lições aprendidas no processo.....	69
5.10 Otimizar o processo	69
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	70
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	72
APÊNDICE A - Lista de Cervejarias com nome Fantasia	82
APÊNDICE B - Roteiro Preliminar de Pesquisa.....	84
APÊNDICE C - Roteiro de Pesquisa definitivo	85
APÊNDICE D - Roteiro de Pesquisa traduzido para língua alemã.....	86
APÊNDICE E - Material de apoio para o <i>Focus Group</i>	87
APÊNDICE F - Síntese das respostas à questão 1	92
APÊNDICE G - Síntese das questões 2, 4 e 5 da pesquisa com cervejarias	96
APÊNDICE H - Síntese das respostas de especialistas.....	99
ANEXOS	102
ANEXO A - Cervejaria com o conceito de Emissões Zero (KUEHR, 2007)	102

1 INTRODUÇÃO

A cada ano que passa as organizações têm se tornado mais conscientes em relação às necessidades de redução dos impactos ambientais de suas operações através do uso de ferramentas de gestão ambiental (HOFER; CANTOR; DAI, 2012; MEZINSKA; STRODE, 2015). Além disso, as pressões sociais e ambientais para esta redução também crescem a cada instante, levando tanto países desenvolvidos como subdesenvolvidos a modificar seus processos industriais para que seja possível a reciclagem de seus resíduos (MUSSATO; DRAGONE; ROBERTO, 2006).

Em paralelo a este novo momento em relação a abordagens ambientais, a possibilidade de fabricação de cerveja é uma questão que tem atraído, nos últimos anos, muitos adeptos dentro do estado do Rio Grande do Sul (RS). O processo de fabricação, por não ser um processo complicado, pode ser feito em grandes, médias, pequenas e micro cervejarias e, inclusive, pode ser realizado artesanalmente, em casa. O crescimento deste setor no RS fica evidente quando o BRASIL-MAPA (2016) informa que, no final de 2015 existiam 89 cervejarias gaúchas registradas no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), contra 59 encontradas nos registros deste Ministério ao final de 2014, ou seja, um incremento de mais de 50% no número de cervejarias. Além disto, há ainda as cervejarias que ainda encontram-se na informalidade e os cervejeiros caseiros que produzem a sua cerveja por *hobby*, podendo estes chegar a mais de mil, segundo a ACERVA (2016).

É inegável que este crescimento do segmento apresentado dentro do Estado do RS tem sido importante e que muitos cervejeiros buscam a possibilidade de tornar este *hobby* um negócio para gerar retornos financeiros, porém existem outros aspectos que devem ser analisados além do retorno econômico do negócio, sendo um deles os impactos ambientais que podem ser gerados a partir dos resíduos que sobram durante todo o processo, aspecto este cada vez mais amparado, segundo Slawitsch et al. (2014), por pressões de leis e pelo aumento da consciência ambiental dos consumidores. No caso da indústria cervejeira, esta gera grandes quantidades de resíduos, sendo mais comuns e impactantes o bagaço de malte, o *trub* e as leveduras (fermento) (ISHIWAKI et al., 2000).

Olajire (2012) destaca que, além do barulho e odor oriundo das operações, as maiores preocupações em relação a cervejarias estão relacionadas a poluição da água e o descarte de resíduos, mesmo que estas possam ser consideradas como limpas, quanto à atividade e não pró-ativas, em relação à importância dada às questões ambientais (LUCAS; NOORDEWIER,

2016). Nesse sentido, desenvolver esta pró-atividade pode trazer benefícios em forma de melhorias no desempenho ambiental e em relação à custos (GRAHAN; POTTER, 2015).

No nível dos processos de fabricação da cerveja, melhorar a utilização de energia e materiais pode alavancar a eficiência da produção e do processamento, existindo uma clara necessidade de expansão do foco do passado e da produção limpa existente, que são principalmente focadas no controle de perdas através do reforço da eficiência no uso de recursos (NARAYANASWAMY et al., 2005). Para um produção limpa mais eficiente, além de melhorar os processos de fabricação e investir em tecnologia, a reutilização de água tratada, a reciclagem de resíduos e a prevenção de perdas são fundamentais (WALTER et al., 2005). Por outro lado, a criação de modelos de negócio sustentáveis pode ser também um ponto-chave para desenvolvimento de vantagens competitivas (BOCKEN et al., 2014).

Cordella et al. (2008) recomenda os seguintes pontos para a gestão ambiental em cervejarias: *i*) monitorar, registrar e analisar as entradas e saídas do sistema de produção; *ii*) selecionar com cuidado os fornecedores; *iii*) melhorar as políticas de economia de energia; *iv*) melhorar as soluções para entrega de produtos e; *v*) definir estratégias para a reciclagem de resíduos.

A realização de uma destinação e reciclagem adequada dos resíduos sólidos vem também da necessidade de preservação do solo, que pode sofrer danos e alteração que afetem todas as formas de vida. Além disso, é preciso que se produza cada vez menos resíduos e que se recicle cada vez mais cada resíduo que for gerado (MAZZER; CAVALCANTI, 2004). Nesse sentido, surge a questão: como pode ser feita o gestão dos resíduos gerados dentro do processo de fabricação de cerveja, através da reciclagem?

1.1 Tema e Objetivos

O tema desta tese é a gestão de resíduos do processo produtivo de cervejarias através da reciclagem.

O objetivo geral é a proposta de um método para gestão de resíduos nas cervejarias do Estado do RS. Já como objetivos específicos foram definidos:

- i*) identificar as alternativas apontadas na literatura para reciclagem de resíduos em cervejarias;
- ii*) identificar práticas já implementadas atualmente na indústria cervejeira do estado do Rio Grande do Sul
- iii*) priorizar as alternativas de reciclagem de resíduos identificadas;

1.2 Justificativa

A indústria cervejeira gera grandes quantidades de sub-produtos e resíduos, podendo estes ser reciclados imediatamente (ISHIWAKI et al., 2000). Entretanto, estes resíduos recebem pouca atenção como uma *commodity* e sua disposição acaba sendo um problema para as empresas, o que tem gerado a necessidade do mercado cervejeiro criar novas técnicas para gestão destes resíduos (MUSSATO; DRAGONE; ROBERTO, 2006; BRASIL-MMA, 2016).

Atualmente a redução de resíduos em cervejarias tem sido baseada em informações insuficientes sobre o assunto, o que resulta na perda de oportunidades, por parte da empresa, de redução de custos nesta área (FAKOYA; VAN DER POLL, 2013). Nesse sentido, o modelo "*The green brewery concept*" aborda a redução de consumo de energia térmica em cervejarias (SLAWITSCH et al., 2011), porém outras iniciativas em gestão das operações de produção, são necessárias e a gestão dos resíduos de cervejarias deveria, assim como manutenção, produção e custos, ser incluída em um sistema de gestão corporativo, o que demandaria conhecimentos e informações básicas para melhorar a eficiência do sistema como um todo (OLAJIRE, 2012).

A lacuna referente à necessidade de melhores práticas de gestão de resíduos em cervejarias deve ser uma preocupação ainda maior quando considera-se o crescimento de mais de 300% do setor nos últimos 3 anos dentro do estado do Rio Grande do Sul. Se por um lado, este crescimento é importante em termos econômicos, por outro a geração de resíduos e a reciclagem destes se torna essencial no que se refere a questões ambientais. Desta forma, a criação de um método de gestão para resíduos, considerando-se a reciclagem destes e a sua transformação em matérias-primas para geração de novos produtos em outros segmentos, torna-se uma necessidade da indústria cervejeira em relação à preservação do meio ambiente e também pode ser uma alternativa para geração de novas receitas oriundas das sobras do seu processo.

1.3 Delimitações do Trabalho

Para fins de desenvolvimento desta tese, a mesma apresenta as seguintes delimitações quanto ao método:

- i) a abordagem tem como foco a gestão de resíduos através da reciclagem, ou seja, transformação destes resíduos em novos produtos. Nesse sentido, as abordagens não consideram a redução do consumo de matérias-primas e também não

consideram a reutilização dos resíduos, ou seja, o reaproveitamento do resíduos para reincorporação no processo, sem alteração das suas características;

- ii) As pesquisas exploratórias para levantamento de alternativas de reciclagem de resíduos foram realizadas considerando aquelas existentes para todos os resíduos de cerveja, porém o método se concentra na categorização e análise de resíduos gerados especificamente do produto cerveja: bagaço de malte, *trub*, leveduras (fermento) e lúpulo.

1.4 Procedimentos Metodológicos

Para a realização desta tese utiliza-se como metodologia de pesquisa o *Design Science Research (DSR)* (TRULLEN; BARTUNECK, 2007), pois esta é uma metodologia que envolve a criação e a análise do desempenho de um artefato que é gerado através de um processo criativo e que para ser finalizado pode fazer uso de diversas técnicas qualitativas para medir a sua efetividade (MANSON, 2006). Como macroetapas podem ser destacadas a revisão bibliográfica, o levantamento de dados e a construção e validação do método de gestão de resíduos.

1.5 Estrutura do Trabalho

O trabalho é estruturado no formato tradicional de tese, sendo composto de 6 capítulos. O primeiro capítulo aborda a introdução do trabalho onde são apresentados o tema de estudo, objetivos, justificativa e limitações do tema abordado.

O segundo capítulo apresenta o estado da arte pesquisado através de artigos, periódicos, revistas, livros e sites gerando o referencial teórico para o estudo. As principais bases de dados consultadas foram o *ScienceDirect* e o *Scopus*. As buscas abrangeram palavras-chave relacionadas a gestão ambiental, sustentabilidade, mercado cervejeiro, cervejaria, resíduos e reciclagem. A partir dos resultados encontrados neste capítulo foi possível embasar de forma adequada as pesquisas e o método de gestão de resíduos.

O terceiro capítulo apresenta os procedimentos metodológicos para realização dos estudos. Nesse sentido foi utilizado como método de pesquisa o *Design Science Research (DSR)* e, tendo este como base, o método de trabalho contemplou uma pesquisa exploratória para identificação de alternativas de reciclagem de resíduos no mercado cervejeiro, a

construção de um método para gestão de resíduos e a validação do método através de um Grupo Focado.

O quarto capítulo aborda a descrição dos dados levantados durante as quatro pesquisas realizadas, sendo a primeira em sites, a segunda na literatura, a terceira com cervejarias do Rio Grande do Sul e a quarta com especialistas da área. A partir da compilação e apresentação dos dados, os mesmos são analisados e ao final do capítulo uma síntese geral é apresentada com os resultados gerais das pesquisas.

O quinto capítulo traz a construção do método de gestão de resíduos, sendo este apresentado em forma de fluxo e considerando as alternativas de reciclagem de resíduos definidas durante a realização das pesquisas.

Por fim, o capítulo seis aborda as considerações finais, discutindo as principais contribuições da tese e encaminhando possíveis direções para trabalhos futuros. Ainda na parte final, são apresentadas as referências bibliográficas, os apêndices e anexos do trabalho.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Este capítulo apresenta um referencial teórico, dividido em seções, a saber: 2.1 - gestão ambiental; 2.2 - O mercado cervejeiro; 2.3 - Alternativas de reciclagem de resíduos em cervejarias e; 2.4 - Descrição das alternativas identificadas.

2.1 Gestão Ambiental

BRASIL (2010) define que a reciclagem é a alteração das propriedades biológicas, físicas ou físico-químicas de resíduos sólidos através de sua transformação em insumos ou novos produtos e que um produto reciclado é um bem econômico e de valor social, gerador de trabalho, renda e promotor da cidadania. Apesar disso, ainda complementa que a reciclagem não é a única abordagem de gerenciamento de resíduos sólidos, devendo também ser observadas, em ordem de prioridades a: *i)* não geração, *ii)* redução, *iii)* reutilização; *iv)* a própria reciclagem; *v)* tratamento dos resíduos sólidos e; *vi)* a disposição final adequada.

Na sua grande maioria, a indústria aborda, para tratamento de seus resíduos, uma abordagem de fim de tubo (*end-of-pipe*), ou seja, o tratamento da poluição gerada por seu processo é feito no descarte dos poluentes, implantando-se equipamentos e instalações que tendem a elevar os custos de seus produtos, visto que não agregam valor aos mesmos (OTTO; WOOD, 2001). Em contraponto, o ZWIA (2016) define que o conceito de Zero Resíduos (*Zero Waste*) está relacionado ao desenvolvimento e gestão de produtos e processos para evitar e eliminar sistematicamente o volume e a toxicidade de lixo e materiais. Os itens 2.1.1 a 2.1.6 apresentam conceitos relacionados à gestão ambiental.

2.1.1 Produção Limpa

Uma produção limpa (*Cleaner Production - CP*) deve focar na redução em quantidade e toxicidade de todas as emissões e resíduos antes dos mesmos deixarem o processo produtivo. As ferramentas existentes relacionadas a esta área separam a CP em dois grupos: *i)* orientados para redução de emissões e resíduos e, *ii)* orientados para a reutilização destas emissões e resíduos (RIVERA et al., 2009).

Rahin e Raman (2015) apresentam algumas oportunidades e benefícios que podem ser gerados a partir da implementação da produção limpa. A Figura 1 destaca estas características relacionadas ao conceito.

No.	Oportunidades de Produção Limpa	Benefícios Esperados
1	Desenvolvimento de procedimentos padrão para todas as atividades e processos industriais	> Prevenção de desperdício de energia devido a retrabalho e; > Prevenção de geração de perdas por má-qualidade
2	Segregar as perdas conforme classificação	> Aprimoramento das habilidades de reciclagem e reuso de materiais
3	Implementação de práticas <i>First in first out</i> (FIFO)	> Redução da geração de perdas devido a materiais fora da validade
4	Minimização da frequência de <i>set-up</i> de produto	> Redução de desperdício de água devido à atividades de limpeza
5	Manutenções programadas de células de operação	> Redução de perda de material por vazamento
6	Treinamento apropriado em embalagem	> Redução de perdas por materiais de embalagem fora da especificação

Figura 1 - Características da *Cleaner Production*

Fonte: adaptado de Rahin e Raman (2015)

Severo et al. (2012) abordam o conceito de *Cleaner Production* salientando que o mesmo deve considerar variáveis ambientais em todos os níveis da organização, buscando tornar o processo mais eficiente através de ações implementadas na companhia, principalmente no processo de produção. Um aspecto importante a salientar é que o tamanho de uma organização não impacta diretamente nas saídas relacionadas ao meio ambiente, levando à conclusão de que o desempenho organizacional é resultado direto da aplicação de práticas de sustentabilidade ambiental. Nesse sentido, salienta-se que estes achados podem ser motivadores para que as empresas implementem a produção limpa para obtenção de melhores resultados (SEVERO et al., 2015).

2.1.2 Produção Mais Limpa e Ecoeficiência (*Eco-efficiency*)

Estratégias de Produção Mais Limpa (P+L) são resultados da mudança de enfoque ambiental da abordagem da contaminação para prevenção (DIAS, 2011). Segundo a UNEP (2016) a P+L é um viés de proteção ambiental que considera todo o ciclo de vida do produto e todo o processo produtivo, com o intuito de prevenir e eliminar os riscos da geração e consumo de resíduos para os seres humanos e o meio ambiente. Barbieri (2011) classifica a P+L em três diferentes níveis, sendo:

- i) Nível 1 - Prioridade Máxima: modificar produtos e processos para reduzir emissões e resíduos na fonte;

- ii)* Nível 2 - Reutilizar internamente, no próprio processo, os resíduos que continuarem a ser gerados, mesmo após o nível 1;
- iii)* Nível 3 - Emissão não pode ser reaproveitada por quem gerou, nesse caso a alternativa é a reciclagem externa disponibilizando os resíduos para quem possa aproveitar.

Apesar da nomenclatura dos conceitos, a "Produção Limpa" é mais limpa do que a "Produção Mais Limpa" (MELLO; NASCIMENTO, 2002). As diferenças entre os conceitos de Produção Limpa e Produção Mais Limpa são apresentados na Figura 2.

	Produção Mais Limpa	Produção Limpa
Processo	Redução da Toxicidade das emissões e resíduos	Atóxico
	Conservação de materiais, água e energia	Energia-eficiente
	Eliminação de materiais tóxicos e perigosos	Materiais renováveis
Produto	Redução do impacto ambiental e para saúde humana durante: i) a extração; ii) manufatura; iii) consumo/uso; iv) disposição/descarte final	Deve apresentar características como: i) durável e reutilizável; ii) fácil de desmontar e remontar; iii) mínimo de embalagem; iv) utilização de materiais reciclados e recicláveis

Figura 2 - Diferenças entre Produção Mais Limpa e Produção Limpa
Fonte: adaptado de Mello e Nascimento (2002)

Por outro lado, a ecoeficiência é um modelo de produção e consumo sustentável e tem como fundamento a ideia de que a competitividade da empresa aumenta através da redução de materiais e energia por produto ou serviço, trazendo ainda a redução de pressões sobre o meio ambiente (BARBIERI, 2011). Nesse caso, uma empresa poderia tornar-se ecoeficiente ao: *i)* minimizar a intensidade de materiais e energia nos produtos e serviços; *ii)* minimizar a dispersão de materiais tóxicos pela empresa; *iii)* aumentar o nível de reciclabilidade de seus materiais; *iv)* maximizar o uso de recursos renováveis; *v)* aumentar a durabilidade de seus produtos e; *vi)* incrementar a intensidade de serviços (WBCSD, 1996). Em comparação com a Produção Limpa, que foca mais a parte operacional do negócio, pode-se dizer que a Ecoeficiência foca mais na parte estratégica (VAN BERKEL, 2007).

A ecoeficiência oferece vantagens econômicas de curto prazo, além de possibilitar a redução de recursos e da poluição. Entretanto a abordagem precisa de uma visão de longo prazo para estabelecer relações adequadas entre a indústria e o meio ambiente (NEWCORN, 2014).

2.1.3 Economia Circular (EC)

A Economia Circular tem como objetivo conduzir, através de um modelo de negócios, ao desenvolvimento de uma sociedade mais harmoniosa (MATHEUS; TAN, 2011; NAUSTDALSLID, 2014). A economia circular é um dos últimos conceitos que aborda tanto conceitos econômicos como ambientais, objetivando transformar perdas em recursos (WITJES; LOZANO, 2016) sendo diferente do modelo de economia linear que domina a sociedade, conforme ilustrado na Figura 3 (SAUVÉ; BERNARD; SLOAN, 2016). Uma das motivações para a criação deste conceito foram relevantes ideias que surgiram no passado a respeito de reutilização, remanufatura e reciclagem (LIEDER; RASHID, 2016).



Figura 3 - Economia Linear e Economia Circular
Fonte: adaptado de Sauvé, Bernard & Sloan (2016)

Através da adoção de um padrão de produção de fechamento de *looping* focando nos resíduos urbanos e industriais, a economia circular objetiva aumentar a eficiência no uso de recursos (GHISELLINI; CIALANI; ULGIATI, 2016) e tem como ferramentas relacionadas o *eco-design* e a análise do ciclo de vida (ACV) do produto (PRENDEVILLE et al., 2012). A EC, visto seus conceitos básicos tem se tornado não apenas uma opção, mas algo inevitável para a continuidade da prosperidade econômica e o balanço ecológico (JAWAHIR; BRADLEY, 2016).

Segundo BRASIL-MMA (2016), o Princípio dos 3R's - Reduzir, Reutilizar e Reciclar pode ser um caminho para auxiliar na solução dos problemas do lixo e resíduos industriais. Entretanto, além da aplicação dos princípios, outros fatores devem ser considerados, como a prevenção e não-geração de resíduos, além de padrões de consumo sustentável. A Figura 4 apresenta um breve conceito de cada um dos R's.

"R"	Conceito
Reduzir	Significa o consumo de menos produtos e dar preferência aos que são mais duráveis ou ofereçam menor potencial de geração de resíduos.
Reutilizar	Uso de algo novamente, por exemplo potes de sorvete que servem para guardar alimentos.
Reciclar	Transformação dos materiais para a produção de matéria-prima para outros produtos.

Figura 4 - Conceitos dos 3R's
Fonte: adaptado de BRASIL-MMA (2016)

Além desses, o Instituto Akatu (2004), sugere também um novo "R", o "Repensar". Este "R" aborda a necessidade de que cada um deve refletir sobre os seus atos de consumo e os impactos que eles provocam sobre si, a economia, as relações sociais e a natureza.

Apesar da abordagem dos 3R's ter sido considerada em inúmeros cenários para gestão integrada de resíduos com o objetivo de reduzir resíduos sólidos de indústrias, muitos destes esforços não apresentaram os benefícios esperados (BAKER et al., 2004), ainda havendo um forte desequilíbrio pois enquanto a reciclagem e a reutilização já são bem aceitos, a redução ainda encontra fortes resistências culturais e econômicas (MIRANDA, 2014). Por outro lado, há também novas abordagens, como a dos 6R's, que além dos 3R's já propostos, apresenta ainda outros 3R's: recuperação, redesign e remanufatura (ver detalhamento na Figura 5), ampliando a atuação para criação de uma empresa mais sustentável (JOSHI; VENKATACHALAN, JAWAHIR, 2006).

"R"	Conceito
Recuperação	Coleta dos produtos no final do estágio de uso, desmontagem, seleção e limpeza dos mesmos para uso em ciclos de vida subsequentes.
Redesign	Envolve a ação de redesenhar a próxima geração de produtos com base no uso de componentes, materiais e recursos do ciclo de vida ou geração anterior.
Remanufatura	Reprocessamento de produtos já usados para o seu estado de "como novo", utilizando todas as partes possíveis sem perder a funcionalidade.

Figura 5 - Conceitos dos 3R's adicionais aos 6R's
Fonte: adaptado de Jawahir & Bradley (2016)

2.1.4 Life Cycle Assessment (LCA)

A Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) ou *Life Cycle Assessment (LCA)* é, segundo Roy et al. (2009), uma ferramenta que pode ser utilizada para avaliar os impactos de um determinado produto, processo ou atividade durante o seu ciclo de vida. Segundo os mesmos autores, a metodologia *LCA* é muito útil para que se faça a avaliação da segurança alimentar e dos impactos ambientais de produtos e sistemas de produção, porém ainda deve ser aprimorada.

Este processo sistemático (*LCA*) é composto por 4 estágios: *i*) escopo e metas; *ii*) análise do inventário do ciclo de vida (*life cycle inventory analysis - LCI*); *iii*) avaliação do impacto do ciclo de vida (*life cycle impact assessment - LCIA*) e; *iv*) interpretação (WOLF et al., 2012; ISO 14040, 2006). Nesse sentido, Ekvall et al. (2007) destacam que através da abordagem do ciclo de vida várias decisões relacionadas à gestão de resíduos podem ser tomadas e, esta abordagem, conforme Lazarevic et al. (2012), é muito utilizada para identificar impactos ambientais da reciclagem e elevar estas questões ambientais a uma perspectiva sistêmica. Essa perspectiva sistêmica deve ser considerada, inclusive nas relações entre países, pois conforme Jensen, Moller & Scheutz (2016) apontam em seu estudo que na fronteira entre a Alemanha e a Dinamarca há uma grande diferença nos destinos dados aos resíduos. Enquanto a Dinamarca utiliza a incineração com solução para resíduos orgânicos, a Alemanha combina a produção de biogás e compostagem, além de tratamentos mecânicos e biológicos.

A utilização do conceito de *LCA* é aplicada na indústria cervejeira por Cordella et al. (2008) através da detecção e quantificação de impactos ambientais oriundo do ciclo de vida de uma cerveja Lager fabricada em uma microcervejaria italiana. No estudo os autores afirmam que as ações mais efetivas para reduzir os impactos ambientais devem ser aplicadas no estágio de consumo, principalmente em relação às embalagens (barris e garrafas) porém sugerem também a necessidade de monitorar, registrar e analisar as entradas e saídas do sistema de produção.

Outros esforços de avaliação dos impactos do ciclo de vida (*LCIA*) relacionados aos estágios de embalagem são destacados por Simon, Amor e Földényi (2015), relacionando os impactos do uso das embalagens e da necessidade de um sistema logístico reverso adequado para reaproveitamento de embalagens de transporte e embalagens diretas do produtos, como barris e garrafas.

2.1.5 Zero Emissões (*Zero Emissions Concept*)

O conceito de emissões zero requer o redesenho dos processos industriais para que os resíduos destes sejam totalmente reutilizados, sendo o "próximo passo" da evolução dos conceitos de produção limpa (*cleaner production*), conforme apresentados na Figura 6 (BRAUNGART; MCDONOUGH; BOLLINGER, 2006; KUEHR, 2007). Kuehr (2007) também destaca que as principais abordagens desta filosofia se dividem para:

- i) grandes sistemas de energia e materiais, no caso com a formação de *clusters* onde as entradas de uma empresa advém das perdas de outra empresa;
- ii) pequenos sistemas de energia e materiais, considerando retornos de materiais para a agricultura e indústria de alimentos e;
- iii) sistemas regionais, através da integração de conhecimento entre *stakeholders*, evitando assim trabalho duplicado.

Produção Limpa (Reduzir, Reciclar, Reutilizar)	Emissão Zero (Produtividade Total)
Minimização dos efeitos posteriores	Novas indústrias na cadeia
Minimização dos resíduos	Agregação de valor
Mínimos custos	Aumento de receitas
Modificação de processos individualmente	Agrupamento de empresas
Análise de entradas e saídas	Conexão entre entradas e saídas
Minimização de resíduos através da modificação do processo de produção	Abordagem integral, geração de empregos
Durante processo	Objetivo Final

Figura 6 - Diferenças entre Produção Limpa e Emissão Zero
Fonte: adaptado de Kuehr (2006)

A redução das perdas a zero é um grande objetivo da indústria, porém todo processo gera perdas, o que leva a organização a recolocar no processo as saídas que não foram transformadas em produto. Entretanto, a expectativa de chegar ao "zero" desta forma pode nunca ser alcançada individualmente, mas sim através da formação de arranjos produtivos locais que conseguem, através das relações entre seus participantes, aproveitar como insumos do processo de um, as emissões do processo de outro (PAULI, 1997; KUEHR, 2007).

Nesse sentido, Pauli (2015) propõe a criação de *clusters* para o segmento de cervejas, destacando que, por exemplo, o bagaço de malte pode ser combinado com farinha e a partir disto pães mais saudáveis podem ser gerados por empresas externas ao ramo cervejeiro, como padarias. Uma cervejaria utilizando o conceito de zero emissões é apresentada no anexo A.

Ainda em complemento ao conceito de zero emissões, a filosofia ZERI, proposta por Pauli (1996), traz como finalidades evitar a geração de resíduos sólidos, líquidos e gasosos, utilizar todos os resíduos como entradas na produção e destinar os resíduos gerados, quando não for possível evitá-los, para que outras indústrias criem valor agregado a estes. Esse viés sistêmico de cadeias produtivas tenta trazer ao âmbito empresarial sistemas semelhantes aos que acontecem na natureza, além de estimular a criação de empregos e a redução da pobreza devido também à busca de novas tecnologias e alternativas para um sistema sustentável de suprimentos. Essa abordagem é chamada de *upsizing* (PAULI, 1996; PAULI, 1998).

2.1.6 Berço-a-Berço (*Cradle-to-Cradle*)

Os projetos de produtos berço-a-berço seguem a filosofia ZERI de produção (PAULI, 1998). Segundo Toxopeus (2015), *cradle-to-cradle* é um paradigma focado na eco-eficiência, consistindo em 3 princípios fundamentais, destacados pelo MBDC (2016) que através deste conceito os produtos devem ser benéficos em termos econômicos, de saúde e de meio ambiente.

O *cradle-to-cradle* pode suportar empresas a implementar estratégias de economia circular (NIERO et al., 2016), tendo como objetivos beneficiar o meio ambiente a seu redor (MCDONOUGH & BRAUNGART, 2002; PAUW et al., 2014) e utilizando uma visão que vem do próprio sistema natural: "resíduo igual a comida", "use a luz solar" e "celebre a diversidade" (MCDONOUGH et al., 2003).

A partir deste conceito, devem ser considerados os ciclos biológico e técnico de um produto, sendo o ciclo biológico o retorno de subprodutos renováveis como a água, por exemplo, para a elaboração de um novo produto utilizando estes como nutrientes para a sua produção. Já o ciclo técnico aborda que, materiais não-renováveis devem voltar ao processo produtivo para a manufatura de novos produtos, preferencialmente de qualidade semelhante ou superior ao produto inicial (BRAUNGART; MACDONOUGH, 2013).

A partir do conhecimento abordado sobre gestão ambiental neste capítulo, entende-se que as abordagens desta tese consideram o conceito de reciclagem relacionado à economia circular e também são embasados na filosofia ZERI, que trata da eliminação total dos resíduos através da aplicação dos mesmos como matéria-prima para geração de novos produtos. Nesse sentido, os capítulos a seguir se baseiam principalmente nestes conceitos.

2.2 O Mercado Cervejeiro

O Brasil é o terceiro maior produtor de cervejas do mundo com uma produção de cerca de 13 bilhões de litros ao ano, estando apenas atrás da China, que produz aproximadamente 50 bilhões de litros ao ano e dos Estados Unidos, que alcança uma produção de quase 24 bilhões de litros/ano. Apesar destes números, a possibilidade de crescimento do mercado ainda é muito grande, visto que, quando se trata do consumo per capita, o Brasil despenca para a 17^a posição, com consumo médio de 64 litros por pessoa/ano, contra um consumo médio de 144 litros por pessoa/ano da República Tcheca, líder do *ranking* do consumo per capita (SEBRAE, 2014b).

Segundo a CervBrasil (2016), o setor cervejeiro é um dos mais relevantes da economia brasileira, estando relacionado diretamente ao desenvolvimento do país através da agricultura e do varejo. Nesse contexto, podem ser destacadas informações que permeiam esta atividade:

- i) cerca de 12 mil fornecedores de bens e serviços, envolvendo mais de 8 milhões de profissionais de diversas áreas;
- ii) Emprega diretamente 2,7 milhões de pessoas;
- iii) Paga R\$ 28 bilhões em salários;
- iv) Recolhe mais de R\$ 21 bilhões em tributos em todo país;
- v) Abastece mais de 1,2 milhões de postos de venda em todo território nacional;
- vi) Envolve uma frota de mais de 38 mil veículos

Entretanto, é importante salientar que estes números referem-se apenas às grandes cervejarias afiliadas da CervBrasil, sendo elas a AMBEV, Brasil Kirin, Cervejaria Petrópolis e a Heineken, o que faz com que este mercado e os números envolvidos sejam ainda maiores quando consideradas também as microcervejarias.

Em relação ao conceito de microcervejaria, o SEBRAE (2016) define como sendo uma "cervejaria direcionada para a gastronomia relacionado àquelas pequenas unidades de produção, com apelo artesanal e muitas vezes praticado como *hobby* pelos aficionados pela bebida". A entidade também aponta as microcervejarias como sendo instalações que produzem pequenas quantidades de cerveja para consumo local ou em outros locais. Entretanto, BRASIL (2015) define uma cervejaria artesanal ou microcervejaria como aquela que produz até 10 milhões de litros/ano. Para efeito de nomenclaturas neste trabalho, serão consideradas cervejarias aquelas que produzem até 10 milhões de litros/ano e grandes cervejarias as que produzem acima deste volume.

2.2.1 O Mercado Cervejeiro Gaúcho

Conforme o SEBRAE (2014a), o Rio Grande do Sul quer se tornar um estado produtor de cervejas especiais, assim como já é reconhecido quando se trata de vinho. Nesse sentido, algumas marcas locais já estão tomando conta da região. Assim como tradicionalmente as marcas Polar e Polka (hoje Serramalte), foram pioneiras na fabricação em meados do século passado, atualmente novas forças despontam no mercado, as chamadas cervejarias artesanais.

A produção das microcervejarias ganhou força em 1995 com a criação da Dado Bier em Porto Alegre, que reunia no mesmo lugar o bar e a fábrica, trazendo ao Brasil um modelo de negócio que até então não existia. Entretanto, foi a partir do ano de 2010 que o mercado realmente começou a crescer com entrada de novos *players* no mercado, como por exemplo a cervejaria Lagom e a cervejaria Tupiniquim, ambas localizadas na cidade de Porto Alegre (SEBRAE, 2014a).

De lá para cá este mercado tem crescido virtuosamente e, conforme apresentado na Figura 1, a entrada de novas cervejarias é maior a cada ano (MAPA, 2016).

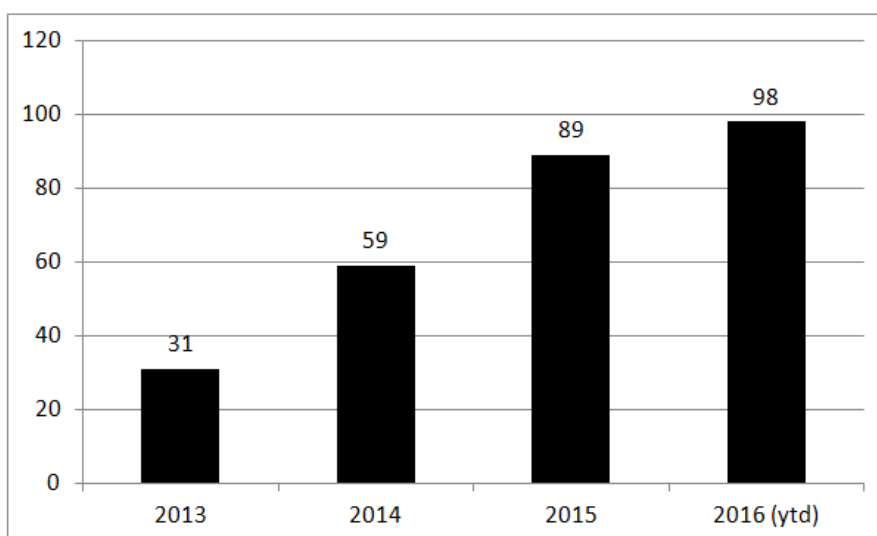


Figura 7 - Evolução do número de cervejarias registradas no RS até abril/16
Fonte: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA, 2016)

2.2.2 Cervejarias

A lista de cervejarias que compõe a população para o estudo foi obtida através do MAPA. Nesse sentido, é possível destacar que, até o mês de abril do ano de 2016 já existem 98 cervejarias registradas dentro do estado do Rio Grande do Sul (BRASIL-MAPA, 2016),

sendo estas apresentadas e detalhadas no Apêndice A, que inclui tanto cervejarias como grandes cervejarias, dividindo-se conforme Figura 8.

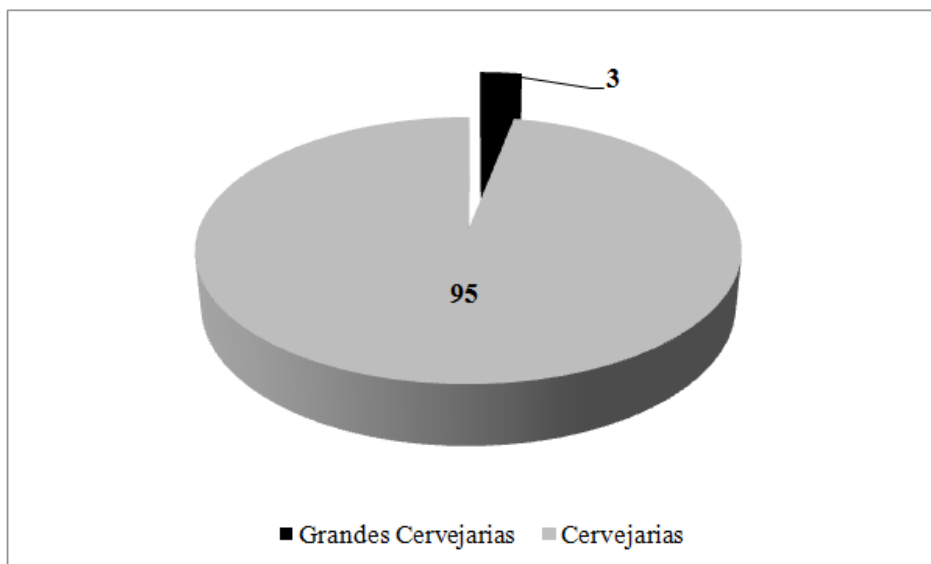


Figura 8 - Número de Cervejarias por Porte no RS
Fonte: autor

2.2.3 O processo cervejeiro

O processo cervejeiro tem por característica a utilização de poucos insumos básicos para composição do seu produto final. A Lei da Pureza Alemã (*Reinheitsgebot*), datada de 1516 na região da Bavária, traz até hoje como exigência de pureza, a utilização apenas dos insumos água, malte e lúpulo na fabricação de cerveja (HUIGE, 2006). Nesse sentido, cervejas do tipo *American Light Lager*, tipo este das principais cervejas comercializadas hoje no Brasil, não seguem esta lei por utilizarem outros cereais não-maltados em sua composição.

A Figura 9 apresenta o fluxo do processo de fabricação em uma cervejaria, incluindo todos os 12 estágios possíveis.

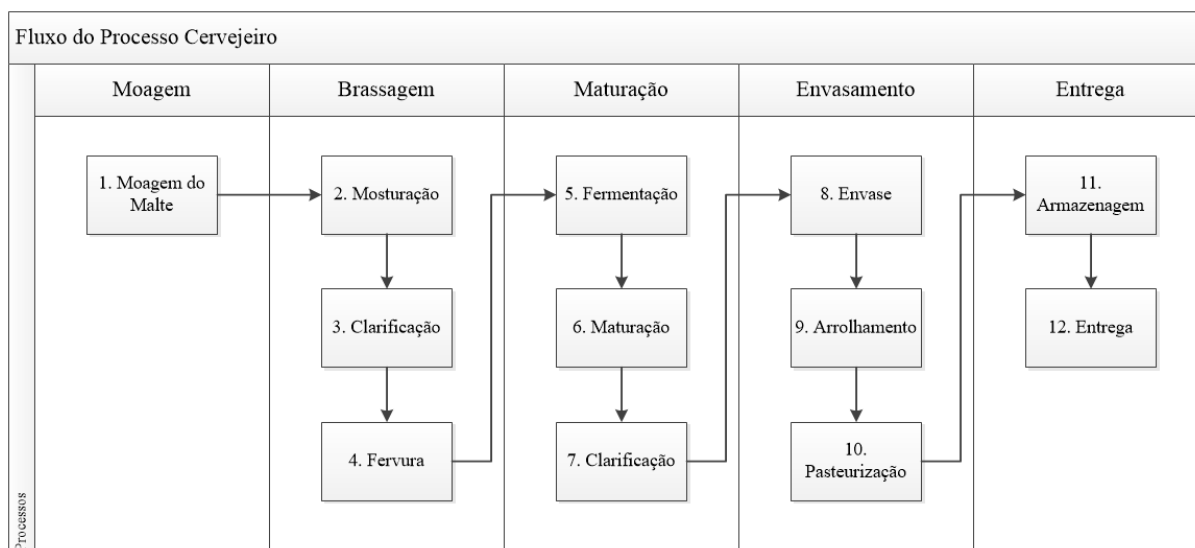


Figura 9 - Fluxo do Processo Cervejeiro Máximo
 Fonte: adaptado de Olajire (2012)

Em relação ao processo cervejeiro, o mesmo inicia a partir da fase de moagem do malte é a fase onde o malte é moído para abertura da casca e exposição do amido para a transformação subsequente durante a brassagem. O processo de brassagem, inicia-se pelo processo de mostura, que é a transformação do amido do malte em açúcar, através da adição do malte em água e a elevação da temperatura em rampas e repouso do mosto por tempos pré-definidos, após é complementada pela clarificação do mosto, transferindo-se o mesmo para a etapa de fervura, na qual será adicionado o lúpulo, responsável pelo amargor da cerveja (OLAJIRE, 2012).

Após a adição do lúpulo e fervura do líquido, a fase de maturação inicia-se pelo processo de fermentação, que começa com o resfriamento do líquido após a fervura e adição do fermento, fermentando também por um tempo pré-determinado, conforme estilo e teor alcoólico desejado. Após a fermentação acontece o processo de maturação, em temperatura fria, responsável pela determinação final de características como sabor, cor e aroma. Por fim, quando aplicável, também inclui a clarificação para retirada de resíduos ainda existentes dos processos anteriores (OLAJIRE, 2012).

As fases de envasamento e entrega são as fases finais do processo cervejeiro, nas quais são realizados os processos de envase e arrolhamento e, quando aplicável a pasteurização, etapa esta que contempla a elevação e redução brusca da temperatura da cerveja para eliminação de todos os microorganismos ainda existentes e responsáveis pela continuação da fermentação e maturação. Após a pasteurização, a rotulagem, a embalagem e a entrega completam o processo (OLAJIRE, 2012).

2.2.4 Resíduos do processo cervejeiro

Os resíduos do processo cervejeiro podem ser relacionados a resíduos orgânicos, efluentes líquidos e resíduos sólidos. Nesse sentido, Olajire (2012) define como sendo 4 os principais resíduos do processo cervejeiro: água, bagaço de malte, *trub* e leveduras, conforme Figura 10.

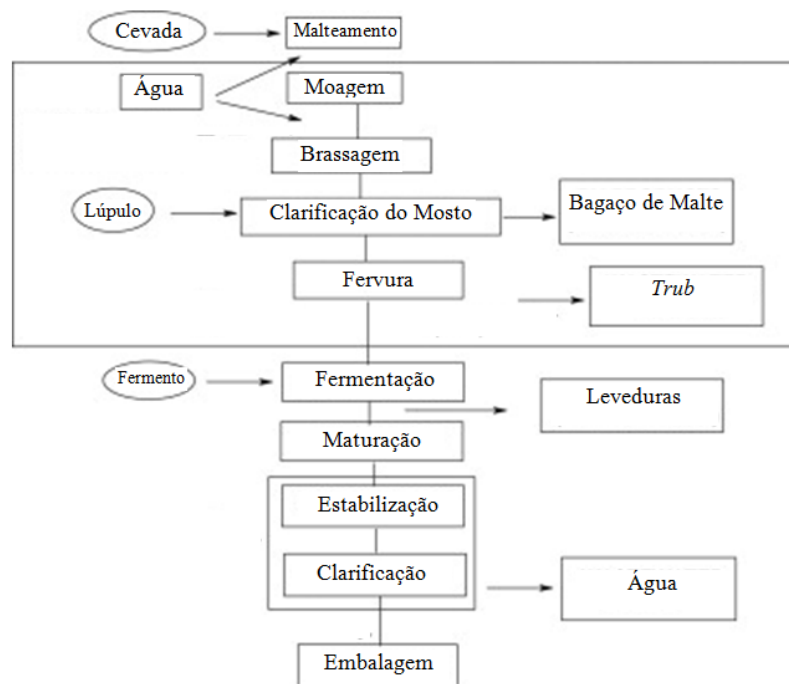


Figura 10 - Principais resíduos do processo cervejeiro
Fonte: adaptado de Olajire (2012)

O bagaço de malte, chamado em inglês de *Beer Spent Grain (BSG)*, é o subproduto mais abundante do processo cervejeiro, podendo representar 85% dos subprodutos gerados, sendo a proporção de 20 quilos de bagaço para cada 100 litros de cerveja (MUSSATTO et al., 2008; TOWNSLEY, 1979). Quanto à sua durabilidade, o mesmo não pode ser estocado por longos períodos, porém pode ser utilizado de várias maneiras (ROSA & BELOBORODKO, 2015) e, apesar das abordagens identificadas apresentarem múltiplos usos para este resíduo (JOHNSON; PALIWAL; CENKOWSKI, 2010), a produção destas alternativas em escala industrial ainda está em seus estágios iniciais (ALIYU; BALA, 2011). O bagaço de malte é chamado também de Resíduos Úmidos de Cervejaria - RUC (SANTOS; RIBEIRO, 2005; KLAGENBOECH et al., 2011; VIEIRA; BRAZ, 2009). São inegáveis os benefícios destes resíduos para a saúde humana e animal, porém um dos principais problemas relacionados é o

curto tempo de validade dos mesmos, sendo um resíduo de deterioração rápida (ROBERTSON et al., 2010).

Como alternativas à rápida deterioração deste subproduto várias técnicas podem ser aplicadas para secagem dentro da própria cervejaria, incluindo a compactação e secagem posterior, reduzindo em cerca de 20% o volume de água do composto. Entretanto, a necessidade de investimentos elevados para criação de linhas específicas para realização da mesma ainda torna esta possibilidade remota para cervejarias de países subdesenvolvidos (SANTOS et al., 2003), remetendo à necessidade de alternativas de fácil acesso e que processem rapidamente estes resíduos.

As leveduras, apesar de não estarem contidas na Lei de Pureza Alemã, são o agente facilitador do processo de fermentação da cerveja que não ocorre sem a presença das mesmas que, através de um processo biológico, transformam o açúcar oriundo a partir da fervura do malte, em álcool. Nesse sentido, Ferreira et al. (2010) destacam que este é o segundo maior subproduto da indústria cervejeira, porém ainda é muito subutilizado.

Já o Trub é uma conjunção das sobras do processo de fervura, incluindo partículas de lúpulo, restos de malte e proteínas coaguladas (FILLAUDEAU et al., 2006). A Figura 11 apresenta fotos dos 3 principais resíduos apresentados anteriormente.



Figura 11 - Fotos dos resíduos do processo cervejeiro

Fonte: autor

2.3 Alternativas de reciclagem de resíduos em cervejarias

Segundo Fakoya & van der Poll (2013), questões ambientais relacionadas ao processo cervejeiro envolvem: consumo de energia, consumo de água, descarte de água, resíduos sólidos de materiais e produtos intermediários e, emissões atmosféricas. Olajire (2012) complementa ainda que, comparado a outros segmentos da indústria, o consumo de recursos naturais é o impacto mais característico deste segmento.

Olajire (2012) aponta as seguintes gerações, considerando-se as abordagens global, regional e local da geração de impactos ambientais da indústria cervejeira:

- i) Global: consumo de energia gerada a partir de combustíveis fósseis como gás e petróleo;
- ii) Regional: consumo de água, descarte de água e geração de resíduos sólidos;
- iii) Local: barulho, odor e poeira.

A indústria cervejeira gera relativamente altos índices de resíduos como bagaço de malte, leveduras e lúpulo (GUPTA; GHANNAM; GALLAGHER, 2010). e deve focar na reciclagem destes produtos intermediários gerados a partir dos processos de fabricação. Quando possível, pode-se tentar revender os resíduos para mercados secundários, eliminando a necessidade de disposição dos mesmos (OLAJIRE, 2012). Entretanto, a revenda dos resíduos não eximem a indústria cervejeira da responsabilidade pelos impactos ambientais causados pelos mesmos (BRAUN, 2010).

2.3.1 Alternativas para o bagaço do malte

Algumas abordagens destacam que resíduos sólidos como o malte após o processamento podem ser vendidos a fazendeiros locais, gerando retornos financeiros, visto que são importantes fontes de nutrientes (FAKOYA; VAN DER POLL, 2013; MUSSATO; DRAGONE; ROBERTO, 2006; PAULI, 2010; ROSA; BELOBORODKO, 2015)

Considerar resíduos de alimentos como substituto dos combustíveis, através da geração de biogás foi avaliado através da metodologia *LCA* por Wonn et al. (2016), destacando que a utilização dos resíduos de alimentos traz grandes vantagens na questão das mudanças climáticas, posição confirmada por Rosa & Beloborodko (2015).

Além da utilização para a alimentação de animais, Rosa e Beloborodko (2015) também apresentam a utilização na fabricação de *cookies* em parcerias entre cervejarias e padarias, gerando retorno financeiro para ambos os negócios. Além disso, outras abordagens

para nutrição humana também são possíveis como fabricação de pães, aperitivos e *flakes* (MUSSATO; DRAGONE; ROBERTO, 2006; STOJCESKA et al., 2008; PAULI, 2010), sendo estas excelentes alternativas pois o malte incrementa em fibras o seu conteúdo (KTENIOUDAKI et al., 2012). Além disso, outra abordagem pode ser também a produção de substrato para produção de cogumelos (PAULI, 2010).

A reutilização total desse subproduto não é somente interessante do ponto de vista econômico, mas também ambiental, visto que contribui para a solução dos problemas da poluição (MUSSATTO et al., 2008), porém no caso da produção de pães e outros produtos panificados, ainda é necessário avaliar a aceitação dos clientes em relação a eles (KTENIOUDAKI et al., 2012).

Mussato, Dragone e Roberto (2006) propõem ainda a utilização do bagaço de malte para incorporação na fabricação de tijolos, manufatura de papel, absorventes, substrato para cultivo de microorganismos e substrato para produção de enzimas.

Quando há o processo de filtração, a diatomita descartada com seus resíduos agregados (bagaço de malte) pode também ser utilizada como co-componente para fabricação de concreto ou materiais cerâmicos (LETELIER et al., 2016; PALOMINO et al., 2016).

2.3.2 Alternativas para a água

A perda de água é um problema crítico em termos financeiros para as cervejarias, visto que esta deve ser tratada antes de voltar ao meio ambiente (FILLAUDEAU, AVET & DAUFIN, 2006; YU & GU, 1996 apud FAKOYA & VAN DER POLL, 2013). Estima-se que a cada litro de cerveja produzida, 10 litros de água são utilizados em todos os processos que relacionam-se à produção e atividades gerais de limpeza (SIMATE et al., 2011).

Além da água utilizada no processo de fabricação, uma porção significativa das perdas de água de uma cervejaria são originadas da limpeza de garrafas e do processo de envase (SCHALTEGGER et al., 2012; PETTIGREW et al., 2015). Nesse sentido, a proposta para reutilização da água no processo cervejeiro é realizada com destaque ao tratamento desta, otimizando o sistema de membranas utilizado para este tratamento (GÖTZ et al., 2014), integração do sistema de água, o que pode trazer 13% de redução da água descartada (FENG et al., 2009), treinamento dos funcionários na utilização e economia de água (PUPLAMPU & SIEBEL, 2005). A água também pode ser canalizada para biodigestores que produzem biogás e o adubo para a produção de algas em lagoas rasas (PAULI, 2010).

2.3.3 Alternativas para leveduras (fermento)

Ferreira et al. (2010) destacam que as leveduras são o segundo maior subproduto da indústria cervejeira, porém ainda é muito subutilizado, sendo principalmente destinado à alimentação de suínos e ruminantes, devido a serem uma excelente fonte de proteínas. Mesmo assim os autores abordam outros fins para qual a biomassa de levedura é utilizado:

- i) em pó, tabletes de tempero e *flakes* para melhorar a digestão, sendo possível a mistura em leite, sucos e sopas;
- ii) nutrição de peixes, podendo repor 50% da proteína "*fishmeal*" sem efeito nocivo ao desempenho do peixe.

Kadimaliev et al. (2012), apontam como possível solução para o aproveitamento de leveduras, a criação de colas e adesivos a partir deste resíduo do processo cervejeiro. A solução passa por tratamentos químicos para aprimorar suas características adesivas, gerando colas de origem natural, com a mesma qualidade de qualquer outro tipo de cola.

Outra visão apresentada, neste caso por Lin et al. (2014) é a produção de celulose a partir das sobras de levedura do processo. Este processo é realizado através de um processo de pré-tratamento do fermento realizado em duas etapas. Destaca-se que este procedimento de produção de celulose a partir de bactérias é mais pura e menos poluente que a produção de origem vegetal.

Em relação à produção de bioetanol a partir da levedura, esta também pode ser um processo de sucesso (AIMARETTI & YBALO, 2012; HA et al., 2011; KHATTAK et al., 2013). Os autores propõem um processo de sacarificação e fermentação espontânea sem adição de outras enzimas, concluindo que este é um processo adequado e barato de ser realizado. Por outro lado, a produção de bioetanol incorre em altos custos devido à sua associação com vários processos de conversão, porém já há várias frentes de trabalho para reduzir custos e melhorar a produtividade do processo (JAKRAWATANA; PINGMUANGLEKA; GHEEWALA, 2015).

Em relação ao reaproveitamento de outros resíduos do processo cervejeiro, destaca-se que esta revisão não identificou nenhum apontamento da literatura, de acordo com os critérios utilizados, sobre alternativas de reciclagem dos mesmos dentro do mercado cervejeiro.

2.4 Descrição das alternativas identificadas

A seção 2.4 irá apresentar as informações encontradas na revisão da literatura em relação a cada uma das alternativas apresentadas para cada resíduo na seção 2.3.

2.4.1 Ração animal (alimentação animal)

A ração animal é a maior aplicação dada para os resíduos úmidos de cervejaria e outros resíduos associados (MUSSATO; DRAGONE; ROBERTO, 2006), sendo um excelente ingrediente para alimentação animal, tanto para bovinos quanto para caprinos e suínos (HUIGE, 2006), podendo ser também utilizados para a alimentação de peixes (KAUR; SAXENA, 2004). A forma de utilização do RUC para este tipo de alternativa pode ser úmido ou seco (ÖZTURK et al., 2002) e pode ser um excelente estimulante para aumento da produção de leite sem afetar a fertilidade do animal.

Não há indícios de que a ração animal pode ser constituída 100% pelos RUC, sendo aconselhável a inclusão de uma proporção de 30% para a alimentação de peixes (KAUR; SAXENA, 2004), 40% para a alimentação bovina e 15% para a alimentação suína (VIEIRA, BRAZ, 2009). A ração animal baseada nos RUC, além de ser benéfica em relações a questões ambientais, dando destinos nobres aos resíduos, também contribui para a redução de 45% nos custos dos produtores rurais com a alimentação dos animais (ALIYU; BALA, 2011).

Atualmente a facilidade que o produtor cervejeiro encontra para destinação do bagaço de malte para ração animal é que o mesmo disponibiliza os resíduos para os produtores rurais de forma gratuita, tendo estes apenas a responsabilidade de realização do processo logístico de recolhimento do bagaço na cervejaria. Esta operação é benéfica para o cervejeiro no que se refere à destinação dos resíduos, porém acaba não acarretando em retornos financeiros, situação esta que pode ser repensada, visto que as economias para o produtor rural são de grande importância, conforme já relatado anteriormente neste item.

2.4.2 Adubo

A compostagem pode ser uma alternativa interessante para a utilização dos resíduos do processo cervejeiro. Em relação aos benefícios ambientais, este é um dos meios pelos quais o produtor cervejeiro pode contribuir, ou seja, o adubo ou compostagem a partir dos resíduos cervejeiros por ser uma rica fonte de nitrogênio e materiais orgânicos para nutrição do solo.

Para isso, o mesmo não pode ser descartado de forma isolada no solo, devendo ser composto com outros itens para ser eficiente como água, outros materiais verdes e um local adequado construído para mistura (ACACIO et. al, 2011).

A produção do adubo pode ser gerada a partir do mesmo processo utilizado para geração do biogás, através da construção e administração de biodigestores. Estas estruturas demandam a aplicação de maiores recursos financeiros para sua construção, porém podem trazer retornos expressivos para a compostagem e nutrição do solo, inclusive o preparo de solos para a produção de matéria-prima cervejeira, como a cevada e o trigo. Destaca-se que os biofertilizantes são produtos de elevado valor agregado e que auxiliam na redução e poluição de recursos hídricos (ESPERANCINI et al. 2007).

2.4.3 Pão

A formulação de pão a partir do bagaço de malte considera a alternativa de adição de várias proporções do resíduo em sua produção. De qualquer maneira estas formulações aumentam o valor nutricional do produto (HASSONA, 1993), podendo ser incorporadas em faixas de 5% a 30%.

As características mais marcantes deste tipo de pão são a coloração escura e o acentuado sabor de levedo de cerveja, mesmos assim em termos de análise sensorial este produto é muito bem aceito apesar de sua coloração mais escura, sendo aprovado em estudos realizados devido ao sabor acentuado e a possibilidade de combinar cerveja com pão (MATTOS, 2010; FARCAS et al., 2014a).

O pão de malte, além dos benefícios em termos econômicos, podem trazer uma série de benefícios e vantagens para humanos, como a redução do colesterol (HASSONA, 1993) e a menor quantidade de calorias em relação ao pão normal de farinha (FARCAS et al., 2014b).

2.4.4 Biogás

O biogás é gerado a partir da conversão de resíduos orgânicos. Neste caso, o bagaço de malte produz, a partir da digestão anaeróbica, 58 a 65% de gás metano. Além disso, podem também ser adicionados a outros resíduos para geração do biogás, aumentando a produção de gás destes outros resíduos e reduzindo o tempo para que o processo esteja concluído e o gás tenha sido gerado (ACACIO et. al, 2011). Apesar dessa maior efetividade, os RUC's podem

algumas vezes ser limitados em relação às propriedades de seus substratos, então neste caso enzimas podem ser usadas para compensar estas limitações (LORENZ et al., 2013).

A geração do biogás ainda é uma prática mais comum para grandes cervejeiros, porém os atualmente os pequenos também podem usar estas técnicas e tirar vantagem delas, mesmo que os investimentos ainda sejam altos e o *paypack* um tanto quanto demorado (ACACIO et. al, 2011).

A reutilização do biogás para geração de energia na própria cervejaria também é possível e pode suportar parcialmente a demanda da planta industrial (ZANKER; KEPPLINGER, 2002), podendo auxiliar na geração de energia em um range de 25% até 70% do consumo total (LORENZ et al., 2013). Nesse sentido, se forem levadas em consideração as crises energéticas que a cada ano ficam mais frequentes, esta pode tornar-se uma excelente alternativa para retornos econômicos, além dos já conhecidos retornos ambientais (MUSSATO; DRAGONE; ROBERTO, 2006).

2.4.5 Substrato para Produção de Cogumelos

O uso dos resíduos úmidos de cervejaria como subproduto para geração de substrato para produção de cogumelos foi testado com sucesso numa proporção de 70% do conteúdo do substrato, podendo estes ser usados diretamente para formação deste substrato, porém como é um produto abundante, acaba gerando retorno para o produtor de cogumelos e não para o produtor de cerveja (WANG; SAKODA; SUZUKI, 2001). Apesar disso, no Rio Grande do Sul já existe uma cervejaria que utiliza seus RUC's para a geração de substrato e produção de cogumelos, obtendo inclusive grandes resultados no que tange ao sabor dos mesmos, que acabam sendo flavorizados pelo tipo de malte presente nos resíduos, como o malte caramelo, chocolate e café. Nesse sentido, a criação de um novo negócio, principalmente por cervejarias na área rural, pode, além dos benefícios ambientais relacionados, também trazer benefícios em termos econômicos.

2.4.6 Substrato para Produção de Enzimas

A produção de enzimas a partir dos RUC's advém do desenvolvimento de bactérias na decomposição do substrato. Uma das enzimas que pode ser produzida é a xilanase, que pode ser útil para o branqueamento de pasta de papel sem a necessidade da adição de cloro, além da melhora da capacidade de digestão da silagem para animais, da panificação e da produção de

bebidas alcoólica. Outras enzimas também podem ser geradas a partir de bactérias que tem habilidade para produção de antibióticos e outros produtos naturais para uso em indústrias farmacêuticas e agroquímicas (MUSSATO; DRAGONE, ROBERTO, 2006).

2.4.7 Aperitivos

A produção de aperitivos derivados dos RUC's foi citada nas pesquisas com especialistas e também por Mussato, Dragone & Roberto (2006). Assim como pizzas, pães e outros produtos panificados, esta pode ser uma excelente alternativa para acompanhamento de cervejas, principalmente àquelas cervejarias que possuem anexo à sua fábrica, um *pub* ou outro canal de venda que ofereça a degustação e apreciação da cerveja. Estes aperitivos devem ser combinados com farinha de trigo e podem trazer outros elementos para ressaltar seu sabor, como embutidos, ervas e temperos, gerando assim uma alternativa interessante para retorno financeiro sobre o reaproveitamento dos resíduos. Entretanto, mesmo sendo uma alternativa para retorno financeiro, este torna-se bastante reduzido, visto que o volume de resíduo produzido é muito grande, inviabilizando a transformação de todos em aperitivos.

2.4.8 Cookies

A criação de *cookies* a partir de resíduos úmidos de cervejaria pode ser apontada como uma alternativa interessante do ponto de vista ambiental e também econômico. Por outro lado, a utilização dos *cookies* como petiscos para cervejarias com *pubs* agregados pode ser uma alternativa interessante para o produtor cervejeiro que atua nos dois ramos.

Em relação à sua viabilidade de produção, testes foram realizados considerando a agregação de partículas grandes, médias e pequenas dos RUC's, sendo que as duas primeiras obtiveram melhores resultados quando submetidas à análise sensorial. Quanto às proporções utilizadas, aumentos da intensidade da cor são percebidos quanto mais agrega-se o RUC ao produto (ÖZTURK et al., 2002).

Para manutenção das suas propriedades nutricionais é interessante a utilização de uma proporção de 6% de RUC em substituição à mesma proporção da farinha convencional, o que ressalta o sabor em relação aos tradicionais *cookies* existentes (AJANAKU et al., 2011).

2.4.9 Absorventes

A utilização de RUC's para absorção de metais pesados como cromo cádmio e chumbo em soluções aquosas tem resultados semelhantes ao do uso do carvão ativado (MUSSATO; DRAGONE; ROBERTO, 2006).

Além da aplicação citada no parágrafo anterior, esta tem sido testada principalmente na indústria têxtil para remoção de corantes da água. Devido à abundância dos RUC's, estes são uma boa alternativa para esta função, tendo que, para isso, ser combinados com fluídos magnéticos e ácido perclórico. Os principais corantes absorvidos são o Acid Orange 7 (AO7) e o Monoazo Acid. Ainda são necessários mais estudos nesse sentido e parcerias entre cervejeiros e a indústria têxtil podem ser úteis para a avaliação da viabilidade econômica desta alternativa (ACACIO et. al, 2011).

2.4.10 Concretos e Materiais Cerâmicos

A produção de materiais cerâmicos parte da mesma base de fabricação de tijolos. O efeito da adição de 10% de bagaço de malte aumenta a porosidade dos materiais e melhora suas propriedades mecânicas. Os principais benefícios desta alternativa é a possibilidade de redução do consumo de combustíveis e matérias-primas de cerâmica natural, impactando na redução de custos para o produtor. Desta forma, o produtor cervejeiro pode também ter benefícios através da venda dos resíduos como insumos para produção destes materiais (PALOMINO et al., 2016).

2.4.11 Papel

A aplicação dos RUC's para a produção de papel é abordada e foi testada para toalhas e cartões de visita (MUSSATO; DRAGONE; ROBERTO, 2006). O papel produzido desta forma apresenta boa textura, mas para que isso ocorra os RUC's devem ser antecipadamente branqueados e não deve-se incluir mais de 10% dentro da composição (ACACIO et. al, 2011).

2.4.12 Tijolos

A utilização dos resíduos úmidos de cervejaria para fabricação de tijolos foi implementada em uma proporção de 6% de inclusão dos RUC's na composição do tijolo. A

utilização traz benefícios diretos aumentando a porosidade do material, o que aumenta o isolamento e, nas proporções de até 6% não provocam mudanças na cor. Além da porosidade, destacam-se também a menor densidade e o aumento da força dos produtos fabricados com os RUC's, porém salienta-se que é preciso evitar a produção de tijolos com esta inclusão durante períodos de grande umidade (RUSS; MÖRTEL; PITTROFF, 2005).

2.4.13 Bioetanol

O bioetanol é um produto que pode ser obtido a partir do bagaço de malte gerando rendimentos apreciáveis, devido ao bagaço de malte ser altamente hidrolisado hemicelulósico sem tratamento de destoxificação e suplementação nutricional (BRITO; ROBERTO, 2016).

Antes da produção do bioetanol, porém, o bagaço deve sofrer um pré-tratamento pelo método de explosão a vapor, a alta temperatura e pressão, o que pode facilitar o acesso da enzima à fibra da celulose. Os rendimentos na produção de etanol são de 4,2 % (v/v) para a fermentação realizada com bagaço tratado com ácido e 0,75% (v/v) para a fermentação realizada com bagaço tratado sem ácido (LIMA et al., 2014).

Esta além de ser uma excelente alternativa para reciclagem de resíduos em cervejarias, reduzindo a poluição, pode também auxiliar na redução de consumos naturais com a redução do uso de combustíveis fósseis.

2.4.14 Tabletes

Considerando-se que as leveduras possuem altas propriedades nutricionais e auxiliam na digestão de alimentos, a transformação das mesmas em tabletes de temperos podem ser fundamentais para uma melhor digestão de alimentos por seres humanos, sendo possível a sua mistura com leite, sucos e sopas. Tabletes podem ter em sua composição até 50% de leveduras oriundas do processo cervejeiro (FERREIRA et al. 2010).

2.4.15 Celulose

A produção de celulose a partir das leveduras do processo cervejeiro pode ser gerada a partir de um processo de 2 passos, combinando tratamentos químicos e físicos destas leveduras. A produção de celulose pode ser adequadamente realizada e os resultados mostram que a produção gerada é de quase duas vezes maior do que as geração convencional da

celulose, sendo inclusive as propriedades e a microestrutura melhores do que estas (LIN et al., 2014).

2.4.16 Colas e Adesivos

A produção de colas e adesivos torna-se uma alternativa importante quanto à destinação das sobras do processo de fermentação, podendo as leveduras integrar até 50% da sua composição. Através da adição de plastificadores e antisépticos podem ser desenvolvidas colas para várias aplicações. A criação desta alternativa foi estudada por Kadimaliev et al. (2012) e, através do tratamento químico do fermento foi possível intensificar suas características adesivas. As especificações físicas e mecânicas da cola não são inferiores às das colas de origem natural e podem ser utilizadas para colar papéis, papelão e madeira.

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

O método de pesquisa *Design Science Research*, base para este estudo, consiste basicamente em duas fases, sendo a primeira a construção do artefato e a segunda o teste quanto a sua utilidade. A saída resultante são artefatos avaliados, podendo estes serem constructos, modelos, métodos e instanciações (MANSON, 2006). O artefato a ser utilizado para esta tese será em forma de método, determinando os passos para execução de um conjunto de atividades.

Para a construção dos artefatos, Lacerda et al. (2013) destacam que o *DSR* deve ser realizado a partir de 5 etapas principais, sendo: *i)* conscientização; *ii)* sugestão; *iii)* desenvolvimento; *iv)* avaliação e; *v)* conclusão. Neste caso, o sistema deve funcionar como um circuito fechado em *loop*, seguindo-se a ordem de execução, mas retroalimentados em ambos os sentidos, pelo fluxo de conhecimento (MANSON, 2006). A Figura 12 apresenta a descrição de cada uma das etapas do *DSR*.

Etapa	Descrição
Conscientização	Fase de aprendizagem sobre o problema, podendo ser obtida através de pesquisa ou do conhecimento do próprio pesquisador.
Sugestão	Fase onde já se gera uma sugestão através de um processo criativo.
Desenvolvimento	Fase que trata da criação dos artefatos.
Avaliação	Fase que busca a validação do artefato considerando um critério implícito ou não na proposta.
Conclusão	Fase que busca a explicação dos desvios frente aos artefatos criados, permitindo a reflexão sobre se o artefato é adequado para a aplicação.

Figura 12 - Atividades do DSR e Pontos a Explicitar
Fonte: adaptado de Manson (2006) e Lacerda et al. (2013)

A partir das atividades descritas, as relações das mesmas com as etapas a serem utilizados na construção do método de gestão de resíduos são apresentadas na Figura 13 e compõe o método de trabalho desta tese, composto pelas atividades realizadas, as entradas e saídas de cada uma das atividades e a relação de cada atividade com as etapas do *DSR*.

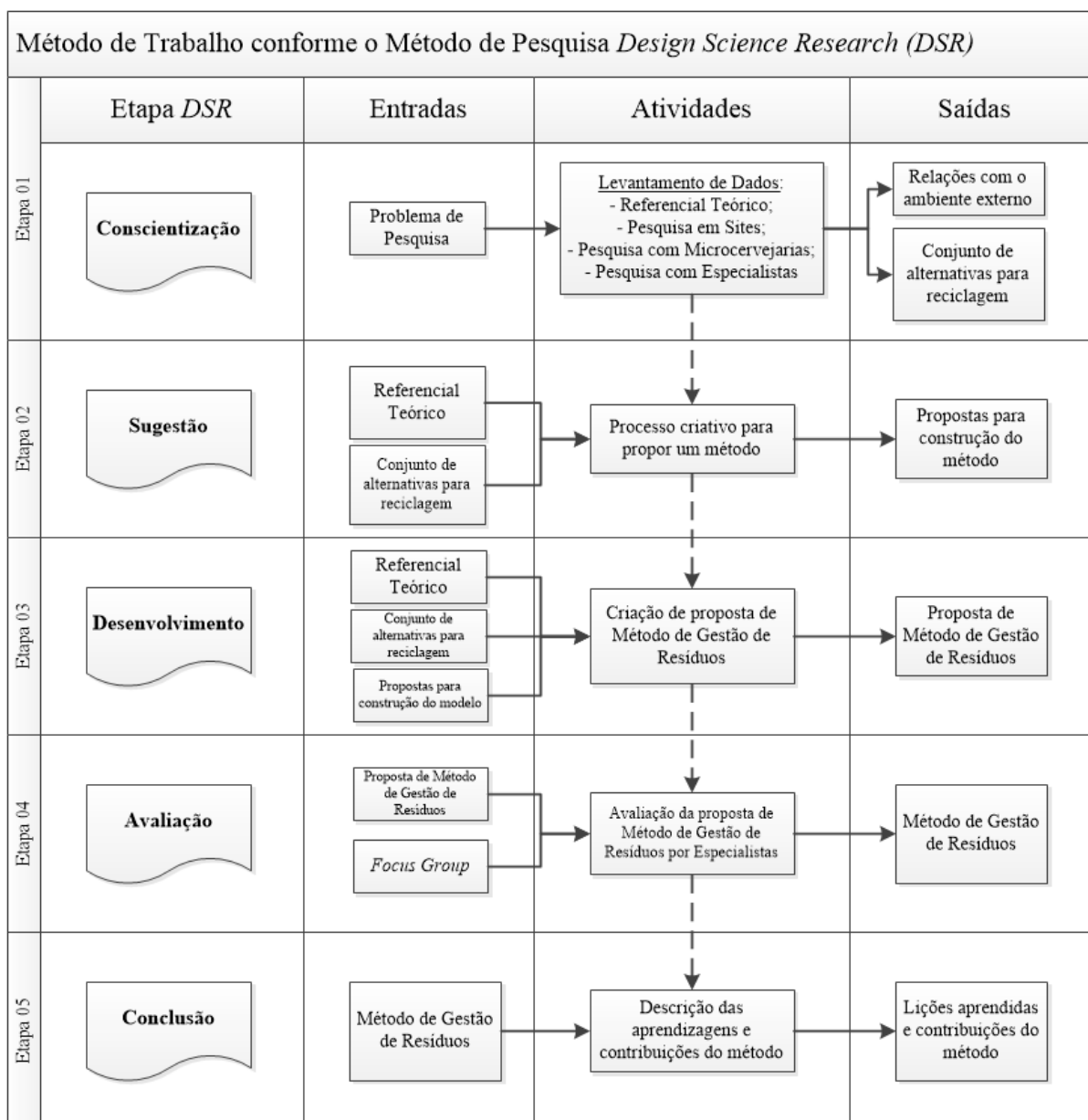


Figura 13 - Método de trabalho conforme o Método de Pesquisa *DSR*

Fonte: autor

A partir das definições apresentadas, as seções 3.1 a 3.5 descrevem como foram realizadas as atividades do método de trabalho dentro de cada etapa do *DSR*.

3.1 Conscientização - levantamento de dados

Durante a etapa de conscientização foram realizados quatro estudos para levantamento de dados sobre o mercado cervejeiro, visando identificar da forma mais ampla possível, as alternativas já publicadas na literatura e em sites, alternativas praticadas pelas cervejarias do Rio Grande do Sul, e também a opinião de especialistas da área sobre o tema.

Para a definição da população/amostra necessária para levantamento de dados foram considerados os seguintes critérios:

- i) literatura: utilização das bases de dados *Scopus* e *ScienceDirect*, conforme critérios definidos no item 3.1.1;
- ii) sites: acesso aos sites de todas as cervejarias gaúchas com registro no MAPA;
- iii) cervejarias: divisão do estado do Rio Grande do Sul em regiões e das cervejarias em porte (3 categorias) de acordo com a litragem mensal produzida. Para cada região, foram realizadas entrevistas em, no mínimo, uma cervejaria de cada porte;
- iv) especialistas: considerados os resultados complementares das entrevistas com cervejarias e entrevistados em complemento 3 outros especialistas relacionados ao ramo cervejeiro e 3 cervejarias alemãs.

A compilação dos dados foi apresentada em Figuras com a síntese dos resultados e após os dados foram analisados quanto à sua pertinência e aplicação dentro do método proposto.

As seções 3.1.1 a 3.1.4 apresentam detalhadamente os procedimentos para realização de cada estudo.

3.1.1 Estudo 1 - Literatura

O referencial teórico foi realizado em duas etapas para embasamento do trabalho a respeito do estado da arte relacionado a palavras-chave importantes para o tema explorado. A primeira etapa do referencial considerou o levantamento teórico conceituando e trazendo conceitos genéricos sobre Produção Limpa (*Cleaner Production*), Produção Mais Limpa e Ecoeficiência, Avaliação do Ciclo de Vida do Produto (*LCA*), ZERI e *Cradle-to-Cradle*, bem como algumas bases históricas do mercado cervejeiro gaúcho, brasileiro e mundial. Para esta pesquisa foram consultados sites, artigos, livros, revistas e periódicos.

A segunda etapa do referencial foi a realização de uma revisão mais específica sobre o processo cervejeiro e seus resíduos, através de buscas em duas bases de dados.

Os métodos para realização da revisão da literatura consideraram os passos definidos na Figura 14.

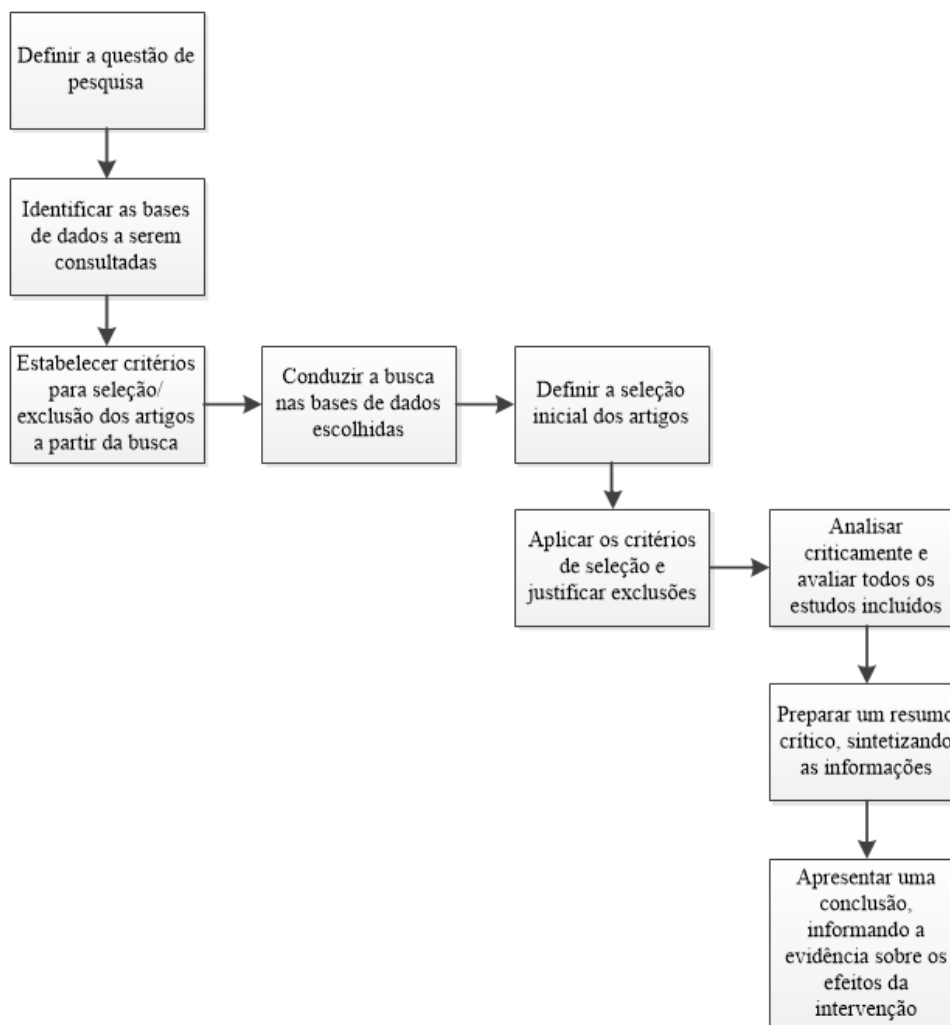


Figura 14 - Método para revisão da literatura
 Fonte: adaptado de Sampaio e Mancini (2007)

O primeiro passo, relacionado à definição da questão de pesquisa foi definido anteriormente na introdução: como pode ser feito o gestão dos resíduos gerados dentro do processo de fabricação de cerveja, através da reciclagem?

No segundo e terceiro passos para a realização da revisão, foram definidas como bases de pesquisa as bases *Scopus* e *ScienceDirect*, considerando-se os tipos de documentos *Journal*, *Article*, *Conference Papers* e *Reviews*, o período de publicação dos artigos a partir do ano de 2005 até 2016 e inicialmente as palavras-chave *beer*, *brewery*, *waste*, *recycling*, *reus**, *reutiliz**, *reoperat** e *reaplication*. Artigos com a palavra *Microbiology* foram excluídos.

Com base nos primeiros resultados encontrados, definiu-se como necessária a inclusão de mais algumas palavras-chave: "*beer process*" e "*environment* impacts*". Não foram encontrados resultados para a expressão "*beer process*", sendo os resultados gerados a partir da inclusão apenas da segunda expressão nas buscas anteriores. A partir dos dados desta

pesquisa foram identificadas as alternativas para reciclagem de resíduos utilizadas para construção do método.

3.1.2 Estudo 2 - Pesquisa em Sites

O segundo estudo realizado contempla uma pesquisa de caráter exploratório, analisando-se a existência de práticas já implementadas por todas as cervejarias registradas no MAPA no estado do Rio Grande do Sul. Nesse sentido, o BRASIL-MAPA (2016) disponibilizou, através de consulta via e-mail, a lista com as 98 cervejarias registradas no estado até o mês de abril de 2016 e, a partir desta lista, foram realizadas consultas a todos os sites das cervejarias (quando disponíveis) para identificação da descrição de tais práticas.

A partir das informações encontradas, as mesmas foram analisadas quanto ao seu conteúdo para aplicação no método e os resultados apresentados em uma Figura com a síntese geral das alternativas aplicáveis.

3.1.3 Estudo 3 - Pesquisa com Cervejarias

O terceiro estudo realizado foi uma pesquisa para levantamento de dados de reciclagem de resíduos no mercado cervejeiro, sendo este através de uma pesquisa: *i*) qualitativa que para Gerhardt e Silveira (2009), visa a compreensão de dinâmicas e relações sociais, baseando-se em aspectos não quantificáveis; *ii*) de caráter exploratório, definido por Theodorson e Theodorson (1970) como um estudo preliminar com o intuito de familiarizar o pesquisador com o fenômeno investigado que suporte um estudo maior com melhor entendimento e precisão e; *iii*) realizada através de um roteiro semiestruturado e aplicada pelo autor através de entrevistas presenciais e por telefone.

O universo da pesquisa é composto pelas 98 cervejarias informadas pelo BRASIL-MAPA (2016) em abril de 2016, representando 100% das cervejarias registradas e legalizadas pelo MAPA no momento da execução do estudo. A partir deste universo, foram desconsideradas as 3 cervejarias de grande porte e consideradas apenas as 95 cervejarias com litragem mensal inferior a 10 milhões de litros (microcervejarias) e proposta uma estratificação da população em 4 regiões do estado do Rio Grande do Sul, a saber: Porto Alegre (POA), Grande Porto Alegre e Vale dos Sinos, Serra e Demais Regiões. A Figura 15 apresenta a divisão realizada por região, considerando o número de cervejarias por região.

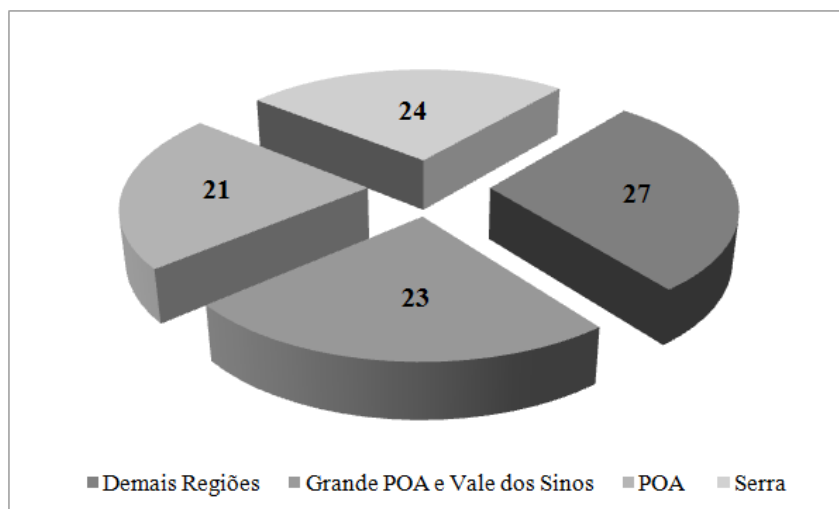


Figura 15 - Cervejarias por Região do RS
Fonte: Adaptado de MAPA (2016)

A partir da primeira divisão do estado em regiões, foram criadas 3 subcategorias de tamanho (categoria microcervejaria), baseadas na produção mensal em litros das cervejarias, sendo: *i*) produção de 1.000 litros até 15.000 litros; *ii*) produção de 16.000 litros até 50.000 litros e; *iii*) produção acima de 50.000 litros. Nesse sentido, a pesquisa exploratória buscou identificar dentro de cada região, no mínimo uma cervejaria de cada uma das 3 categorias de produção em litros acima apresentadas, considerando que, como a pesquisa foi de caráter exploratório, foi possível concluir o levantamento de dados no momento em que os resultados se tornaram repetitivos.

Para a realização das entrevistas foi utilizado um roteiro de pesquisa definido como sendo semiestruturado, ou seja, permitindo a abertura para inclusão de novas informações adicionais não constantes inicialmente. Para garantir a eficácia do levantamento de dados através do roteiro, o mesmo foi validado inicialmente em 3 cervejarias da amostra selecionada. Após a aplicação, foram necessários ajustes, sendo estes realizados e o roteiro final aplicado para complementação da amostra. Os dados da validação também foram incorporados no resultado da pesquisa. O roteiro preliminar aplicado antes da sua validação é apresentado na íntegra no apêndice B.

Após, a validação do roteiro preliminar foram necessários pequenos ajustes para geração do roteiro definitivo, conforme detalha Figura 16.

Adequação	Justificativa
Questão 1 (Tabela) - Alteração da nomenclatura "mosto" para "bagaço de malte" na linha 4.	Entende-se que mosto seja o produto da etapa de brassagem da cerveja, não sendo um resíduo. O resíduo, neste caso, é o bagaço do malte.
Questão 1 (Tabela) - Exclusão da coluna "proporção de resíduo (por 100 litros)"	Foi identificado que, por ser um assunto relativamente novo, as cervejarias ainda não tem esta informação disponível. A mesma será levantada durante a definição do método.

Figura 16 - Adequações realizadas para o roteiro definitivo

Fonte: autor

Após as alterações, o roteiro definitivo ficou constituído de uma seção inicial, considerando informações gerais de porte e identificação da empresa, bem como os insumos utilizados no processo de fabricação da cervejaria entrevistada, buscando categorizar de forma simples cada uma delas.

A primeira questão para levantamento de dados específicos das cervejarias considerou a listagem de todos os resíduos oriundos do processo cervejeiro, bem como um campo específico para preenchimento de informações a respeito do destino dado pela cervejaria a cada um destes resíduos. A definição de quais resíduos seriam aplicados para o levantamento de dados foi feita através e um mapeamento complementar realizado pelo autor, observando as entradas e saídas de cada processo. Neste caso, teve-se como base os processos definidos por Olajire (2012) e apresentados no capítulo 2. A Figura 17 apresenta um resumo do mapeamento de resíduos realizado.

Processos	Entradas (Insumos)	Saídas (Perdas)
1. Moagem do Malte	Malte	Casca
		Amido
		Sacos
2. Mosturação	Malte Moído	-
	Água	-
3. Clarificação	Mosto	Bagaço de Malte
	Água	Água Lavagem
4. Fervura	Lúpulo	Lúpulo
	Cerveja	Trub
	Água Lavagem	Água Lavagem
5. Fermentação	Cerveja	-
	Fermento	Fermento
	Água Lavagem	Água Lavagem
6. Maturação	Cerveja	-
	Água Lavagem	Água Lavagem
7. Clarificação	Água	Água
8. Envase	Cerveja	-
	Garrafas	Vidro
9. Arrolhamento	Garrafas	Vidro
	Tampas	Tampas
10. Pasteurização	Garrafas	Vidro
	Água	Água
11. Armazenagem	Garrafas	-
	Papelão	Papelão
12. Entrega	-	-

Figura 17 - Principais Resíduos do Processo Cervejeiro
Fonte: autor

A segunda questão do roteiro considerou um questionamento para entendimento da visão de cada entrevistado de quais, em sua opinião, deveriam ser os resíduos a ser dada maior atenção em caso de reciclagem. A questão apresentada foi: "Quais dos resíduos acima a empresa considera os mais importantes de ser tratados? Liste 3 por ordem de importância."

A terceira questão do roteiro é uma abordagem mais ampla e especializada, não relacionada à cervejaria em si, mas à opinião do entrevistado em relação ao conhecimento que ele tem sobre outras alternativas de reciclagem de resíduos, mesmo que ainda não aplicada em sua cervejaria. A forma de levantamento de dados é semelhante à questão 01, com a mesma listagem de resíduos e um campo para inclusão de um "possível destino" àquele resíduo. As informações levantadas através desta questão alimentaram os dados considerados como opinião de especialistas.

Por fim, a questão 4 traz uma abordagem geral para entendimento de qual a visão do entrevistado sobre a importância da reciclagem de resíduos para o seu negócio e a questão 5 uma indagação sobre se este consideraria a possibilidade de implementação de um método genérico de gestão de resíduos em sua cervejaria. As perguntas feitas foram: "4) A empresa

considera importante a questão de reaproveitar os resíduos? Por quê?" e "5) Consideraria a possibilidade de implementação de um método genérico para reaproveitamento de resíduos?".

O roteiro definitivo é apresentado em sua íntegra no Apêndice C. O mesmo também foi traduzido para a língua alemã para levantamento de dados com especialistas na Alemanha, conforme Apêndice D.

A partir dos roteiros de pesquisa preenchidos com as informações das entrevistas, foi realizada uma análise do conteúdo dos mesmos e os dados compilados e apresentados através de sínteses de cada questão e sínteses gerais resumindo as informações levantadas.

3.1.4 Estudo 4 - Pesquisa com Especialistas

A pesquisa com especialistas foi realizada como complemento aos dados identificados nos 3 estudos anteriores e considerou 3 fontes distintas de dados: *i)* as informações levantadas através da questão 3 do roteiro de pesquisa descrito no item 3.1.3, *ii)* entrevista a 3 especialistas da área não ligados a nenhuma cervejaria, considerando apenas a questão 3 do roteiro utilizado para a pesquisa com cervejarias e; *iii)* o levantamento de dados com 3 cervejarias alemãs, buscando-se identificar a existência de outras alternativas ainda não apontadas na pesquisa no Brasil. Salienta-se que o levantamento de dados com as cervejarias alemãs foi considerado como um estudo complementar, não obrigatório para a finalização da pesquisa.

Para levantamento de dados com especialistas no Brasil, todas as entrevistas foram realizadas de forma presencial. Já a pesquisa com cervejarias alemãs foi realizada através de envio de e-mail padrão, traduzido para a língua alemã pelo próprio autor.

Após as pesquisas, uma análise de conteúdo foi realizada e os dados compilados e apresentados através de sínteses.

3.2 Sugestão - processo criativo para proposição do método

Após a etapa do *DSR* considerada como a conscientização, foram iniciados os trabalhos de sugestão e proposta de um método para gestão de resíduos. A fase de sugestão foi importante para definições iniciais que fizeram parte da base para criação do método.

3.3 Desenvolvimento - criação da proposta de Método de Gestão de Resíduos

A proposta do método de gestão de resíduos foi criada com base nas informações oriundas dos quatro estudos realizados durante o levantamento de dados e do processo criativo iniciado na fase de sugestão. A partir destas informações o método foi construído definindo-se um fluxo com 9 etapas principais e 5 momentos de decisão. A partir deste fluxo, cada etapa do mesmo foi descrita considerando-se mais detalhadamente as orientações para sua realização.

3.4 Avaliação - Validação do Método de Gestão de Resíduos

A penúltima etapa metodológica desta tese foi a validação do Método de Gestão de Resíduos através de um Grupo Focado. Esta ferramenta tem como objetivo obter dos participantes entendimento sobre o tópico da pesquisa, não diferenciando-se se utilizado sozinho ou com outros métodos ou se busca questões ou respostas (FREITAS; OLIVEIRA, 1998).

O Grupo Focado para validação do método de gestão de resíduos teve como objetivo a avaliação, por parte de especialistas mestre-ervejeiros, da adequação do mesmo em relação a aplicabilidade na indústria cervejeira e foi aplicado no dia 21/06/2016 no Departamento de Engenharia de Produção da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), permitindo a todos os participantes a possibilidade de expressar livremente suas opiniões. O tempo para realização do mesmo foi de duas horas, com agenda realizada conforme Figura 18.

Início	Fim	Descrição da Atividade
09:00	09:20	Boas vindas e contextualização da pesquisa
09:20	09:40	Apresentação do método e suas relações
09:40	10:20	Contribuição sobre as relações de etapas do método
10:20	11:00	Contribuição final sobre alternativas de reciclagem escolhidas e análise final do método

Figura 18 - Agenda realizada no Grupo Focado

Fonte: autor

Em relação aos participantes, os papéis desempenhados foram:

- i)* para apresentação: o próprio autor, descrevendo e detalhando o método, suas interações e esclarecendo as dúvidas surgidas durante o evento;
- ii)* para condução dos debates: doutoranda em Engenharia de Produção pela UFRGS, mantendo o foco das discussões e o cumprimento dos tempos previstos;
- iii)* para validação do tema: professora ligada ao Departamento de Engenharia de Produção da UFRGS, avaliando questões ligadas à gestão ambiental;
- iv)* para validação do técnica: especialistas, mestres-ervejeiros ligados diretamente ao mercado cervejeiro do RS, contribuindo de forma técnica às etapas do método e das alternativas de reciclagem apresentadas.

O material utilizado no Grupo Focado (ver Apêndice E) foi preparado com antecedência e enviado para os participantes 10 dias antes da sua realização, contendo o problema e objetivos da pesquisa, o método a ser validado e as questões que deveriam ser respondidas para validação. Todo o evento foi gravado em áudio para esclarecimento de dúvidas em relação as informações apresentadas, se necessário.

Após a realização do evento as contribuições geradas foram avaliadas pelo autor e classificadas entre "Aceita" (A), "Aceita Parcialmente" (AP) e "Não Aceita" (NA), apresentando-se justificativas nos casos de AP e NA. Estas contribuições e suas classificações são descritas na Figura 19.

Contribuição	Aceitação	Justificativa
Incluir levedo de cerveja em pó ou comprimido nas alternativas de leveduras.	Não aceita	Não atende os critérios iniciais de inclusão (necessidade de embasamento teórico)
Excluir a alternativa Bioetanol em leveduras.	Aceita	-
Excluir a alternativa Celulose em leveduras.	Aceita	-
Considerar a alternativa Tabletes como alternativa 1 em leveduras.	Aceita Parcialmente	Será considerada, porém após a razão animal, produtos panificados e adubo.
Buscar mais alternativas para leveduras.	Não aceita	Não atende os critérios iniciais de inclusão (necessidade de embasamento teórico)
Considerar para estudos futuros a possibilidade de criação de arranjos produtivos para reciclagem dos resíduos.	Aceita	-
Considerar para estudos futuros a possibilidade de secagem dos resíduos para incremento do seu valor agregado.	Aceita	-
Explicar melhor no método a decisão "possibilidade de reutilização?"	Aceita	-
Manter no método apenas 3 alternativas para cada tipo de resíduo, além das que englobam destinos para todos.	Aceita	-
Criar indicador social de medição.	Aceita	-
Excluir a alternativa CO2 para o bagaço de malte.	Aceita	-
Explicar os possíveis retornos financeiros da venda do bagaço de malte	Aceita Parcialmente	Será exemplificada uma situação, devido à indisponibilidade de valores dos resíduos.

Figura 19 - Síntese das contribuições geradas no Grupo Focado

Fonte: autor

3.5 Conclusão - lições aprendidas e contribuições do método

A última etapa desta tese compreende a conclusão dos estudos referentes à criação do método de gestão de resíduos, incluindo as lições aprendidas através da aplicação do *DSR*, contribuições do método e sugestão de estudos futuros, todos descritos no capítulo 6, considerações finais.

4 LEVANTAMENTO E ANÁLISE DOS DADOS

Este capítulo tem como objetivo a apresentação e análise dos quatro estudos propostos realizados para levantamento de dados.

4.1 Estudo 1 - Levantamento de dados na literatura

Após o desenvolvimento da revisão da literatura, os dados descritos no capítulo 2 foram analisados, listados e relacionados a cada resíduo. A Figura 20 apresenta uma síntese geral destas informações, relacionando-as também aos autores e anos em que foram publicadas.

Resíduo	Destino	Fonte	Ano
Bagaço de Malte	Alimentação Animal	Fakoya; van der Poll	2013
		Mussato; Dragone; Roberto	2006
		Rosa; Beloborodko	2015
	Biogás	Wonn et al.	2016
	Pão	Mussato; Dragone; Roberto	2006
		Stojceska et al.	2008
	Aperitivos	Mussato; Dragone; Roberto	2006
		Stojceska et al.	2008
	Flakes	Mussato; Dragone; Roberto	2006
		Stojceska et al.	2008
	Tijolos	Mussato; Dragone; Roberto	2006
	Papel	Mussato; Dragone; Roberto	2006
	Absorventes	Mussato; Dragone; Roberto	2006
	Substrato para cultivo de microorganismos	Mussato; Dragone; Roberto	2006
	Substrato para produção de enzimas	Mussato; Dragone; Roberto	2006
Substrato para cultivo de cogumelos	Pauli	2010	
Concreto e materiais cerâmicos	Letelier et al.	2016	
	Palomino et al.	2016	
Leveduras (Fermento)	Alimentação Animal	Ferreira et al.	2010
	Tabletes, flakes e forma líquida	Ferreira et al.	2010
	Colas e Adesivos	Kadimaliev et al.	2012
	Celulose	Lin et al.	2014
	Bioetanol	Aimaretti; Ybalo	2012
		Ha et al.	2011
Khattak et al.		2013	

Figura 20 - Síntese das Alternativas Identificadas na Literatura

Fonte: autor

4.2 Estudo 2 - Levantamento de dados através de sites

De acordo com a lista de cervejarias apresentada no apêndice A, nesta etapa buscou-se a análise dos sites de todas as cervejarias listadas. O objetivo desta busca foi encontrar a descrição de práticas de reciclagem de resíduos implementadas e divulgadas por estas empresas em seus sites, sendo que apenas duas, consideradas como grandes cervejarias na classificação utilizada no capítulo 3, apresentam informações relativas a reciclagem de resíduos em seus sites: AMBEV e HEINEKEN.

Segundo a AMBEV (2016) o bagaço de malte, a levedura úmida e seca, o pó e a casca de malte representam quase 70% do total de resíduos gerados, sendo estes encaminhados para outras operações industriais. O bagaço de malte, gerado no processo de fabricação da cerveja, pode ser usado como ração animal. O restante é constituído de embalagens de vidro, sendo recicladas internamente na empresa.

Para a Heineken (2016) o grande desafio é tentar zerar o envio de resíduos para aterros sanitários. Atualmente de 159 unidades da empresa no Mundo, 71 unidades já não mandam mais resíduos para estes aterros. A maioria dos resíduos são advindos do processo de fabricação de cerveja, sendo 73% bagaço de malte e 10% leveduras, sendo estes resíduos reciclados como ração e compostagem, visto que os mesmos possuem um grande valor nutricional para alimentação animal e humana.

A Figura 21 apresenta a síntese dos destinos encontrados nos sites das duas cervejarias pesquisadas.

Resíduo	Tipo de Resíduo	Destino	"R"
Casca de Malte	Orgânico	Alimentação Animal	Reciclagem
		Adubo	Reciclagem
Amido (Pó da moagem)	Orgânico	Alimentação Animal	Reciclagem
		Adubo	Reciclagem
Bagaço de Malte	Orgânico	Alimentação Animal	Reciclagem
		Adubo	Reciclagem
Garrafas	Sólido	Reciclagem Interna	Reciclagem

Figura 21 - Síntese dos destinos encontrados em sites

Fonte: autor

4.3 Estudo 3 - Pesquisa com cervejarias

Os itens 4.3.1 a 4.3.3 apresentam o perfil geral dos entrevistados (cervejarias e especialistas) durante a pesquisa exploratória, bem como os destinos dados aos resíduos que foram identificados durante a realização das mesmas.

4.3.1 Perfil Geral das Cervejarias Entrevistadas

Para a realização do Estudo 3, foram contatadas ao todo 24 cervejarias (6 de cada região), nas quais 18 concordaram em participar da entrevista, o que representa 18,36% da população total do estudo (98 cervejarias). A amostra final explorada contemplou 4 cervejarias de Porto Alegre, 6 cervejarias da Grande Porto Alegre e Vale dos Sinos, 5 cervejarias da Serra e 3 cervejarias das demais regiões do estado. Nesse sentido, de acordo com as necessidades de levantamento de dados, considera-se que a amostra realizada foi suficiente para definição das práticas utilizadas atualmente no mercado cervejeiro gaúcho.

A aplicação das pesquisas para levantamento dos dados nas cervejarias selecionadas na amostra foi realizada inicialmente através de entrevistas presenciais pelo autor nas três cervejarias onde o roteiro foi validado e em todas as cervejarias pertencentes às regiões POA, Grande POA e Vale dos Sinos e Serra. Devido à distância de localização das cervejarias das "Demais regiões" foi testada a entrevista por telefone, não havendo variações de resposta ou entendimento por parte dos entrevistados. Desta forma, entendeu-se como suficiente a aplicação da entrevista por telefone nas cervejarias 16, 17 e 18 da amostra. Todas as entrevistas foram gravadas e transcritas.

Após a realização das entrevistas, os dados levantados nas cervejarias foram lançados em planilha eletrônica e analisados, primeiramente, em relação ao perfil das que participaram das entrevistas. A Figura 22 apresenta as cervejarias entrevistadas, região e cidade onde estão localizadas, produção média mensal em litros e quantidade de funcionários trabalhando no processo.

Referência	Região	Cidade	Categoria	Produção (litros)	Funcionários
Cervejaria 01	POA	Porto Alegre	16.000 a 50.000 litros	20.000	6
Cervejaria 02	POA	Porto Alegre	1.000 a 15.000 litros	7.000	2
Cervejaria 03	POA	Porto Alegre	Acima de 50.000 litros	80.000	8
Cervejaria 04	POA	Porto Alegre	1.000 a 15.000 litros	4.000	2
Cervejaria 05	Grande POA e VS	Canoas	1.000 a 15.000 litros	10.000	5
Cervejaria 06	Grande POA e VS	Eldorado do Sul	1.000 a 15.000 litros	7.000	2
Cervejaria 07	Grande POA e VS	Alvorada	16.000 a 50.000 litros	25.000	10
Cervejaria 08	Grande POA e VS	Novo Hamburgo	1.000 a 15.000 litros	2.000	2
Cervejaria 09	Grande POA e VS	Capela de Santana	16.000 a 50.000 litros	30.000	7
Cervejaria 10	Grande POA e VS	Campo Bom	Acima de 50.000 litros	80.000	22
Cervejaria 11	Serra	Gramado	Acima de 50.000 litros	80.000	6
Cervejaria 12	Serra	Canela	1.000 a 15.000 litros	6.000	2
Cervejaria 13	Serra	Bento Gonçalves	Acima de 50.000 litros	60.000	10
Cervejaria 14	Serra	Nova Petrópolis	16.000 a 50.000 litros	16.000	9
Cervejaria 15	Serra	Nova Petrópolis	1.000 a 15.000 litros	6.000	2
Cervejaria 16	Demais Regiões	Passo Fundo	1.000 a 15.000 litros	15.000	8
Cervejaria 17	Demais Regiões	Santa Maria	Acima de 50.000 litros	500.000	82
Cervejaria 18	Demais Regiões	Santa Cruz do Sul	16.000 a 50.000 litros	50.000	8

Figura 22 - Síntese do perfil das cervejarias entrevistadas

Fonte: autor

Categorizando-se as mesmas de acordo com a produção (litros/mês), obteve-se a divisão de tamanho das cervejarias amostradas conforme Figura 23.

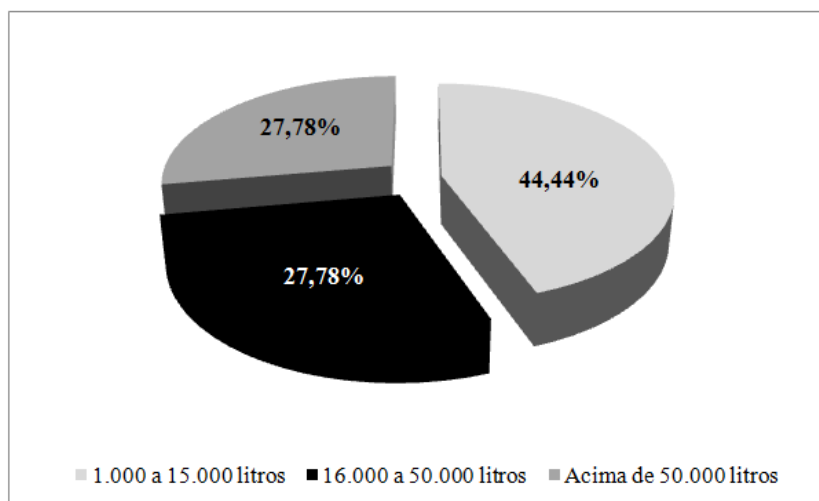


Figura 23 - Produção (litros/mês) das cervejarias entrevistadas

Fonte: autor

Já no que se refere aos resultados divididos por região, obteve-se a divisão das entrevistas Figura 24.

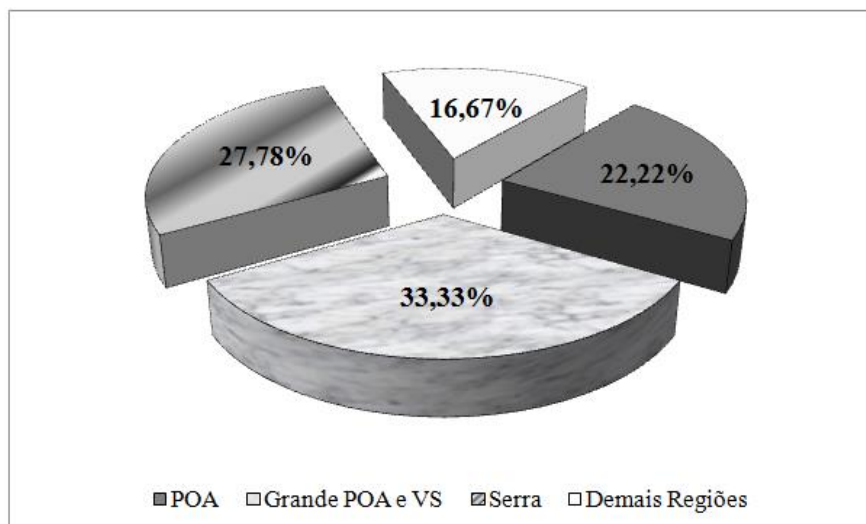


Figura 24 - % de Entrevistas por Região
Fonte: autor

Após a realização das pesquisas é importante salientar que o objetivo de entrevistar no mínimo uma cervejaria de cada uma das subcategorias de porte foi atingido em sua totalidade e que a amostra foi suficiente devido à repetição das respostas entre as cervejarias.

4.3.2 Destinos dados para Resíduos nas Cervejarias do RS

A análise dos dados foi realizada com base nos princípios metodológicos de Bardin (2002), consistindo na elaboração de síntese a partir das similaridades encontradas em relação aos fatores de bloqueio e de estímulo à criatividade. As sínteses das respostas dadas à questão 1, sobre quais os destinos dados aos resíduos pelas cervejarias são apresentados no Apêndice F.

Apesar de todos os destinos apresentados nas respostas, nem todos podem ser considerados como alternativas para reciclagem, visto que são apenas formas de descarte ou não há certeza sobre o destino após o descarte, como por exemplo nas tampas e vidros. Nesse sentido, a Figura 25 apresenta uma compilação final somente de alternativas de reciclagem praticadas pelas cervejarias do RS atualmente. Nesta compilação dos dados é possível verificar que, apesar de os destinos para os resíduos serem muitos, poucos são para reciclagem, sendo estes destinos resumidos a apenas quatro alternativas e mais uma como reutilização.

Resíduo	Tipo de Resíduo	Destino	"R"
Casca de Malte	Orgânico	Granola	Reciclagem
		Alimentação Animal	Reciclagem
Amido	Orgânico	Alimentação Animal	Reciclagem
Bagaço de Malte	Orgânico	Alimentação Animal	Reciclagem
		Bolo	Reciclagem
Restos de Lúpulo	Orgânico	Alimentação Animal	Reciclagem
		Adubo	Reciclagem
<i>Trub</i>	Orgânico	Alimentação Animal	Reciclagem
		Adubo	Reciclagem
Fermento (Leveduras)	Orgânico	Alimentação Animal	Reciclagem
		Retorno ao Processo	Reutilização
		Adubo	Reciclagem
Água	Efluente Líquido	Alimentação Animal	Reciclagem
		Retorno ao Processo	Reutilização

Figura 25 - Alternativas de reciclagem praticadas pelas cervejarias do RS
Fonte: autor

As respostas dadas às questões 2, 4 e 5 são detalhadas no Apêndice G e, a partir destas e da construção das sínteses apresentadas na Figura 25 e no apêndice F, a Figura 26 apresenta uma síntese geral das respostas dadas pelas cervejarias às questões da pesquisa.

Questão	Síntese
Questão 1	Identificados destinos de reciclagem para os resíduos, sendo a alimentação animal destino dos resíduos casca de malte, amido, bagaço de malte, restos de lúpulo, <i>trub</i> , leveduras e água. Também apontada a granola como destino para casca de malte, bolo como destino para o bagaço de malte e adubo como destino para restos de lúpulo, <i>trub</i> , e leveduras.
Questão 2	Em relação à quais seriam os resíduos prioritários para criar alternativas de destino, o bagaço de malte representou 48,28% das citações, a água 33,33%, as leveduras 11,49% e o <i>trub</i> e vidro representaram 3,45% das citações cada.
Questão 4	Todas as cervejarias entrevistadas consideram importante a questão de se reaproveitar os resíduos gerados pelo processo. Os motivos apontados salientam questões ambientais e econômicas, sendo que as questões econômicas foram citadas por 61,11% e questões ambientais por 38,88% das cervejarias.
Questão 5	Todas as cervejarias entrevistadas considerariam a possibilidade de implementação de um modelo de reaproveitamento de resíduos, havendo porém algumas respostas que destacam que, para a implementação do método, este deve ser viável e deve haver tempo para sua implementação.

Figura 26 - Síntese geral das respostas das cervejarias
Fonte: autor

4.4 Estudo 4 - Pesquisa com especialistas

O primeiro passo para levantamento de dados de especialistas foi a consideração de que a questão 3, respondida nas pesquisas pelas cervejarias, seria enquadrada nesta categoria, visto que as opiniões citadas pelos entrevistados não se referem a práticas por eles adotadas e sim conhecimentos adquiridos através de estudos e experiência no mercado cervejeiro. As respostas dadas foram sintetizadas e são apresentadas no Apêndice H, assim como a síntese das respostas dadas pelos mestres-cervejeiros e cervejarias alemãs.

A partir das informações obtidas a Figura 27 apresenta uma síntese geral das práticas sugeridas pelos especialistas, bem como o "R" aplicável a cada uma destas alternativas.

Resíduo	Tipo de Resíduo	Destino	"R"
Casca de Malte	Orgânico	Alimentação Animal	Reciclagem
Amido (Pó da moagem)	Orgânico	Alimentação Animal	Reciclagem
Bagaço de Malte	Orgânico	Alimentação Animal	Reciclagem
		Pão	Reciclagem
		Massa de Pizza	Reciclagem
		Outro alimentos panificados	Reciclagem
		Cookies	Reciclagem
		Aperitivos	Reciclagem
		Adubo	Reciclagem
		Biogás	Reciclagem
		Barra de Cereais	Reciclagem
		Cápsula de Levedo de Cerveja	Reciclagem
		Substrato para Produção Cogumelo	Reciclagem
		Bolo	Reciclagem
		CO ₂	Reciclagem
		Geração de Energia	Reutilização
Restos de Lúpulo	Orgânico	Alimentação Animal	Reciclagem
Trub	Orgânico	Alimentação Animal	Reciclagem
Leveduras	Orgânico	Alimentação Animal	Reciclagem
		Pão	Reciclagem

Figura 27 - Alternativas de reciclagem sugeridas por especialistas

Fonte: autor

4.5 Síntese Geral dos Dados Levantados

Em síntese, a construção do método para gestão de resíduos será realizada com base na 4 fontes de dados abordadas anteriormente: *i)* revisão da literatura; *ii)* sites de cervejarias; *iii)* alternativas já utilizadas nas cervejarias do RS e; *iv)* opinião de especialistas. Analisando-se os dados levantados em todas as fontes, é possível verificar que algumas alternativas

repetem-se ou podem representar informações diferentes do que identifica a sua nomenclatura. Neste caso, a Figura 28 apresenta uma proposta para fusão, exclusão ou alteração de nomenclatura de algumas alternativas identificadas, sendo estas utilizadas em todas as etapas do trabalho a partir deste ponto.

Alternativa Original	Nova Nomenclatura	Origem	Justificativa
Alimentação Animal	Ração Animal	Literatura, Sites, Cervejarias e Especialistas	Entende-se que apesar da citação de alimentação animal, o bagaço de malte é utilizado e reprocessado pelos receptores transformando-o em ração animal
Geração de Energia	Biogás	Especialistas	Entende-se que, quando o entrevistado utilizou a alternativa geração de energia, o mesmo estava se referindo a geração do biogás, que gera energia.
Outros alimentos panificados	Dividido entre as alternativas relacionadas (pão, <i>cookies</i> , aperitivos e bolos)	Especialistas	Entende-se que o entrevistado usou uma alternativa genérica já citada de forma detalhada em outros momentos da pesquisa como pão, <i>cookies</i> , aperitivos e bolos.
Substrato para cultivo de microorganismos	Substrato para produção de cogumelos	Literatura	De acordo com Mussato, Dragone e Roberto (2006), quando abordam o cultivo de microorganismos referem-se ao cultivo de cogumelos.

Figura 28 - Fusões, exclusões e alterações de nomenclatura das alternativas
Fonte: autor

A Figura 29 apresenta um resumo geral das informações levantadas neste capítulo, referenciando as fontes geradoras das informações e considerando-se somente as alternativas de reciclagem de resíduos. Através dos resultados apresentados é possível verificar que, quando considera-se a transformação de resíduos em novos produtos, as alternativas se concentram basicamente na reciclagem de resíduos orgânicos (com apenas uma exceção citada para uso da água, considerada como efluente líquido, para alimentação animal). Em função das suas características semelhantes, foram agrupados os resíduos casca, amido e bagaço de malte e também os resíduos lúpulo e *trub*. Nesse sentido, entende-se que o método deve abordar prioritariamente os resíduos nas quais alternativas foram identificadas, não se atendo a necessidades dos outros tipos de resíduos.

Resíduo	Alternativa	Fonte			
		Literatura	Sites	Cervejarias	Especialistas
Bagaço de Malte/ Casca de Malte/ Amido	Ração Animal	X	X	X	X
	Absorventes	X			
	Adubo		X		X
	Aperitivos	X			X
	Barra de Cereais				X
	Biogás	X			X
	Bolo			X	X
	Cápsulas de Levedo de Cerveja				X
	CO2				X
	Concreto e materiais cerâmicos	X			
	<i>Cookies</i>				X
	<i>Flakes</i>	X			
	Granola			X	
	Massa de Pizza				X
	Outros Alimentos Panificados				X
	Pão	X			X
	Papel	X			
	Substrato para produção de cogumelos	X			X
	Substrato para produção de enzimas	X			
	Tijolos	X			
Água	Ração Animal			X	
Leveduras (Fermento)	Ração Animal	X		X	
	Adubo			X	
	Bioetanol	X			
	Celulose	X			
	Colas e Adesivos	X			
	<i>Flakes</i>	X			
	Nutrição de Peixes	X			
	Pão				X
	Tabletes	X			
Restos de Lúpulo/ <i>Trub</i>	Ração Animal			X	
	Adubo			X	

Figura 29 - Síntese geral das alternativas de reciclagem de resíduos

Fonte: autor

5 MÉTODO DE GESTÃO DE RESÍDUOS (MGR)

A partir das informações levantadas e das sínteses realizadas no capítulo 4, este capítulo apresenta a construção do método de gestão de resíduos, considerando a análise e definição das alternativas mais adequadas para aplicação dentro do método.

O Método de Gestão de Resíduos foi desenvolvido a partir da necessidade de criação de um procedimento passo-a-passo para planejamento, aplicação, avaliação e melhoria da gestão dos resíduos pelas cervejarias. Esta gestão está baseada em uma preparação adequada para que as alternativas de reciclagem definidas possam ser implementadas de forma consistente. O método é constituído de 9 etapas e 5 momentos de decisão. Dentro desta abordagem, a Figura 30 apresenta o diagrama do método proposto.

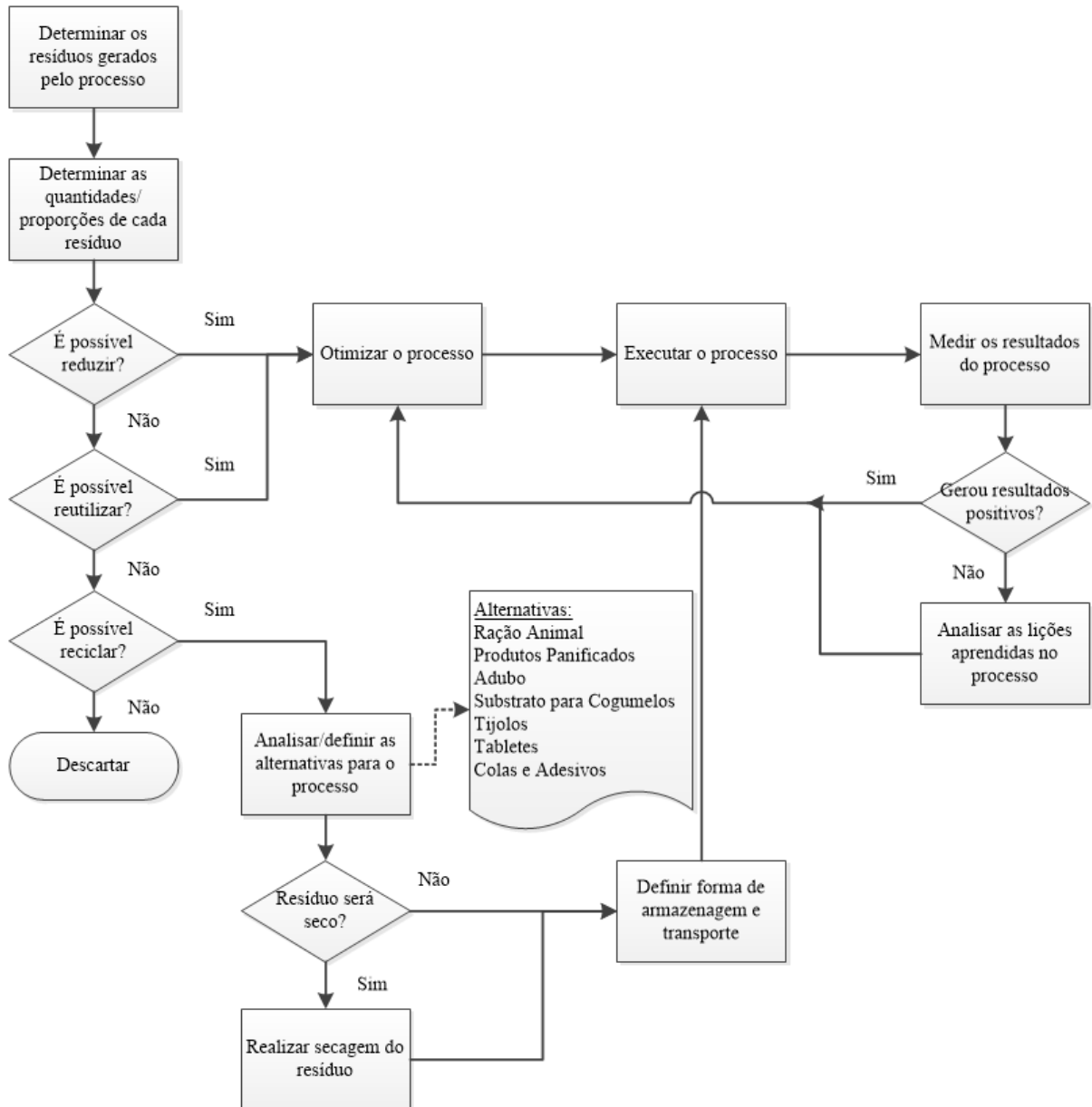


Figura 30 - Diagrama do Método Proposto
Fonte: autor

As descrições detalhadas de cada uma das etapas do método estão definidas nas seções 5.1 a 5.10.

5.1 Determinar os resíduos gerados pelo processo

A primeira etapa é a definição de quais resíduos são gerados pelo processo. Apesar destas informações já estarem definidas e disponíveis de forma genérica, o método traz a necessidade de o produtor cervejeiro fazer um levantamento inicial de seus resíduos, visando a consolidação dos mesmos de acordo com o que é inicialmente proposto. Nesse sentido,

devem ser considerados como ponto de partida para esta etapa, os resíduos bagaço de malte, leveduras, água e *trub*.

5.2 Determinar as quantidades e proporções de cada resíduo

A segunda etapa do método é a determinação das quantidades geradas de cada resíduo. Dentro deste passo é necessária uma medição das quantidades geradas, visto que, devido à diferenças nas receitas, processos e formulações, podem haver diferenças entre os totais de cervejaria para cervejaria. A Figura 31 apresenta referências que podem ser usados como base para medição das proporções geradas a cada 100 litros de cerveja fabricada.

Resíduo	Proporção (por 100 litros)
Bagaço de Malte, amido e casca de malte	20 a 30kg
Água	100 litros
Leveduras	5 litros
<i>Trub</i>	1kg úmido

Figura 31 - Referência de proporções de cada resíduo
Fonte: grupo focado

5.3 Decisões - Reduzir, Reutilizar ou Reciclar

Estes 3 momentos de decisão incluem a verificação da possibilidade de implementação de cada um dos 3R's. Neste sentido, deve-se primeiro avaliar a possibilidade de reduzir o consumo da matéria-prima. Caso exista a possibilidade, o fluxo segue para a otimização do processo e caso não exista, parte-se para a análise da possibilidade de reutilização em que, se for possível que a mesma seja executada, segue-se para a otimização do processo e caso não seja possível, parte-se para a reciclagem. A reciclagem é a última alternativa de decisão antes do descarte, então, caso não exista a possibilidade de reciclagem, o descarte é realizado e caso exista, segue-se no fluxo para a seleção de uma alternativa para este.

5.4 Analisar/definir as alternativas para o processo

A etapa referente à análise e definição de alternativas de reciclagem leva em consideração as informações apresentadas no capítulo 4, relacionadas às alternativas de

reciclagem levantadas durante as pesquisas, bem como as informações referentes à validação do método, apresentadas no capítulo 3. A priorização, ou seja, as alternativas mais interessantes para o produtor cervejeiro são definidas conforme a possibilidade de retorno financeiro que a mesma pode trazer. A viabilidade financeira das alternativas pode ser obtida considerando-se o preço de venda do resíduo no mercado, a forma de venda do mesmo (seco ou úmido), bem como as proporções que serão destinadas para cada alternativa.

Para auxiliar nas escolhas adequadas para destinação de cada resíduo, a Figura 32 apresenta uma síntese de informações de proporções que são incorporadas em cada alternativa, considerando o percentual de uso de cada resíduo para sua constituição e a forma ideal para venda deste resíduo. Salienta-se que as proporções indicadas referem-se ao máximo de resíduo que pode ser incorporado na produção de cada uma das alternativas.

Alternativa	Proporção	Forma de Venda
Ração Animal	15% - suínos 30% - peixes 40% - bovinos	Úmido
Produtos Panificados	6% - <i>cookies</i> 5 a 30% - pães e bolos	Seco
Adubo	100%	Úmido
Substrato para produção de cogumelos	70%	Úmido
Tijolos e materiais cerâmicos	6%	Seco
Tabletes	50%	Úmido
Colas e Adesivos	50%	Úmido

Figura 32 - Síntese de informações sobre a alternativa
Fonte: autor

Segundo a Mfrural (2016) o preço de venda atual dos resíduos de cervejaria na forma úmida é em torno de R\$ 0,12, podendo este valor chegar a 4x mais no caso da secagem do resíduo. Nesse sentido, é possível afirmar que o produtor cervejeiro pode obter retornos financeiros através da venda dos resíduos, porém atualmente nenhuma cervejaria pratica a venda, somente doa os resíduos para produtores rurais.

5.5 Realizar secagem do resíduo

Esta etapa é precedida de um momento de decisão no fluxo, no qual o cervejeiro deve definir se o resíduo será seco ou não na cervejaria, dependendo da alternativa escolhida. Para

facilitar o cálculo do produtor cervejeiro, foram definidas duas equações para cálculo da viabilidade, sendo para resíduos úmidos:

$$\text{Quantidade de Resíduos (Kg)} \times \text{Preço de Venda Úmido}$$

E para resíduos secos:

$$(\text{Quantidade de Resíduos (Kg)} \times 80\%) \times (\text{Preço de Venda Úmido} \times 4)$$

Nesse sentido, a Figura 33 mostra em exemplo das possibilidades de retorno em uma cervejaria com produção mensal média de 10.000 litros caso esta gere 20% de resíduos e consiga destinar todos para reciclagem. Levando-se em consideração que, após a secagem do resíduo úmido, o seu volume reduz em 20%, compara-se então as duas situações, resíduos na forma úmida e seca. Os preços utilizados referem-se aos valores praticados no ano de 2016.

Forma de Venda	Úmido	Seco
Volume Cerveja Produzido (L)	10.000	
Quantidade Gerada de Resíduos (kg)	2.000	1.600
Preço de Venda do Resíduo (kg)	R\$ 0,12	R\$ 0,48
Venda Total (R\$)	R\$ 240,00	R\$ 768,00

Figura 33 - Retorno financeiro da venda de resíduos (2016)

Fonte: autor

Em termos de geração de retorno financeiro, vender os resíduos de forma seca é uma grande vantagem para o produtor cervejeiro, porém deve-se considerar a disponibilidade de parceiros para venda de todo o resíduo gerado e também que, para esta secagem é necessária a compra de uma prensa que, conforme a Mfrural (2016), demanda um investimento de R\$ 6.000,00. Se a cervejaria tiver capital disponível para ser investido esta torna-se uma alternativa interessante, visto que o seu *payback* pode ser de aproximadamente 8 meses, considerando-se os dados utilizados para o exemplo. Nesse sentido, sugere-se que inicialmente o produtor destine seus resíduos para venda na forma úmida e a partir da capitalização do negócio, invista na prensa para secagem.

5.6 Definir forma de armazenagem e transporte

A forma de armazenagem dependerá da alternativa existente e do tipo de processamento dado ao resíduo antes do envio para seu destino de reciclagem. No caso do bagaço de malte, estão disponíveis no mercado prensas que realizam a operação de secagem do bagaço, o que reduz em até 20% o seu volume e aumenta o valor de mercado do resíduo, facilitando a armazenagem e aumentando o prazo de validade do resíduo. Caso a cervejaria não disponha da prensa ou não queira investir neste equipamento, a armazenagem deve ser feita em bombonas plásticas hermeticamente fechadas para evitar ao máximo o contato com o ambiente externo.

No caso das leveduras a cervejaria pode dispor de baldes fechados e manter o resíduo refrigerado até a sua destinação.

O tipo de transporte a ser utilizado pode ser definido em conjunto com o comprador do resíduo e deve ser adequado em termos de tamanho e com frequência suficiente para evitar que os mesmos estraguem antes de chegar ao processamento no destino.

5.7 Executar o processo

A etapa de início da gestão de resíduos é a segunda etapa da fase de execução e contempla a execução dos passos planejados anteriormente.

5.8 Medir os resultados do processo

A medição dos resultados gerados é a etapa única da fase de avaliação. Neste momento do processo de gestão de resíduos o cervejeiro deverá medir o desempenho da cervejaria em relação à reciclagem dos resíduos. Nesse sentido, são propostos 4 indicadores para medição em relação ao desempenho econômico, ambiental e social da empresa. A Figura 34 descreve estes indicadores, incluindo a forma de cálculo, o objetivo e o limite inferior aceitável.

Medição	Indicador	Objetivo	Fórmula	Limite Inferior
Ambiental	Índice de Reciclagem de Resíduos (IRR)	Medir o percentual de resíduos que são destinados para reciclagem. Meta: quanto maior, melhor	Quantidade Reciclada/ Quantidade Gerada	90%
Econômica	Índice de Retorno Financeiro sobre Resíduo (IRFR)	Medir o percentual de retorno do investimento em matérias-primas que pode ser retornado. Meta: quanto maior, melhor	Preço Venda do Bagaço/ Preço Compra Malte	2%
	Retorno Financeiro por Litro Produzido (RFLP)	Medir o valor em reais retornado a cada litro de cerveja produzida. Meta: quanto maior, melhor	Preço Venda do Bagaço x Quantidade de Bagaço Gerada / Litros Produzidos	R\$ 0,03
Social	Índice Social de Destinação de Resíduos	Medir o percentual de resíduos que são destinados a cooperativas ou trabalhos sociais. Meta: entre 10 e 50% do total reciclado	Quantidade Destinada Social/ Quantidade Reciclada Total	10%

Figura 34 - Indicadores para medição de resultados

Fonte: autor

Esta etapa é sucedida por um momento de decisão no fluxo, no qual deve ser avaliada a geração ou não de resultados da gestão dos resíduos. Caso tenha gerado resultados, a cervejaria pode otimizar seu processo, conforme seção 5.10. Por outro lado, se não tiver atingido os resultados esperados, passa para a próxima etapa do método, que contempla a análise das lições aprendidas durante o processo.

5.9 Analisar as lições aprendidas no processo

A etapa de análise das lições aprendidas no processo contempla a verificação dos motivos pelos quais não foi possível a geração dos resultados esperados do processo de gestão dos resíduos. Após esta análise, o método retorna para a sua otimização.

5.10 Otimizar o processo

Esta etapa do método contempla a melhoria do processo de fabricação para que se possa aplicar os 3R's ou ampliar as alternativas de reciclagem para os resíduos.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta tese objetivou propor um método para gestão de resíduos nas cervejarias do Estado do Rio Grande do Sul. Para isto, o estudo se baseou na metodologia de pesquisa *Design Science Research*, abrangendo as etapas de: (i) conscientização sobre o tema; (ii) sugestão inicial de um método; (iii) desenvolvimento do método; (iv) avaliação do método e; (v) conclusões sobre o uso do método.

Para realização do trabalho, a etapa de conscientização compreendeu o levantamento de dados e o entendimento do estado da arte em relação a aspectos de gestão ambiental, mercado cervejeiro e práticas atualmente implementadas e descritas na literatura como alternativas adequadas para reciclagem de resíduos do processo cervejeiro. Também foram realizadas pesquisas com cervejarias e especialistas para que fosse possível compreender a maturidade das cervejarias do estado do Rio Grande do Sul no que se refere à gestão e reciclagem de seus principais resíduos. Estas contribuições foram o fundamento principal para proposição do método de gestão de resíduos. Nesta etapa foram alcançados os objetivos específicos "identificar as alternativas apontadas na literatura para reciclagem de resíduos em cervejarias" e "identificar, práticas já implementadas atualmente na indústria cervejeira do estado do Rio Grande do Sul", sendo as mesmas resumidas e apresentadas ao final do capítulo 4.

A etapa de sugestão foi realizada de forma não estruturada, por um processo de pensamento que, a partir dos dados levantados na etapa de conscientização, iniciou a construção de um método para a gestão de resíduos.

O desenvolvimento, terceira etapa realizada, compreendeu a definição e construção de um método em 9 etapas para que as cervejarias consigam gerenciar de forma adequada seus resíduos. Cada um destes passos foi descrito e embasado por informações das etapas anteriores da metodologia de pesquisa, sendo possível a definição e priorização de alternativas de reciclagem para os principais resíduos do processo cervejeiro, indicadores de medição dos resultados da aplicação do método e também uma simulação de possíveis retornos financeiros que podem ser obtidos pelas cervejarias com a gestão adequada dos seus resíduos.

Após a construção inicial do método, durante a quarta etapa (avaliação) o método foi validado através de um grupo focado, cujas contribuições foram analisadas e aplicadas para melhorias e construção do método final. Com a participação de mestres-cervejeiros e um profissional da área de gestão ambiental, o método foi validado para aplicação nas cervejarias do estado do Rio Grande do Sul, sendo considerado pelos mesmos como uma importante

contribuição para o segmento. Nesta etapa, após validação do método, foi possível o alcance do objetivo geral do trabalho, estando o mesmo abordado em todo capítulo 5. Também nesta etapa foi alcançado o terceiro objetivo específico "priorizar as alternativas de reciclagem de resíduos identificadas", através do diagrama apresentado no terceiro passo do método.

Desta forma, esta tese deixa como contribuição o desenvolvimento de um método de gestão de resíduos para o segmento cervejeiro, possibilitando a administração adequada destes resíduos, a escolha de alternativas adequadas para cada cervejaria, além da possibilidade de retornos financeiros pela venda dos resíduos, aspecto este ainda não explorado de forma abrangente por este mercado. Estas pesquisas auxiliaram então no preenchimento da lacuna existente referente à gestão adequada de resíduos no mercado cervejeiro, visto que as fontes pesquisadas apresentam alternativas possíveis, mas não um método estruturado para gestão das mesmas.

Para ampliação dos estudos, sugere-se que futuramente sejam realizadas pesquisas que abordem a formação de parcerias e arranjos produtivos para reciclagem dos resíduos, podendo estes arranjos serem importantes para ampliação do compromisso social, ambiental e econômico das cervejarias.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACACIO, K., KAPALDO, J., OREKOYA, M., SAHNI, S., APYAN, A., KIM, P., PRUSAK, M., ZAHIR, S., CHIEM, E., ARAIZA, M.R., SMITH, A., TOMLIN, S. (2011) IPRO 340: Business study of alternative uses for brewers spent grain. Illinois Institute of Technology, Final Project Report, Faculty advisors: M. Dushay and str. Lewis, (Disponível em <http://share.iit.edu>).

ACERVA. ASSOCIAÇÃO DOS CERVEJEIROS ARTESANAIS DO RIO GRANDE DO SUL. Acesso em 01/04/2016. Disponível em <http://www.acervagaucha.com.br/index.php>.

AIMARETTI, N., YBALO, C. Valorization of carrot and yeast discards for the obtention of ethanol. *Biomass and Bioenergy*: 42, 18-23, 2012.

ALIYU, S., BALA, M. Brewer's spent grain: A review of its potentials and applications. *African Journal of Biotechnology*: 10, 324-331, 2011.

AMBEV. Relatório Anual de Sustentabilidade. Acesso em 19/04/2016. Disponível em http://www.ambev.com.br/wordpress/wp-content/uploads/2014/12/Ambev_Relato%CC%81rio-Anual-deSustentabilidade_2014_Versa%CC%83o19.01.2016.pdf

AKATU. Instituto. Consumo Consciente, 2004. Acesso em: 13/05/2016. Disponível em: <http://www.akatu.org.br/Temas/Consumo-Consciente/Posts/Entrevista-Betty-Abramowicz>

AJANAKU, K.O., DAWODU, F.A., AJANAKU, C.O., NWINYI, O.C. Functional and Nutritional Properties of Spent Grain Enhanced Cookies. *American Journal of Food Technology*: 6 (9), 763-771, 2011.

BARBIERI, J.C. Gestão ambiental empresarial: conceitos, modelos e instrumentos. 3ª Ed. São Paulo: Saraiva, 2011.

BAKER, E., BOURNAY, E., HARAYAMA, A., REKACEWICZ, P.. Vital waste graphics. UNEP, Basel Convention, GRID Arendal, DEWA Europe, 2004.

BARDIN, L. Análise de conteúdo. Lisboa: Edições 70, 2002.

BELUCI, N.C.L., MADRONA, G.S. Elaboração de Barra de Cereal com Resíduos da Produção de Cerveja e do Processamento de Extrato de Soja. In: II Simpósio de Bioquímica e Biotecnologia - SIMBBTEC, Londrina-PR, 2012.

BOCKEN, N.M.P., SHORT, S.W., RANA, P., EVANS, S. A literature and practice review to develop sustainable business model archetypes. *Journal of Cleaner Production*: 65, 42-56, 2014.

BRASIL. Lei nº 12.305, de 2 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 República Federativa do Brasil, 2010.

BRASIL. Lei nº 13.097, de 19 de janeiro de 2015. Reduz a zero as alíquotas da Contribuição para o PIS/PASEP, da COFINS, da Contribuição para o PIS/Pasep-Importação e da Cofins-Importação incidentes sobre a receita de vendas e na importação de partes utilizadas em aerogeradores; prorroga os benefícios previstos nas Leis nos 9.250, de 26 de dezembro de 1995, 9.440, de 14 de março de 1997, 10.931, de 2 de agosto de 2004, 11.196, de 21 de novembro de 2005, 12.024, de 27 de agosto de 2009, e 12.375, de 30 de ...Diário Oficial da República Federativa do Brasil, 2015.

BRASIL-MMA (Ministério do Meio Ambiente), 2016. Princípio dos 3R's. Acesso em 13/05/2016. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/responsabilidade-socioambiental/producao-e-consumo-sustentavel/consumo-consciente-de-embalagem/principio-dos-3rs>

BRASIL-MMA (Ministério do Meio Ambiente), 2016. Gestão de Resíduos Orgânicos. Acesso em 17/05/2016. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/residuos-solidos/gest%C3%A3o-de-res%C3%ADuos-org%C3%A2nicos#o-que-saoresiduos-organicos>

BRASIL-MAPA (Ministério do Agricultura, Pecuária e Abastecimento), 2016. Registros de Estabelecimentos. Acesso em 15/04/2016. Disponível em: http://www.agricultura.gov.br/vegetal/registros-autorizacoes/registro/registro_de_estabelecimentos

BRAUN, D. (2010) Lei de reciclagem pressiona mudança de hábitos de empresas e consumidores. Disponível em: [http://www.stancebrasil.com.br/noticias.asp?cod_site=0&id_noticia=41&keyword=Lei de reciclagem pressiona mudan%C3%A7a de h%C3%A1bitos de empresas e consumidores](http://www.stancebrasil.com.br/noticias.asp?cod_site=0&id_noticia=41&keyword=Lei%20de%20reciclagem%20pressiona%20mudanca%20de%20habit%20de%20empresas%20e%20consumidores) Acesso em 04/05/2016.

BRAUNGART, M., MCDONOUGH, W., BOLLINGER, A. Cradle-to-cradle design: creating healthy emissions - a strategy for eco-effective product and system design. Journal of Cleaner Production, 1-12, 2006.

BRAUNGART, M., MCDONOUGH, W. The Upcycle: Beyond Sustainability - Designing for Abundance. New York, North Point Press, 2013.

BRITO, R.A., ROBERTO, I.C. Utilização do hidrolisado hemicelulósico do bagaço de malte para obtenção de bioetanol. Acesso em 09/06/2016. Disponível em: <https://uspdigital.usp.br/siicusp/cdOnlineTrabalhoVisualizarResumo?numeroInscricaoTrabalho=1643&numeroEdicao=16>

CERVBRASIL - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CERVEJA. Dados do Setor. Acesso em 19/04/2016. Disponível em <http://www.cervbrasil.org.br/paginas/index.php?page=dados-do-setor>.

CORDELLA, M., TUGNOLI, A., SPADONI, G., SANTARELLI, F., ZANGRANDO, T., 2008. LCA of an Italian lager beer. International Journal of Life Cycle Assessment 13, 133 a 139.

DIAS, R. Gestão ambiental: responsabilidade social e sustentabilidade. 2ª Ed. São Paulo: Atlas, 2011.

EKVALL, T., BJÖRKLUND, A., ERIKSSON, O., FINNVEDEN, G. What life-cycle assessment does and does not do in assessments of waste management. *Waste Management*; 27:989-996, 2007.

ESPERANCINI, M.S.T., COLEN, F., BUENO, O.C., PIMENTEL, A.E.B., SIMON, E.J. Viabilidade Técnica e Econômica da Substituição de Fontes Convencionais de Energia por Biogás em Assentamento Rural do Estado de São Paulo. *Engenharia Agrícola*: 27 (1), 110-118, 2007.

FAKOYA, M.B., VAN DER POLL, H.M., Integrating ERP and MFCA systems for improved waste-reduction decisions in a brewery in South Africa. *Journal of Cleaner Production* 40 (2013), 136-140.

FARCAS, A.C., SOCACI, S.A., TOFANA, M., MURESAN, C., MUDURA, E., SALANTA, L., SCROB, S. Nutritional properties and volatile profile of brewer's spent grain supplemented bread. *Romanian Biotechnological Letters*: 19, 9705-9714, 2014a.

FARCAS, A.C., TOFANA, M., SOCACI, S.A., MADURA, E., SCROB, S., SALANTA, L., MURESAN, V. Brewers' spent grain - A new potential ingredient for functional foods. *Journal of Agroalimentary Processes and Technologies*: 20 (2), 137-141, 2014b.

FENG, X., HUANG, L., ZHANG, X., LIU, Y. Water system integration of a brewhouse. *Energy Conversion and Management*: 50, 354-359, 2009.

FERREIRA, I.M.L.L.V.O., PINHO, O., VIEIRA, E., TAVARELA, J.G. Brewer's *Saccharomyces* yeast biomass: characteristics and potential applications. *Trends in Food Science & Technology* 21: 77-84, 2010.

FILLAUDEAU, L., AVET, P.B., DAUFIN, G. Water, wastewater and waste management in brewing industries. *Journal of Cleaner Production*: 14, 463-471, 2006.

FREITAS, H. M. R.; OLIVEIRA, M. Focus group - pesquisa qualitativa: resgatando a teoria, instrumentalizando o seu planejamento. *Revista Produção*, v. 33, 1998.

GHISELLINI, P., CIALANI, C., ULGIATI, S. A review on circular economy: the expected transition to a balanced interplay of environmental and economic systems. *Journal of Cleaner Production*: 114, 11-32, 2016.

GÖTZ, G., GEIßEN, S-U., AHRENS, A., REIMANN, S. Adjustment of the wastewater matrix for optimization of membrane systems applied for water reuse in breweries. *Journal of Membrane Sciences*: 465, 68-77, 2014.

GRAHAN, S., POTTER, A. Environmental operations management and its links with proactivity and performance: A study of the UK food industry. *International Journal of Production Economics*: 170, 146-159, 2015.

GUPTA, M., GHANNAM, N.A., GALLAGHER, E. Barley for Brewing: Characteristic Changes during Malting, Brewing and Applications of its By-Products. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*: 9, 318-328, 2010.

HASSONA, H.Z. High fibre bread containing brewer's spent grains and its effect on lipid metabolism in rats. *Die Nahrung*: 37 (6), 576-582, 1993.

HA, J.H., SHAH, N., ISLAM, M.U., PARK, J.K. Potential of waste from beer fermentation broth for bio-ethanol production without any additional enzyme, microbial cells and carbohydrates. *Enzyme and Microbial Technology*: 49, 298-304, 2011.

HEINEKEN. Sustainability Report 2015. Acesso em 19/04/2016. Disponível em: <http://www.theheinekencompany.com/~media/Websites/TheHEINEKENCompany/Downloads/PDF/Sustainability%20Report%202015/Heineken%20NV%202015%20Sustainability%20Report.ashx>

HOFER, C., CANTOR, D., DAI, J. The competitive determinantes of a firm's environmental management activities: evidence form US manufacturing industries. *Journal of Operations Management*: 30, 69-84, 2012.

HUIGE, N.J. Brewery By-Products and Effluents. In: *Handbook of Brewing*. 2nd Edition. Taylor & Francis Group LLC, 2006.

ISHIWAKI, N., MURAYAMA, H., AWAYAMA, H., KANAUCHI, O., SATO, T. Development of high value uses of spent grain by fractionation technology. *MBAA Technical Quarterly* 37, 261-265, 2000.

ISO 14040:2006. Environmental Management - Life Cycle Assessment - Principles and Framework.

JAKRAWATANA, N., PINGMUANGLEKA, P., GHEEWALA, S.H. Material flow management and cleaner production os cassava processing for future food, feed and fuel in Thailand. *Journal or Cleaner Production*: 1-9, 2015.

JAWAHIR, I.S., BRADLEY, R. Technological Elements of Circular Economy and the Principles of 6R-Based Closed-loop Material Flow in Sustainable Manufacturing. In: *13th Global Conference on Sustainable Manufacturing - Decoupling Growth from Resource Use*. *Procedia CIRP*: 40, 103-108, 2016.

JENSEN, M.B., MOLLER, J., SCHEUTZ, C. Comparision of the organic waste management systems in the Danish-German border region using life cycle assessment (LCA). *Waste Management*: 49, 491-504, 2016.

JOHNSON, P., PALIWAL, J., CENKOWSKI, S. Issues with utilisation of brewers' spent grain. *Stewart Postharvest Review*: 4:2, 2010.

JOSHI, K., VANKATACHALAM, A., JAWAHIR, I.S. A new methodology for transforming 3R concept into 6R concept for improving product sustainability. In: *Proc. IV Global Conference on Sustainable Product Development and Life Cycle Engineering, São Carlos, Brazil. October 3 - 6. CD-ROM*, 2006.

KAUR, V.I., SAXENA, P.K. Incorporation of brewery waste in supplementary feed ans its impact on growth in some carps. *Bioresource Technology*: 91, 101-104, 2004.

KADIMALIEV, D., TELYATNIK, V., REVIN, V., PARSHIN, A., ALLAHVERDI, S., GUNDUZ, G., KEZINA, E., ASIK, N. Optimization of the conditions required for chemical and biological modification of the yeast waste from beer manufacturing to produce adhesive compositions. *BioResources* 7 (2). 1984-1993. 2012.

KHATTAK, W.A., KHAN, T., HA, J.H., ISLAM, M.U., KANG, M.K., PARK, J.K. Enhanced production of bioethanol from waste of beer fermentation broth at high temperature through consecutive batch strategy by simultaneous saccharification and fermentation. *Enzyme and Microbial Technology*: 53, 322-330, 2013.

KLAGENBOECH, R., THOMAZINI, M.H., SILVA, G.M.C. Resíduo Úmido de Cervejaria: Uma Alternativa na Alimentação Animal. In.: Encontro de Divulgação Científica e Tecnológica. Toledo, 2011.

KTENIOUDAKI, A., CHAURIN, V., REIS, S.F., GALLAGHER, E. Brewer's spent grain as a functional ingredient for breadsticks. *International Journal of Food Science & Technology*: 47, 1765-1771, 2012.

KUEHR, R. Towards a sustainable society: United Nations University's Zero Emissions Approach. *Journal of Cleaner Production*: 15, 1198-1204, 2007.

LACERDA, D.P., DRESCH, A., PROENÇA, A., ANTUNES JÚNIOR, J.A.V. Design Science Research: método de pesquisa para a engenharia de produção. *Gestão & Produção*, São Carlos: 20, n.4, 741-761, 2013.

LAZAREVIC, D., BUCLET, N., BRANDT, N. The application of life cycle thinking in the context of European waste policy. *Journal of Cleaner Production* (2) 9-30: 199-207, 2012.

LETELIER, V., TARELA, E., MUÑOZ, P., MORICONI, G. Assessment of the mechanical properties of a concrete made by reusing both: Brewery spent diatomite and recycled aggregates. *Construction and Building Materials*: 114, 492-498, 2016.

LIEDER, M., RASHID, A. Towards circular economy implementation: a comprehensive review in context of manufacturing industry. *Journal of Cleaner Production*: 115, 36-51, 2016.

LIMA, T.C., ARAÚJO, I.O., ANTUNES, J.G., MATOS, C.J.G. PEREIRA, C.S.S. Estudo da produção de bioetanol a partir do bagaço de malte. *Blucher Chemical Engineering Proceedings*: 1, (1), 2014.

LIN, D., SANCHEZ, P.L., LI, R., LI, Z. Production of bacterial cellulose by *Gluconacetobacter hansenii* CGMCC 3917 using only waste beer as nutrient source. *Biosource Technology* 151: 113-119, 2014.

LORENZ, H., FISCHER, P., SCHUMACHER, B., ADLER, P. Current EU-27 technical potential of organic waste streams for biogas and energy production. *Waste Management*: 33, 2434-2448, 2013.

LUCAS, M.T., NOORDEWIJER, T.G. Environmental management practices and firm financial performance: The moderating effect of industry pollution-related factors. *International Journal of Production Economics*: 175, 24-34, 2016.

- MANSON, N.J. Is operation research really research? *Orion*: 22, n. 2, 155-180, 2006.
- MATHEWS, J.A., TAN, H. Progress towards a circular economy: the drivers and inhibitors of eco-industrial initiative. *Journal of Industrial Ecology*: 15, 435-457, 2011.
- MATTOS, C. Desenvolvimento de um pão fonte de fibras a partir do bagaço de malte. Trabalho de Conclusão de Curso, ICTA, Engenharia de Alimentos, UFRGS, 2010.
- MAZZER, C., CAVALCANTI, O.A. Introdução à Gestão Ambiental de Resíduos. Acesso em 17/05/2016. Disponível em: <http://www.cff.org.br/sistemas/geral/revista/pdf/77/i04-aintroducao.pdf>
- MBDC LLC Cradle-to-Cradle Certified^{CM} Product Standard Version 3.0. Acesso em 20/04/2016; disponível em http://www.c2ccertified.org/images/uploads/C2CCertified_Product_Standard_V3_121112.pdf
- MCDONOUGH, W., BRAUNGART, M. *Cradle-to-Cradle: Remarking the Way We Make Things*. North Point Press: New York, 2002.
- MCDONOUGH, W., BRAUNGART, M., ANASTAS, P.T., ZIMMERMAN, J.B. Applying the principles of green engineering to Cradle-to-Cradle design. *Environmental Science Technology*: 37, 434-441, 2003.
- MELLO, M.C.A., NASCIMENTO, L.F. Produção mais limpa: um impulso para a inovação e a obtenção de vantagens competitivas. In: XXII Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Curitiba, 2002.
- MEZINSKA, I., STRODE, S. Emerging horizons of environmental management in food sector companies. In: 20th International Scientific Conference Economics Management - 2015 (ICEM-2015). *Procedia - Social and Behavioral Sciences*: 213, 527-532, 2015.
- MIRANDA, E. O Desafio dos 4 R's. Acesso em: 11/05/2016. Disponível em: <http://www.evaristodemiranda.com.br/artigos-tecnicos/o-desafio-dos-quatros-rs/>
- MUSSATO, S.I., DRAGONE, G., ROBERTO, I.C. Brewers' spent grain: generation, characteristics and potential applications. *Journal of Cereal Science*: 43, 1-14, 2006.
- MUSSATO, S.I., DRAGONE, G., TEIXEIRA, J.A., ROBERTO, I.C. Total reuse of brewer's spent grain and biotechnological processes for the production of added-value compounds. *Bioenergy: challenges and opportunities*, 2008.
- NARAYANASWAMY V., ALTHAM, W., VAN BERKEL, R., MCGREGOR, M., 2005. Application of Life Cycle Assessment to enhance eco-efficiency of grains supply chains. Paper Presented at the 4th Australian LCA Conference, Feb. 2005, Sydney.
- NAUSTDALSLID, J. Circular economy in China - the environmental dimension of the harmonious society. *International Journal of Sustainable Development & World Ecology*, Vol.21: 4, 303-313, 2014.

NEWCORN, D. Cradle-to-cradle: the next packaging paradigm? Acesso em 13/05/2016. Disponível em: <http://www.packworld.com/cradle-cradle-next-packaging-paradigm-sidebar>
NIERO M., NEGRELLI, A.J., HOFFMEYER, S.B., OLSEN, S.I., BIRKVED, M. Closing the loop for aluminum cans: Life Cycle Assesment of progression in Cradle-to-Cradle certification levels. *Journal of Cleaner Production*: 126, 352-362, 2016.

OLAJIRE, A.A., The brewing industry and the environmental challenges, *Journal of Cleaner Production* (2012), doi: 10.1016/j.jclepro.2012.03.003.

OTTO, K.N., WOOD, K.L. *Product design: techniques in reverse engineering and new product development*. Prentice Hall, 2001.

ÖZTURK, S., ÖZBOY, Ö., CAVIDOGLU, I., KÖKSEL, H. Effects of brewers' spent grain on the quality and dietary fibre content of cookies. *Journal of the Institute of Brewing*: 108, 23-27, 2002.

PALOMINO, M.T.C., GARCIA, C.M., QUESADA, D.E., VILLAREJO, L.P. Production of ceramic material using wastes from brewing industry. *Key Engineering Materials*: 663, 94-104, 2016.

PAULI, G. *Clustering Beer*, Energy and Food, 2015. Acesso em 13/05/2016. Disponível em: http://www.theblueeconomy.org/uploads/7/1/4/9/71490689/case_109_clustering_beer_energy_and_food_final_4_2015.pdf

PAULI, G. *Emissão Zero*. Porto Alegre: EDIPUCRS, 1996.

PAULI, G. *The Magic of Beer*, 2010. Acesso em 13/05/2016. Disponível em: http://www.theblueeconomy.org/uploads/7/1/4/9/71490689/case_84_the_power_of_beer.pdf

PAULI, G. *Upsizing: Como gerar mais renda e criar mais postos de trabalho e eliminar poluição*, 3, Porto Alegre: Fundação Zeri Brasil - L&PM, 1998.

PAULI, G. Zero emissions: the ultimate goal of cleaner production. *Journal of Cleaner Production*: 5, 109-113, 1997.

PAUW, I.C., KARANA, E., KANDACHAR, P., POPPELAARS, F. Comparing biomimicry and Cradle to Cradle with Ecodesign: a case study of student design projects. *Journal of Cleaner Production*: 78, 174-183, 2014.

PETTIGREW, L., BLOMENHOFER, V., HUBERT, S., GROß, F. Optimization of water usage in a brewery clean-in-place system using reference nets. *Journal of Cleaner Production* 87: 583-593, 2015.

PRENDEVILLE, S., NIEMCZYK, M., SANDERS, C., LAFOND, E., ELGORRIAGA, A., MAYER, S., KANE, D., 2012. *Envisioning Ecodesign-Definitions, Case Studies and Best Practice*. ENEC, Cardiff, UK. Disponível em: <http://www.ecodesign-centres.org/projects>.

PUPLAMPU, E., SIEBEL, M. Minimisation of water use in a Ghanaian brewery: effects of personnel practices. *Journal of Cleaner Production*: 13, 1139-1143, 2005.

RAHIN, R., RAMAN, A.A. A Cleaner production implementation in a fruit juice production plant. *Journal of Cleaner Production* 101: 215-221, 2015.

RIVERA, A., GONZÁLEZ, J.S., CARRILLO, R., MARTÍNEZ, J.M. Operational change as a profitable cleaner production tool for a brewery. *Journal of Cleaner Production* 17 (2009), 137-142.

ROSA, M., BELOBORODKO, A. A decision support method for development of industrial synergies: case studies of Latvian brewery and wood-processing industries. *Journal of Cleaner Production*: 105, 461-470, 2015.

ROBERTSON, J. A., I'ANSON, K. J., TREIMO, J., FAULDS, C. B., BROCKLEHURST, T. F., EIJSINK, V. G., WALDRON, K. W. Profiling brewers' spent grain for composition and microbial ecology at the site of production. *LWT-Food Science and Technology*: 43(6), 890-896, 2010.

ROY, P., NEI, D., ORIKASA, T., XU, Q., OKADOME, H., NAKAMURA, N., SHIINA, T. A review of life cycle assessment (LCA) on some food products. *Journal of food engineering*, v. 90, n. 1, p. 1-10, 2009.

RUSS, W., MÖRTEL, H., PITTROFF, R.M. Application of spent grains to increase porosity in bricks. *Construction and Building Materials*: 19-2, 117-126, 2005.

SAMPAIO R.F., MANCINI M.C., 2007. Estudos de Revisão Sistemática: Um Guia para a Síntese Criteriosa da Evidência Científica. *Revista Brasileira de Fisioterapia*, São Carlos, v.11, n.1, p. 83 - 89, jan/fev. 2007.

SANTOS, M., JIMENEZ, J.J., BARTOLOME, B., GOMEZ-CORDOVES, C., DEL NOZAL, M.J. Variability of brewers' spent grain within a brewery. *Food Chemical*: 80, 17-21, 2003.

SANTOS, M.S., RIBEIRO, F.M. *Cervejas e Refrigerantes*. São Paulo: CETESB, 2005.

SAUVÉ, S., BERNARD, S., SLOAN, P. Environmental sciences, sustainable development and circular economy: Alternative concepts for trans-disciplinary research. *Environmental Development*: 17, 48-56, 2016.

SCHALTEGGER, S., VIÈRE, T., ZVEZDOV, D. Tapping environmental accounting potentials of beer brewing information needs for successful cleaner production. *Journal of Cleaner Production* 29-30, 1-10, 2012.

SEBRAE - SERVIÇO BRASILEIRO DE APOIO ÀS MICRO E PEQUENAS EMPRESAS. Como Montar uma Microcervejaria. Acesso em 19/04/2016. Disponível em: <http://www.sebrae.com.br/sites/PortalSebrae/ideias/como-montar-umamicrocervejaria,8f387a51b9105410VgnVCM1000003b74010aRCRD>

SEBRAE - SERVIÇO BRASILEIRO DE APOIO ÀS MICRO E PEQUENAS EMPRESAS. Negócios com sabor de cerveja. (2014a). Disponível em: <http://www.sebrae-rs.com.br/index.php/noticia/2621-negocios-com-sabor-de-cerveja>

SEBRAE - SERVIÇO BRASILEIRO DE APOIO ÀS MICRO E PEQUENAS EMPRESAS. Potencial de Consumo de Cervejas no Brasil. (2014b) Disponível em: http://www.sebraeme rcados.com.br/wp-content/uploads/2015/12/2014_05_20_RT_Mar_Agron_Cerveja_pdf.pdf

SEVERO, E.A., DORION, E., OLEA, P.M., CAMARGO, M.E., NODARI, C.H., CRUZ, M.R. Cleaner production: cases of the metal-mechanic automotive cluster of Serra Gaúcha. *Braz. African Journal of Business Management*. 6, 10232e10237, 2012.

SEVERO, E.A., GUIMARÃES, J.C.F., DORION, E.C.H., NODARI, C.H. Cleaner production, environmental sustainability and organizational performance: an empirical study in the Brazilian Metal-Mechanic industry. *Journal do Cleaner Production*: 96, 118-125, 2015.

SIMATE, G.S., CLUETT, J., IYUKE, S.E., MUSAPATIKA, E.T., NDLOVU, S., WALUBITA, L.F., ALVAREZ, A.E. The treatment of brewery wastewater for reuse: State of the art. *Desalination*: 273, 235-247, 2011.

SIMON, B., AMOR, M.B., FÖLDÉNYI, R. Life cycle impact assessment of beverage packaging systems: focus on the collection of post-consumer bottles. *Journal of Cleaner Production*: 1-11, 2015.

SLAWITSCH, B.M., HUBMANN, M., MURKOVICH, M., BRUNNER, C. Process modelling and technology evaluation in brewing. *Chemical Engineering and Processing: Process Intensification* 84 (2014), 98-108.

SLAWITSCH, B.M., WEISS, W., SCHNITZER, H., BRUNNER, C. The green brewery concept - Energy efficiency and the use of renewable energy sources in breweries. *Applied Thermal Engineering*: 31, 2123-2134, 2011.

STOJCESKA, V., AINSWORTH, P., PLUNKETT, A., IBANOGLU, S. The recycling of brewer's processing by-product into ready-to-eat snacks using extrusion technology. *Journal of Cereal Science*: 47, 469-479, 2008.

THEODORSON, G. A. & THEODORSON, A. G. A modern dictionary of sociology. London, Methuen, 1970.

TITU, A.M., SIMONFFY, A. Contributions Regarding the Reduction of Production Costs for Brewing by Recovering and Reusing the Carbon Dioxide. *Procedia Economics and Finance*: 16, 141-148, 2014.

TOXOPEUS, M.E., KOEIJER, B.L.A., MEIJ, A.G.G.H. Cradle-to-Cradle: Effective Vision vs. Efficient Practice?. *Procedia CIRP* 29: 384-389, 2015.

TOWNSLEY, P.M. Preparation of commercial products from brewer's waste grain. *MBAA Technical Quarterly*, 16: 130-134, 1979.

TRULLEN, J.; BARTUNEK, J. M. What a Design Approach Offers to Organization Development. *The Journal of Applied Behavioral Science*, v. 43, n. 1, p. 23-40, 2007.

UNEP - UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMM. Acesso em 11/05/2016. Disponível em <http://www.unep.org/resourceefficiency/Home/WhatisSCP/tabid/105574/Default.aspx>

VAN BERKEL, R. Cleaner production and eco-efficiency initiatives in Western Australia 1996-2004. *Journal of Cleaner Production*: 15, 741-755, 2007.

VIEIRA, A.A., BRAZ, J.M. Bagaço de Cevada na Alimentação Animal. *Revista Eletrônica Nutritime*: 6, 973-979, 2009.

WALTER, S., GLAS, K., PARLAR, H., 2005. Wasser Management in der Getränkeindustrie. *Brauwelt* 33, 972-976.

WANG, D., SAKODA, A. SUZUKI, M. Biological efficiency and nutritional value of *Pleurotus ostreatus* cultivated on spent beer grain. *Bioresource Technology*: 78, 293-300, 2001.

WITJES, S., LOZANO, R. Towards a more Circular Economy: Proposing a framework linking sustainable public procurement and sustainable business models. *Resources, Conservation and Recycling*: 112, 37-44, 2016.

WOLF, M.A., PANT, R., CHOMKHANSRI, K., SALA, S., PENNINGTON, D., The International Reference Life Cycle Data System (ILCD) Handbook - Towards More Sustainable Production and Consumption for a Resource-Efficient Europe. Publications Office of the European Union. 2012.

WONN, K.S., LO, I.M.C., CHIU, S.L.H., YAN, D.Y.S. Environmental assessment of food waste valorization in producing biogas for various types of energy use based on LCA approach. *Waste Management* 50: 290-299, 2016.

WORLD BUSINESS COUNCIL FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT - WBCSD. Eco-efficient leadership for improved economic and environmental performance, Jan.1996. Disponível em: www.wbcd.org

ZANKER, G., KEPPLINGER, W.L. The utilization of spent grains in the brewery integrated system. *Brauwelt*: 142, 1742-1747, 2002.

ZWIA - ZERO WASTE INTERNATIONAL ALLIANCE. Acesso em 19/04/2016. Disponível em <http://zwia.org/standards/zw-definition/>

APÊNDICES

APÊNDICE A - Lista de Cervejarias com nome Fantasia

Razão Social Cervejarias Registradas no MAPA (ytd, abril/2016)	Município	Região	Nome Fantasia
AL CAPONE INDUSTRIA E COMERCIO DE BEBIDAS LTDA - ME	Canoas	Grande POA e Vale dos Sinos	Al Capone
ALFAMIX MARKETING LTDA	Lajeado	Demais Regiões	Phalz
AMBARINA BIER & BEER BEVERAGE CERVEJARIA LTDA	Gramado	Serra	Ambarina
ANTONIO VANDERLEI BERFATO RODRIGUES - CHOPP - ME	Gravatá	Grande POA e Vale dos Sinos	Berfato
BABEL CERVEJARIA LTDA	Porto Alegre	POA	Babel
BABILÔNIA DISTRIBUIDORA DE BEBIDAS EIRELI - ME	Porto Alegre	POA	Babilônia
BARGHOUTI & BARGHOUTI BEBIDAS LTDA	Estrela	Demais Regiões	Prost Bier
BECKER DOPKE & CIA LTDA	Santa Cruz do Sul	Demais Regiões	Becker Dopke
BICUDA FABRICACAO DE CERVEJAS ARTESANAIS EIRAL	Viamão	Grande POA e Vale dos Sinos	Bicuda
BIER HATHA MICROCERVEJARIA LTDA	Porto Alegre	POA	Bier Hatha
BLAUTH BIER MICROCERVEJARIA LTDA	Farroupilha	Serra	Blauth Bier
BRASIL KIRIN	Igrejinha	Serra	Brasil Kirin
BRASSERIE INDUSTRIA DE BEBIDAS LTDA	Turuçu	Demais Regiões	Brasserie 35
CERVEJARIA 4 ÁRVORES LTDA	Porto Alegre	POA	4 Árvores
CERVEJARIA ANZ LTDA	Eldorado do Sul	Grande POA e Vale dos Sinos	Cervejaria ANZ
CERVEJARIA ARTESANAL FERRABRAZ LTDA	Sapiranga	Grande POA e Vale dos Sinos	Ferrabraz
CERVEJARIA BAITA BIER LTDA - ME	Novo Hamburgo	Grande POA e Vale dos Sinos	Baita Bier
CERVEJARIA BALDHEAD LTDA	Porto Alegre	POA	Baldhead
CERVEJARIA BRANDERBURGER E KRELLING LTDA	Novo Hamburgo	Grande POA e Vale dos Sinos	Bek Bier
CERVEJARIA CAMPO BOM LTDA	Campo Bom	Grande POA e Vale dos Sinos	Imigração
CERVEJARIA CANELENSE LTDA	Canela	Serra	Farol
CERVEJARIA GOLDENBAUCH LTDA	Venâncio Aires	Demais Regiões	Goldenbauch Brauerei
CERVEJARIA GUARNIERI LTDA	Farroupilha	Serra	Guarnieri
CERVEJARIA HOLY SHEEP	Santa Cruz do Sul	Demais Regiões	Holy Sheep
CERVEJARIA HUNSRUCK LTDA	Dois Irmãos	Grande POA e Vale dos Sinos	Hunsrück
CERVEJARIA IJUI - INDUSTRIA E COMERCIO LTDA	Ijuí	Demais Regiões	Ijuhy
CERVEJARIA IVOTI LTDA.	Ivoti	Grande POA e Vale dos Sinos	Adoma
CERVEJARIA JE LTDA	Bento Gonçalves	Serra	Não Identificado
CERVEJARIA LANDSBERG LTDA	Caxias do Sul	Serra	Landsberg
CERVEJARIA LORENA	Porto Alegre	POA	Lorena
CERVEJARIA MARIA SANTA LTDA	Santa Maria	Demais Regiões	Maria Santa
CERVEJARIA MICROBIER LTDA	Caxias do Sul	Serra	Microbier
CERVEJARIA OITO LTDA	Porto Alegre	POA	Oito
CERVEJARIA ORDEO LTDA	Caxias do Sul	Serra	Ordeo
CERVEJARIA PETER VON BRUTSCHEN LTDA	Santa Cruz do Sul	Demais Regiões	Cervejaria Heilige
CERVEJARIA PORTOALEGRENSE LTDA - EPP	Porto Alegre	POA	PortoAlegrense
CERVEJARIA RASEN BIER LTDA	Gramado	Serra	Rasen
CERVEJARIA REDNECK LTDA	Mato Castelhano	Demais Regiões	Jokers
CERVEJARIA RODERMARK LTDA	Morro Reuter	Grande POA e Vale dos Sinos	Alenda
CERVEJARIA RSW ABADESSA COMERCIO DE BEBIDAS LTDA	Parei Novo	Demais Regiões	Abadessa
CERVEJARIA SEASONS LTDA	Porto Alegre	POA	Seasons
CERVEJARIA SELVA BRASIL LTDA	Cachoeira do Sul	Demais Regiões	Selva Brasil
CERVEJARIA SUDBRAU LTDA	Bento Gonçalves	Serra	Sudbrau
CERVEJARIA SUL SERRA LTDA	Caxias do Sul	Serra	Não Identificado
CERVEJARIA TRAUM LTDA	Nova Petrópolis	Serra	Traum
CERVEJARIA TUPINIQUIM LTDA	Porto Alegre	POA	Tupiniquim
CERVEJARIA URWALD LTDA	São Vendelino	Grande POA e Vale dos Sinos	Urwald
CERVEJARIA VITROLA LTDA	Nova Petrópolis	Serra	Vitrola
CERVEJARIA WEST BEER LTDA	Uruguiana	Demais Regiões	West Beer
CERVEJARIA WHITEHEAD LTDA	Eldorado do Sul	Grande POA e Vale dos Sinos	Whitehead
CERVEJARIA WROZKA LTDA	Santo Antônio do Palma	Demais Regiões	Wroska
CERVEJARIAS KAISER BRASIL S/A	Gravatá	Grande POA e Vale dos Sinos	Kaiser
CERVEJAS LOEFFLER LTDA ME	Porto Alegre	POA	Loeffler
COMPANHIA DE BEBIDAS DAS AMERICAS -FL. AGUAS CLARAS	Viamão	Grande POA e Vale dos Sinos	Ambev
DE PORTO INDÚSTRIA E COMERCIO DE BEBIDAS LTDA	Porto Alegre	POA	Não Identificado
DOM FRANZ CERVEJA RUDE LTDA	Osório	Demais Regiões	Dom Franz
DREHER CERVEJAS ESPECIAIS LTDA	Gramado	Serra	Gambier
ERECHIM BIER LTDA - ME	Erechim	Demais Regiões	Erechim Bier
EUROBIER INDUSTRIA DE ALIMENTOS E BEBIDAS LTDA	Tapejara	Demais Regiões	Eurobier
EXTRAGAS COMERCIO DE GAS LTDA	Tres de Maio	Demais Regiões	Não Identificado
FELLAS BEER CERVEJARIA LTDA	Porto Alegre	POA	Fellas Bier
FIL INDUSTRIA E COMERCIO DE BEBIDAS LTDA	Gravatá	Grande POA e Vale dos Sinos	Fil
GAZAPINA CERVEJARIA ARTEZANAL	Gravatá	Grande POA e Vale dos Sinos	Gazapina
HELMBIER MICRO-CERVEJARIA ARTESANAL LTDA	Porto Alegre	POA	Helmbier
HORST & BIERMANN CERVEJARIA ARTESANAL LTDA	Porto Alegre	POA	Horst & Biermann
IMACULADA INDUSTRIA E COMERCIO DE BEBIDAS LTDA	Caxias do Sul	Serra	Imaculada
INDUSTRIA DE BEBIDAS ARTESANAS MISSIONEIRA LTDA	Barão do Cotegipe	Demais Regiões	Missioneira
INDUSTRIA DE BEBIDAS FELIZ LTDA	Feliz	Grande POA e Vale dos Sinos	Altenbrück
IRMÃOS FERRARO MICROCERVEJARIA LTDA	Porto Alegre	POA	Irmãos Ferraro
LAGON CERVEJARIA LTDA	Porto Alegre	POA	Lagon

Razão Social Cervejarias Registradas no MAPA (ytd, abril/2016)	Município	Região	Nome Fantasia
M. DA ROSA MICROERVEJARIA	Gravatá	Grande POA e Vale dos Sinos	Não Identificado
MANIBA IMPORTADORA E DISTRIBUIDORA DE EQUIPAMENTOS DE BEBIDAS LTDA	Novo Hamburgo	Grande POA e Vale dos Sinos	Maniba
MEADGARD BEBIDAS LTDA - ME	Porto Alegre	POA	Meadgard
MICRO CERVEJARIA BARLEY LTDA	Capela de Santana	Grande POA e Vale dos Sinos	Barley
MICRO CERVEJARIA BORRIFICIO DEL VALLE LTDA	Garibaldi	Serra	Não Identificado
MICRO CERVEJARIA DE CARLI LTDA	Carazinho	Demais Regiões	De Carli
MICROERVEJARIA ZAPATA LTDA EPP	Viamão	Grande POA e Vale dos Sinos	Zapata
MOOCABIER CERVEJAS ESPECIAIS LTDA	Parai	Demais Regiões	Moocabier
MOVESA INDUSTRIA E COMERCIO DE BEBIDAS LTDA	Pelotas	Demais Regiões	Original Beer
OLD CAPTAIN MICROERVEJARIA LTDA	Alvorada	Grande POA e Vale dos Sinos	Old Captain
ORIGINAL BIER - CERVEJARIA LTDA	Caxias do Sul	Serra	Não Identificado
PAVOS INDÚSTRIA, SERVIÇOS E ASSESSORIA LTDA	Caxias do Sul	Serra	Pavos
PETRONIUS INDÚSTRIA E COMÉRCIO DE BEBIDAS LTDA	Caxias do Sul	Serra	Petronius
PROEDUC PROJETOS E CONSULTORIA LTDA - ME	Maratá	Demais Regiões	Goldbier
PROVINCIA DA CERVEJA - INDUSTRIA, DISTRIBUIÇÃO E COMERCIO DE BEBIDAS LTDA	Porto Alegre	POA	Não Identificado
RAFAEL DIEFENTHALER	Porto Alegre	POA	Diefen Bier
ROSELANDIA INDUSTRIA E COMERCIO DE BEBIDAS LTDA	Passo Fundo	Demais Regiões	Lake Side Beer
SAGRADA IND. E COM. DE BEBIDAS EIRELI	Porto Alegre	POA	Sagrada
SANTA INES CERVEJAS ESPECIAIS LTDA	Carlos Barbosa	Serra	Santa Inês
SANTAMATE INDUSTRIA COM. IMP. EXP. LTDA	Santa Maria	Demais Regiões	Santa Mate
SOLERUN INDUSTRIA DE BEBIDAS LTDA	Nova Prata	Serra	Solerun
STIER BIER COMPANHIA CERVEJARIA LTDA	Parobe	Demais Regiões	Stier Bier
SULBEV INDUSTRIA E COMERCIO LTDA	Santo Antônio da Patrulha	Demais Regiões	Sulbev
VINICOLA SAO LUIZ LTDA.	Caxias do Sul	Serra	Não Identificado
W.H. DISTRIBUIDORA DE BEBIDAS	Novo Hamburgo	Grande POA e Vale dos Sinos	Boosta
WINTER INDUSTRIA A COMERCIO LTDA	Alvorada	Grande POA e Vale dos Sinos	RalfBier
ZANG & MALDANER LTDA	Nova Petrópolis	Serra	Edelbrau
ZAUBIER CERVEJARIA EIRELI-ME	Farroupilha	Serra	Não Identificado

APÊNDICE B - Roteiro Preliminar de Pesquisa

**UFRGS-UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE ENGENHARIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

Instrumento de Levantamento de Dados sobre Resíduos em Microcervejarias do RS

Empresa (opcional):

Número de Funcionários:

Produção Mensal (litros):

Insumos utilizados no processo:

1) Dentre os resíduos do processo cervejeiro listados abaixo, quais os destinos hoje dados aos mesmos?

Resíduo	Destino dado	Proporção de resíduo (por 100 litros)
Casca de Malte		
Amido (Pó da moagem)		
Sacos (de malte)		
Mosto		
Água de Lavagem		
Restos de Lúpulo		
Trub		
Fermento		
Água		
Vidro		
Tampas		
Cerveja		
Papelão		

2) Quais dos resíduos acima a empresa considera os mais importantes de ser tratados? Liste 3 por ordem de importância.

3) Quais os destinos que a empresa entende que poderiam ser dados aos resíduos?

Resíduo	Destino Possível
Casca de Malte	
Amido (Pó da moagem)	
Sacos (de malte)	
Mosto	
Água de Lavagem	
Restos de Lúpulo	
Trub	
Fermento	
Água	
Vidro	
Tampas	
Cerveja	
Papelão	

4) A empresa considera importante a questão de reaproveitar os resíduos? Por quê?

5) Consideraria a possibilidade de implementação de um modelo genérico para reaproveitamento de resíduos?

APÊNDICE C - Roteiro de Pesquisa definitivo

**UFRGS-UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE ENGENHARIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

Instrumento de Levantamento de Dados sobre Resíduos em Microcervejarias do RS

Empresa (opcional):

Número de Funcionários:

Produção Mensal (litros):

Insumos utilizados no processo:

1) Dentre os resíduos do processo cervejeiro listados abaixo, quais os destinos hoje dados aos mesmos?

Resíduo	Destino dado
Casca de Malte	
Amido (Pó da moagem)	
Sacos (de malte)	
Bagaço de Malte	
Água de Lavagem	
Restos de Lúpulo	
Trub	
Fermento	
Água	
Vidro	
Tampas	
Papelão	

2) Quais dos resíduos acima a empresa considera os mais importantes de ser tratados? Liste 3 por ordem de importância.

3) Você conhece algum outro destino de reaproveitamento que pode ser dado aos resíduos listados abaixo? Se sim, poderia descrever quais?

Resíduo	Destino Possível
Casca de Malte	
Amido (Pó da moagem)	
Sacos (de malte)	
Bagaço de Malte	
Água de Lavagem	
Restos de Lúpulo	
Trub	
Fermento	
Água	
Vidro	
Tampas	
Papelão	

4) A empresa considera importante a questão de reaproveitar os resíduos? Por quê?

5) Consideraria a possibilidade de implementação de um modelo genérico para reaproveitamento de resíduos?

APÊNDICE D - Roteiro de Pesquisa traduzido para língua alemã

Abfrage zur Abfallverwertung in Deutschen Brauereien

Unternehmen / Betrieb (freiwillige Angabe):
Anzahl der Mitarbeiter:
Jahresproduktion (hl):
Welche Rohstoffe setzen Sie in der Produktion ein ? (Malztypen, Hopfen, ...):

1) Bezogen auf die Abfallart, wie werden die Abfälle verwendet bzw. entsorgt?

Abfall	Wie wird der Abfall verwendet/entsorgt?
Malz-Spelzen	
Staub aus der Schrotmühle	
Malzsäcke	
Treber	
Reinigungswasser	
Hopfen	
Trub	
Hefe	
Abwasser	
Altglas	
Flaschenverschlüsse	
Verpackungsreste	

2) Welche der oben genannten "Abfälle" sind die drei wichtigsten, die behandelt werden sollten?

--	--	--

3) Was könnte Alternativ mit den Abfällen geschehen?

Abfall	Vorschlag zur Verwertung
Malz-Spelzen	
Staub aus der Schrotmühle	
Malzsäcke	
Treber	
Reinigungswasser	
Hopfen	
Trub	
Hefe	
Abwasser	
Altglas	
Flaschenverschlüsse	
Verpackungsreste	

4) Ist für ihr Unternehmen das Thema der Abfallverwertung ein wichtiges Thema?

Ja! Warum:	Weniger! Warum:
------------	-----------------

5) Besteht in ihrem Unternehmen Interesse an einem "Allgemeinen Verwertungsmodell" für Brauerei-Abfälle?

--

APÊNDICE E - Material de apoio para o *Focus Group*

Material de apoio para realização do *Focus Group*

1. O que é um *Focus Group* e o que é o seu papel

Segundo Freitas (1998), o FG (Focus Group) é uma ferramenta para a pesquisa qualitativa que tem sido usada em áreas como gestão, marketing, decisão, sistemas de informação e, principalmente, em ciências sociais. Complementa Freitas (2008) apresentando o objetivo do FG como sendo a obtenção do entendimento dos participantes sobre o tópico de interesse de pesquisa, não importando se for utilizado sozinho ou com outros métodos, nem mesmo se busca questões ou respostas.

Quanto à aplicação em conjunto com outros métodos, Freitas (1998) afirma que o FG pode ser usado como uma pesquisa, fornecendo evidências referentes aos posicionamentos dos respondentes sobre os tópicos em questão.

Neste sentido, você terá o papel de especialista, avaliando a consistência e promovendo sugestões de melhoria no modelo proposto. Essa avaliação poderá ser a exclusão, inclusão ou agrupamento de alternativas de reciclagem para os resíduos, bem como os passos do método proposto.

2. O que será tratado durante o evento

Estamos realizando uma pesquisa que visa propor um método para gestão de resíduos em cervejarias.

A questão de pesquisa surge através do questionamento: como pode ser feita a gestão dos resíduos gerados dentro do processo de fabricação de cerveja, considerando-se como base o conceito de reciclagem?

Nesta fase da pesquisa um método é proposto. A atividade consistirá em validar esta proposta de forma a torná-la ainda mais robusta conceitualmente.

3. Dados adicionais para a sua pré-avaliação

3.1 Alternativas para Reciclagem de Resíduos

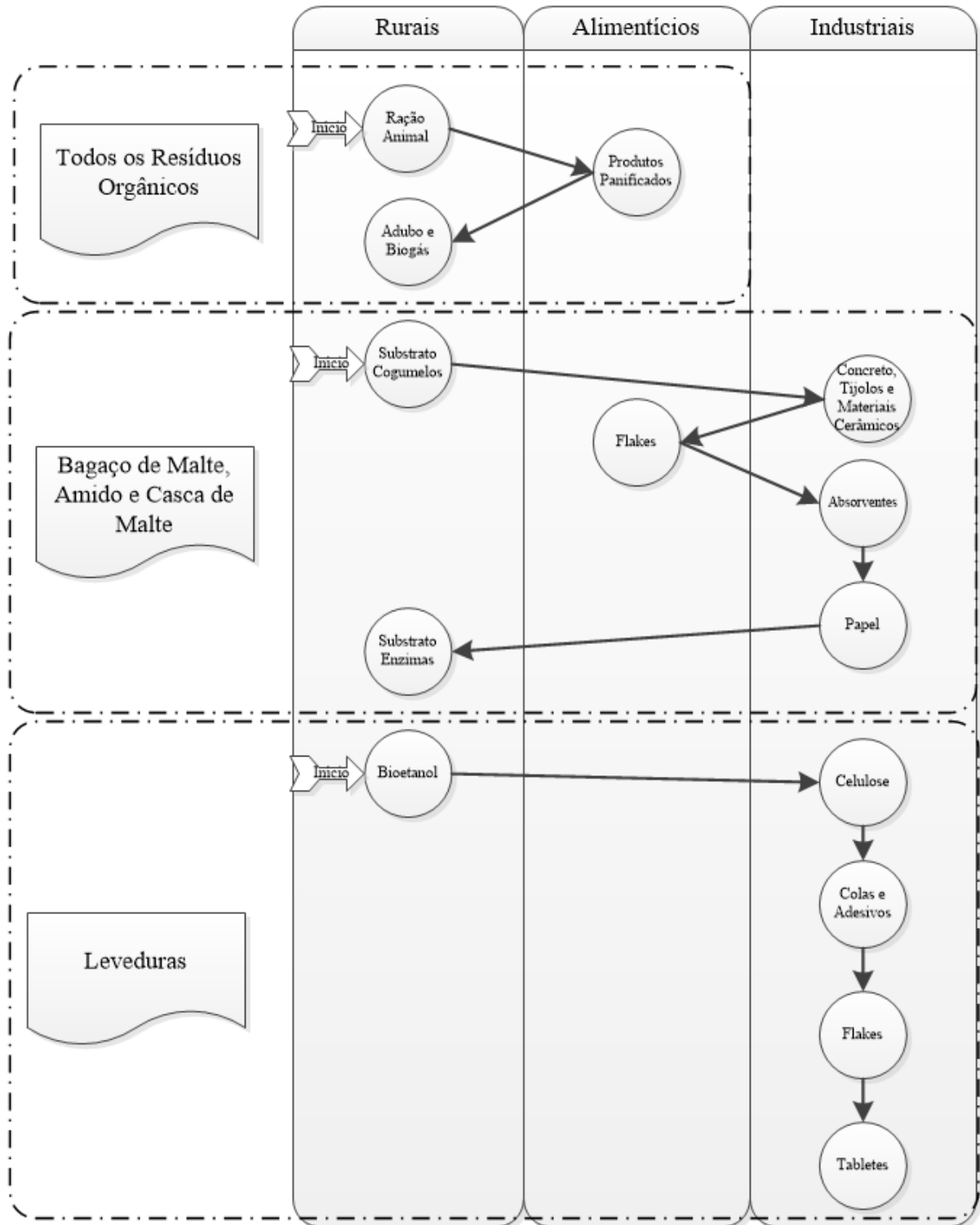
As alternativas utilizadas na pesquisa foram geradas com a síntese de 4 pesquisas realizadas:

- i) Sites de Cervejarias do RS:* todas as cervejarias gaúchas com registro no MAPA;
- ii) Revisão Sistemática:* utilização das bases de dados Scopus e ScienceDirect;;
- iii) Entrevista direta com Cervejarias:* divisão do estado do Rio Grande do Sul em regiões e das micro-cervejarias em porte (3 categorias) de acordo com a litragem mensal produzida. Para cada região, foram realizadas entrevistas em, no mínimo, uma cervejaria de cada porte;
- iv) Entrevista direta com Especialistas:* considerados os resultados complementares das entrevistas com cervejarias e entrevistar, em complemento no mínimo 3 outros especialistas relacionados ao ramo cervejeiro.

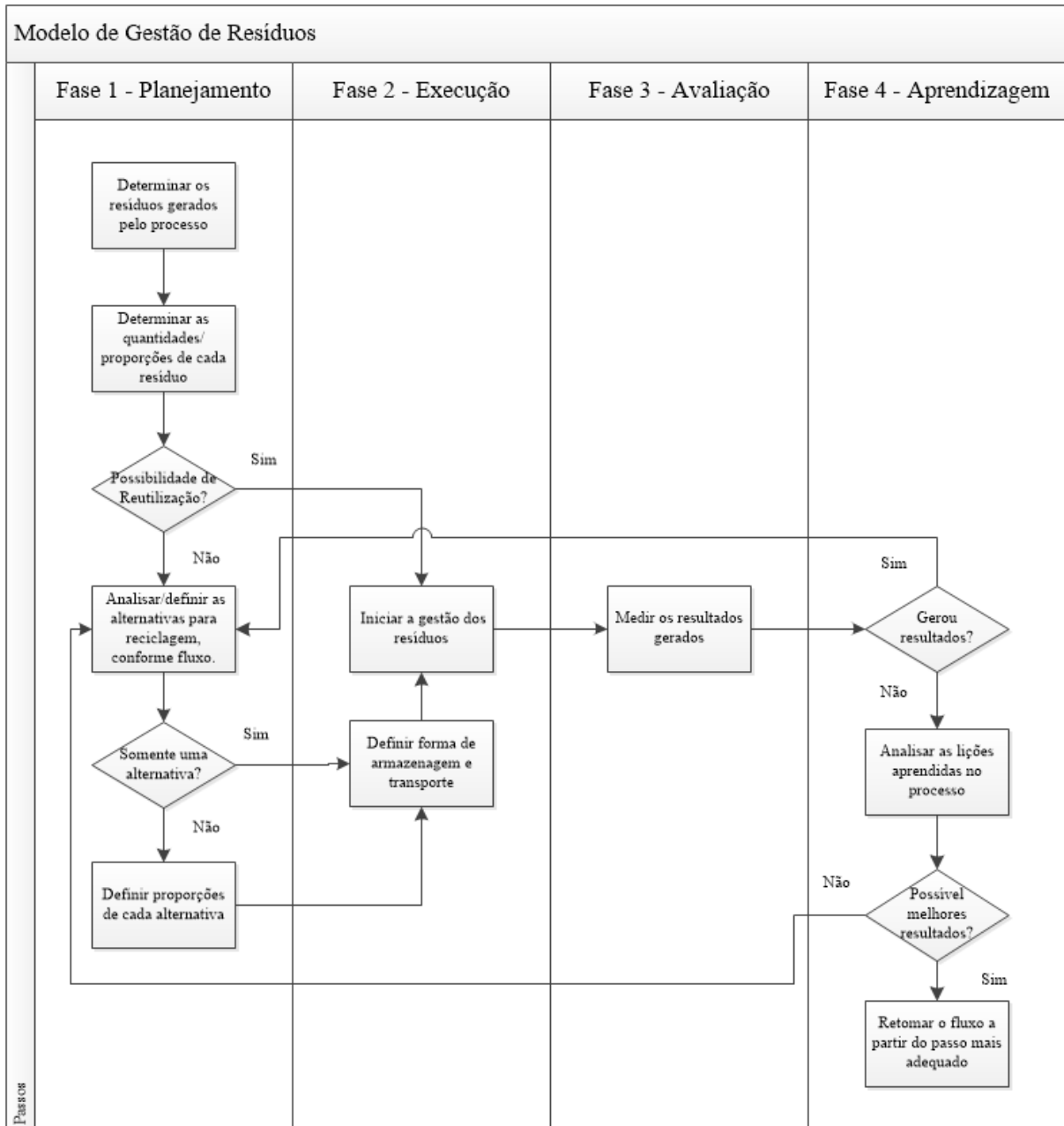
As pesquisas realizadas envolveram o levantamento de dados sobre quais as alternativas implementadas atualmente para reciclagem dos resíduos de cervejaria. A partir das fontes de dados pesquisadas, foram geradas:

Resíduo	Alternativa	Fonte			
		Revisão Sistemática	Sites	Cervejarias	Especialistas
Bagaço de Malte/ Casca de Malte/ Amido	Ração Animal	X	X	X	X
	Absorventes	X			
	Adubo		X		X
	Aperitivos	X			X
	Barra de Cereais				X
	Bio-gás	X			X
	Bolo			X	X
	Cápsulas de Levedo de Cerveja				X
	CO2				X
	Concreto e materiais cerâmicos	X			
	<i>Cookies</i>				X
	<i>Flakes</i>	X			
	Granola			X	
	Massa de Pizza				X
	Pão	X			X
	Papel	X			
	Substrato para produção de cogumelos	X			X
	Substrato para produção de enzimas	X			
	Tijolos	X			
Água	Ração Animal			X	
Leveduras (Fermento)	Ração Animal	X		X	
	Adubo			X	
	Bioetanol	X			
	Celulose	X			
	Colas e Adesivos	X			
	<i>Flakes</i>	X			
	Nutrição de Peixes	X			
	Pão				X
	Tabletes	X			
Restos de Lúpulo/ Trub	Ração Animal			X	
	Adubo			X	

Para a definição das alternativas que irão integrar o método, foram consideradas apenas alternativas que apresentam base na literatura, podendo algumas, em alguns casos, serem integradas. A partir destas definições, as mesmas foram categorizadas e priorizadas dentro de cada tipo de resíduo, gerando o fluxo que segue:



Após a priorização das alternativas, gerou-se então o método passo-a-passo para gestão dos resíduos, conforme segue. O fluxo das alternativas de reciclagem deverá ser considerado na etapa "analisar/definir as alternativas para reciclagem, conforme fluxo".



As perguntas que deverão ser respondidas ao final do evento são:

- 1) As alternativas abordadas são coerentes e consistentes para a caracterização de um método de gestão de resíduos?
- 2) Quais alternativas deveriam ser incluídos/excluídos/unificados?
- 3) O Método apresentado faz sentido frente a sua proposta?
- 4) Quais passos poderiam ser incluídos/excluídos?
- 5) Os especialistas presentes validam o método proposto?

APÊNDICE F - Síntese das respostas à questão 1

A Figura 35 apresenta uma síntese da questão 1 na região de POA.

Resíduo	Dentre os resíduos do processo cervejeiro citados abaixo, quais os destinos dados a cada um deles?			
	Cervejaria 01	Cervejaria 02	Cervejaria 03	Cervejaria 04
Casca de Malte	Descarte	Alimentação Animal	Esgoto normal	Alimentação Animal
Amido (Pó da moagem)	Descarte	Lixo Orgânico	Esgoto normal	Alimentação Animal
Sacos (de malte)	Lixo Reciclável	Lixo Reciclável	Reciclagem geral/ Floricultura	Ensacar Adubo
Bagaço de Malte	Envia para criador de gado	Alimentação Animal	Alimentação Animal	Alimentação Animal
Água de Lavagem	Descarte	Rede de Esgoto	Rede de Esgoto	Rede de Esgoto
Restos de Lúpulo	Descarte	Rede de Esgoto	Rede de Esgoto	Alimentação Animal
Trub	Descarte	Rede de Esgoto	Rede de Esgoto	Alimentação Animal
Fermento	Descarte	Reaproveita no processo/ Rede de Esgoto	Rede de Esgoto	Alimentação Animal
Água	Descarte	Reaproveita no processo/ Rede de Esgoto	Rede de Esgoto	Alimentação Animal
Vidro	Lixo Reciclável	Lixo Reciclável	Lixo Reciclável	Lixo Reciclável
Tampas	Lixo Reciclável	Lixo Reciclável	Lixo Reciclável	Lixo Reciclável
Papelão	Lixo Reciclável	Lixo Reciclável	Lixo Reciclável	Lixo Reciclável

Figura 35 - Síntese das respostas à questão 1 - Região POA

Fonte: autor

A Figura 36 apresenta uma síntese da questão 1 na região da Grande POA e Vale dos Sinos.

Resíduo	Dentre os resíduos do processo cervejeiro citados abaixo, quais os destinos dados a cada um deles?					
	Cervejaria 05	Cervejaria 06	Cervejaria 07	Cervejaria 08	Cervejaria 09	Cervejaria 10
Casca de Malte	Não gera	Alimentação Animal	Alimentação Animal	Alimentação Animal	Alimentação Animal/ Granola	Alimentação Animal
Amido (Pó da moagem)	Não gera	Alimentação Animal	Alimentação Animal	Alimentação Animal	Alimentação Animal	Alimentação Animal
Sacos (de malte)	Reaproveitamento interno/ Ferragens	Envia junto com o bagaço	Usa como saco para lixo seco	Lixo Reciclável	Lixo Reciclável	Lixo Reciclável
Bagaço de Malte	Alimentação Animal	Alimentação Animal	Alimentação Animal/ Bolo	Alimentação Animal	Alimentação Animal	Alimentação Animal
Água de Lavagem	Rede de Esgoto	Rede de Esgoto	Tratamento de Efluentes	Rede de Esgoto	Tratamento de Efluentes	Tratamento de Efluentes
Restos de Lúpulo	Rede de Esgoto	Rede de Esgoto	Alimentação Animal	Alimentação Animal	Tratamento de Efluentes	Alimentação Animal
Trub	Rede de Esgoto	Rede de Esgoto	Alimentação Animal	Alimentação Animal	Tratamento de Efluentes	Tratamento de Efluentes
Fermento	Rede de Esgoto	Rede de Esgoto	Alimentação Animal	Alimentação Animal	Alimentação Animal	Alimentação Animal
Água	Rede de Esgoto	Rede de Esgoto	Tratamento de Efluentes	Rede de Esgoto	Reuso (retornável) / Lixo Reciclável	Tratamento de Efluentes
Vidro	Lixo Reciclável	Lixo Reciclável	Lixo Reciclável	Lixo Reciclável	Lixo Reciclável	Lixo Reciclável
Tampas	Lixo Reciclável	Lixo Reciclável	Lixo Reciclável	Lixo Reciclável	Lixo Reciclável	Lixo Reciclável
Papelão	Lixo Reciclável	Lixo Reciclável	Lixo Reciclável	Não Aplicável	Lixo Reciclável	Lixo Reciclável

Figura 36 - Síntese das respostas à questão 1 - Região Grande POA e Vale dos Sinos

Fonte: autor

A Figura 37 apresenta uma síntese da questão 1 na região da Serra.

Resíduo	Dentre os resíduos do processo cervejeiro citados abaixo, quais os destinos dados a cada um deles?				
	Cervejaria 11	Cervejaria 12	Cervejaria 13	Cervejaria 14	Cervejaria 15
Casca de Malte	Alimentação Animal	Não gera	Alimentação Animal	Alimentação Animal	Alimentação Animal
Amido (Pó da moagem)	Alimentação Animal	Não gera	Alimentação Animal	Alimentação Animal	Alimentação Animal
Sacos (de malte)	Lixo Reciclável	Reaproveita para outras empresas	Lixo Reciclável	Lixo Reciclável	Reaproveita para embalagem (fábrica de móveis)
Bagaço de Malte	Alimentação Animal	Alimentação Animal	Alimentação Animal	Alimentação Animal	Alimentação Animal
Água de Lavagem	Tratamento de Efluentes	Tratamento de Efluentes	Tratamento de Efluentes/ Irrigação	Tratamento de Efluentes/ Aspersão em solo agrícola	Rede de Esgoto/ Irrigação
Restos de Lúpulo	Tratamento de Efluentes	Tratamento de Efluentes	Tratamento de Efluentes/ Irrigação	Adubo	Rede de Esgoto/ Irrigação
Trub	Tratamento de Efluentes	Tratamento de Efluentes	Alimentação Animal	Adubo	Rede de Esgoto/ Irrigação
Fermento	Reaproveita no processo/ Rede de Esgoto	Tratamento de Efluentes	Alimentação Animal	Adubo	Reaproveita no processo/ Rede de Esgoto
Água	Tratamento de Efluentes	Tratamento de Efluentes	Tratamento de Efluentes/ Irrigação	Tratamento de Efluentes/ Aspersão em solo agrícola	Rede de Esgoto/ Irrigação
Vidro	Lixo Reciclável	Não gera	Lixo Reciclável	Lixo Reciclável	Lixo Reciclável
Tampas	Lixo Reciclável	Não gera	Lixo Reciclável	Lixo Reciclável	Lixo Reciclável
Papelão	Queima na Caldeira	Não gera	Lixo Reciclável	Lixo Reciclável	Lixo Reciclável

Figura 37 - Síntese das respostas à questão 1 - Região Serra

Fonte: autor

A Figura 38 apresenta uma síntese da questão 1 nas Demais Regiões.

Resíduo	Dentre os resíduos do processo cervejeiro citados abaixo, quais os destinos dados a cada um deles?		
	Cervejaria 16	Cervejaria 17	Cervejaria 18
Casca de Malte	Não gera	Alimentação Animal	Alimentação Animal
Amido (Pó da moagem)	Não gera	Alimentação Animal	Alimentação Animal
Sacos (de malte)	Doação para guardar silagem	Reutilização na construção civil (carregar areia)	Lixo Reciclável
Bagaço de Malte	Alimentação Animal	Alimentação Animal	Alimentação Animal
Água de Lavagem	Tratamento de Efluentes	Tratamento de Efluentes	Tratamento de Efluentes
Restos de Lúpulo	Tratamento de Efluentes	Alimentação Animal	Tratamento de Efluentes
Trub	Tratamento de Efluentes	Alimentação Animal	Tratamento de Efluentes
Fermento	Alimentação Animal	Alimentação Animal	Reaproveita no processo/ Tratamento de Efluentes
Água	Tratamento de Efluentes	Tratamento de Efluentes	Tratamento de Efluentes
Vidro	Lixo Reciclável	Lixo Reciclável	Lixo Reciclável
Tampas	Lixo Reciclável	Lixo Reciclável	Lixo Reciclável
Papelão	Lixo Reciclável	Lixo Reciclável	Lixo Reciclável

Figura 38 - Síntese das respostas à questão 1 - Demais Regiões

Fonte: autor

Nesse sentido, a Figura 39 apresenta um resumo dos destinos identificados para cada um dos resíduos orgânicos pesquisados, bem como a incidência em que foram citados (uma mesma cervejaria pode definir mais de um destino para o mesmo resíduo, por isso o número de ocorrências para cada resíduo não se limita a 18, assim como alguns resíduos não são aplicáveis a todas as cervejarias e a soma de todas as alternativas pode ser menor que 18).

Resíduo	Destino	Incidência		
		Total	Freq.	%
Casca de Malte	Descarte na Rede de Esgotos	16	2	12,50%
	Granola		1	6,25%
	Alimentação Animal		13	81,25%
Amido (Pó da moagem)	Descarte na Rede de Esgotos	15	2	13,33%
	Lixo Orgânico		1	6,67%
	Alimentação Animal		12	80,00%
Bagaço de Malte	Alimentação Animal	19	18	94,74%
	Bolo		1	5,26%
Restos de Lúpulo	Descarte na Rede de Esgotos	18	6	33,33%
	Alimentação Animal		5	27,78%
	Tratamento de Efluentes		3	16,67%
	Tratamento de Efluentes e após Descarte na Rede de Esgotos		2	11,11%
	Tratamento de Efluentes e após Irrigação		1	5,56%
	Adubo		1	5,56%
Trub	Descarte na Rede de Esgotos	18	6	33,33%
	Alimentação Animal		5	27,78%
	Tratamento de Efluentes		4	22,22%
	Tratamento de Efluentes e após Descarte na Rede de Esgotos		2	11,11%
	Adubo		1	5,56%
Fermento (Leveduras)	Alimentação Animal	17	8	47,06%
	Descarte na Rede de Esgotos		4	23,53%
	Retorno ao Processo e após Descarte na Rede de Esgotos		3	17,65%
	Adubo		1	5,88%
	Retorno ao Processo, Tratamento de Efluentes e após Descarte na Rede de Esgotos		1	5,88%

Figura 39 - Destinos dados pelas cervejarias aos resíduos orgânicos
Fonte: autor

A Figura 40 apresenta os destinos dados pelas cervejarias aos resíduos sólidos, bem como a incidência de cada um durante a pesquisa e o percentual representativo em relação ao total.

Resíduo	Destino	Incidência		
		Total	Freq.	%
Sacos (de malte)	Reciclagem Geral	20	11	55,00%
	Envio a outras empresas - Floricultura		1	5,00%
	Envio a outras empresas - Ensacar Adubo		1	5,00%
	Envio a outras empresas - Fábrica de móveis		1	5,00%
	Envio a outras empresas - Ensacar serragem		1	5,00%
	Envio a outras empresas - Ensacar silagem		1	5,00%
	Envio a outras empresas - Ensacar areia		1	5,00%
	Envio a outras empresas - Construção Civil		1	5,00%
	Envio a outras empresas - Ferragem		1	5,00%
	Retorno ao Processo	1	5,00%	
Vidro	Reciclagem Geral	16	16	100,00%
Tampas	Reciclagem Geral	16	16	100,00%
Papeloão	Reciclagem Geral	16	15	93,75%
	Caldeira		1	6,25%

Figura 40 - Destinos dados pelas cervejarias aos resíduos sólidos

Fonte: autor

A Figura 41 apresenta os destinos dados pelas cervejarias aos efluentes líquidos, bem como a incidência de cada um durante a pesquisa e o percentual representativo em relação ao total.

Resíduo	Destino	Incidência		
		Total	Freq.	%
Água de Lavagem	Descarte na Rede de Esgotos	18	8	44,44%
	Tratamento de Efluentes		6	33,33%
	Tratamento de Efluentes e após Descarte na Rede de Esgotos		2	11,11%
	Tratamento de Efluentes e após Irrigação		1	5,56%
	Tratamento de Efluentes e após aspersão em solo agrícola		1	5,56%
Água	Tratamento de Efluentes	18	7	38,89%
	Descarte na Rede de Esgotos		6	33,33%
	Alimentação Animal		1	5,56%
	Retorno ao Processo e após Descarte na Rede de Esgotos		1	5,56%
	Tratamento de Efluentes e após Descarte na Rede de Esgotos		1	5,56%
	Tratamento de Efluentes e após Irrigação		1	5,56%
	Tratamento de Efluentes e após aspersão em solo agrícola		1	5,56%

Figura 41 - Destinos dados pelas cervejarias aos efluentes líquidos

Fonte: autor

APÊNDICE G - Síntese das questões 2, 4 e 5 da pesquisa com cervejarias

A Figura 42 apresenta o quadro síntese de respostas em relação à questão 2.

Cervejaria	Quais dos resíduos acima a empresa considera os mais importantes de ser tratados? Liste 3 por ordem de importância.
Cervejaria 01	"Bagaço de Malte e Fermento."
Cervejaria 02	"Água de Lavagem, Bagaço de Malte e Recicláveis."
Cervejaria 03	"Vidro e Bagaço de Malte."
Cervejaria 04	"Água e Bagaço de Malte."
Cervejaria 05	"Bagaço de Malte e Água."
Cervejaria 06	"Bagaço de Malte e Fermento."
Cervejaria 07	"Bagaço de Malte e Água."
Cervejaria 08	"Bagaço de Malte."
Cervejaria 09	"Bagaço de Malte."
Cervejaria 10	"Trub, Fermento e Água."
Cervejaria 11	"Bagaço de Malte e Água."
Cervejaria 12	"Água e Bagaço de Malte."
Cervejaria 13	"Bagaço de Malte e Água."
Cervejaria 14	"Fermento e Bagaço de Malte."
Cervejaria 15	"Água e Bagaço de Malte."
Cervejaria 16	"Água."
Cervejaria 17	"Bagaço de Malte e Água."
Cervejaria 18	"Água, Bagaço de Malte e Fermento."

Figura 42 - Síntese das respostas à questão 2

Fonte: autor

Em virtude de facilitar a análise dos dados gerados a partir das respostas à questão 2, a Figura 43 apresenta as necessidades mais citadas pelos entrevistados no que tange à necessidade da definição de alternativas para reaproveitamento de resíduos. Nesse caso, é possível verificar que 48,28% das demandas de reaproveitamento apresentadas pelas cervejarias são relacionadas ao bagaço do malte, enquanto 33,33% são relacionadas a água, 11,49% ao fermento e por fim o vidro e o *trub* dividem 3,45% das citações cada.

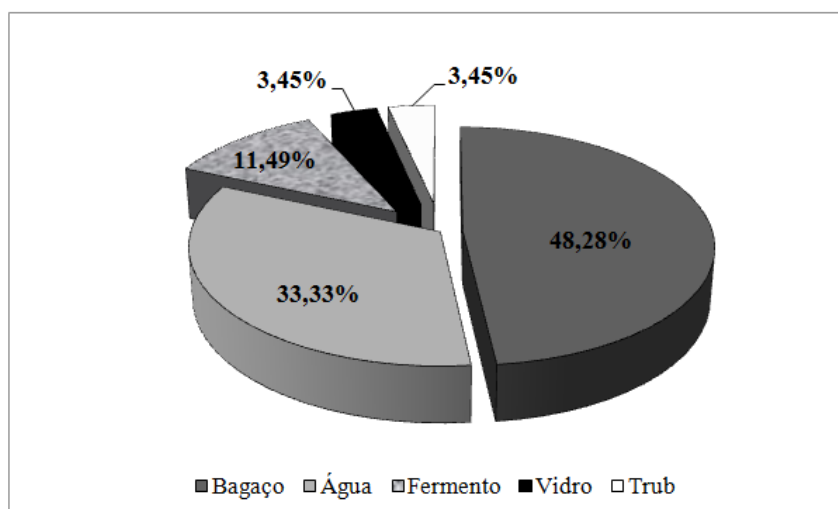


Figura 43 - Necessidades de reaproveitamento

Fonte: autor

A Figura 44 apresenta o quadro síntese de respostas em relação à questão 4.

Cervejaria	A empresa considera importante a questão de reaproveitar os resíduos? Por quê?
Cervejaria 01	"Sim."
Cervejaria 02	"Sim, primeiramente em relação à economia da própria fábrica, depois também por questões ambientais."
Cervejaria 03	"Sim, devido à necessidade de cuidado com o meio ambiente."
Cervejaria 04	"Sim, é ótimo dependendo da relação custo x benefício."
Cervejaria 05	"Interessantíssimo."
Cervejaria 06	"Sim, pois pode ser um grande negócio, com grande retorno financeiro."
Cervejaria 07	"Sim."
Cervejaria 08	"Sim, para preservar o meio ambiente."
Cervejaria 09	"Sim, pela contribuição para preservação do meio ambiente."
Cervejaria 10	"Sim, pelo valor nutritivo de alguns resíduos."
Cervejaria 11	"Sim, por questões econômicas."
Cervejaria 12	"Sim, por motivos ambientais e econômicos."
Cervejaria 13	"Sim, pois pode gerar retornos financeiros."
Cervejaria 14	"Sim, pois todos os subprodutos gerados tem utilidade."
Cervejaria 15	"Sim, quanto mais maneiras, melhor para o negócio."
Cervejaria 16	"Sim, o reaproveitamento é importante quando o resíduo é gerado em grandes quantidades, pois além de diminuir o impacto ambiental, ainda reduz custos para a empresa."
Cervejaria 17	"Sim, por questões ambientais e financeiras."
Cervejaria 18	"Sim, pois a parte ambiental é importantíssima."

Figura 44 - Síntese das respostas à questão 4

Fonte: autor

A Figura 45 traz as respostas que foram dadas pelos entrevistados à questão 5, que trata da possibilidade de os mesmos implementarem um método de gestão de resíduos.

Cervejaria	Consideraria a possibilidade de implementação de um modelo genérico para reaproveitamento de resíduos?
Cervejaria 01	"Sim!"
Cervejaria 02	"Sim, desde que trouxesse benefícios para o dia-a-dia da fábrica, economia ou estar de acordo com normas ambientais."
Cervejaria 03	"Sim, inclusive na nova fábrica algumas questões serão necessárias."
Cervejaria 04	"Sim!"
Cervejaria 05	"Sim, inclusive apoio totalmente e me coloco a disposição para implementação."
Cervejaria 06	"Sim, se tiver tempo."
Cervejaria 07	"Sim, visto que o malte é muito rico em nutrientes e deve ser aproveitado na alimentação humana, não só na animal."
Cervejaria 08	"Sim, mas com baixos volumes é muito difícil dar destinos mais nobres."
Cervejaria 09	"Sim, poderia analisar!"
Cervejaria 10	"Sim, sempre há possibilidade de alguma implantação para a melhoria do processo de reaproveitamento, desde que seja viável."
Cervejaria 11	"Sim, se viável!"
Cervejaria 12	"Sim, se viável!"
Cervejaria 13	"Sim!"
Cervejaria 14	"Sim, sem dúvidas!"
Cervejaria 15	"Sim!"
Cervejaria 16	"Sim!"
Cervejaria 17	"Sim!"
Cervejaria 18	"Sim, se viável!"

Figura 45 - Síntese das respostas à questão 5

Fonte: autor

APÊNDICE H - Síntese das respostas de especialistas

A Figura 46 apresenta uma síntese com as respostas à questão 3 das entrevistas com as cervejarias. Devido ao fato de não haverem sido geradas respostas para todos os resíduos e para fins de simplificação dos dados, os mesmos serão apresentados de forma diferente, em uma tabela cruzada somente nos casos onde foram citadas alternativas.

Resíduo	Você conhece algum outro destino de reaproveitamento que pode ser dado aos resíduos listados abaixo? Se sim, poderia descrever quais?																	
	Cervejaria 01	Cervejaria 02	Cervejaria 03	Cervejaria 04	Cervejaria 05	Cervejaria 06	Cervejaria 07	Cervejaria 08	Cervejaria 09	Cervejaria 10	Cervejaria 11	Cervejaria 12	Cervejaria 13	Cervejaria 14	Cervejaria 15	Cervejaria 16	Cervejaria 17	Cervejaria 18
Bagaço de Malte																		
Alimentação Animal	X									X								
Pão				X	X	X		X			X	X	X		X			X
Pizza				X														
Outro alimentos panificados					X													
Cookies							X											
Aperitivos							X											
Adubo								X									X	
Biogás									X									
Barra de Cereais									X			X						
Cápsula de Levedo												X						
Substrato para Produção Cogumelo																		
Bolo															X			
Co2																	X	
Fermento																		
Reaproveita no Processo					X													
Pão																		X

Figura 46 - Síntese das respostas à questão 3 por cervejarias do RS

Fonte: autor

Em relação à Figura 46, ao serem questionados dos motivos destas práticas ainda não serem implementadas, todos os entrevistados mostram interesse em melhorar o seus sistemas de gestão de resíduos, porém muitas vezes isto depende de outros fatores, como tempo e disponibilidade financeira.

As pesquisas com especialistas foram realizadas considerando-se também a opinião de 3 mestres-ervejeiros gaúchos. As entrevistas foram realizadas de forma presencial e gravadas para melhor recaptura dos dados, sendo considerado para fins de pesquisa, somente o

preenchimento da questão 3 do roteiro de pesquisa do apêndice C. A Figura 47 apresenta uma síntese das informações obtidas com os especialistas mestres-cervejeiros.

Resíduo	Você conhece algum outro destino de reaproveitamento que pode ser dado aos resíduos listados abaixo? Se sim, poderia descrever quais?		
	Especialista MC 01	Especialista MC 02	Especialista MC 03
Casca de Malte	Alimentação Animal	Alimentação Animal	Alimentação Animal
Amido (Pó da moagem)	Alimentação Animal	Alimentação Animal	Alimentação Animal
Sacos (de malte)	Lixo Reciclável	Lixo Reciclável	Lixo Reciclável
Bagaço de Malte	Alimentação Animal/Pão/ Adubo/Biogás	Adubo/Pão	Alimentação Animal/Pão
Água de Lavagem	Tratamento de Efluentes	Tratamento de Efluentes	Tratamento de Efluentes
Restos de Lúpulo	Alimentação Animal	Alimentação Animal	Tratamento de Efluentes
Trub	Alimentação Animal	Alimentação Animal	Tratamento de Efluentes
Fermento	Reaproveita Processo/ Alimentação Animal	Alimentação Animal	Tratamento de Efluentes
Água	Tratamento de Efluentes	Tratamento de Efluentes	Tratamento de Efluentes
Vidro	Lixo Reciclável	Lixo Reciclável	Lixo Reciclável
Tampas	Lixo Reciclável	Lixo Reciclável	Lixo Reciclável
Papelão	Lixo Reciclável	Lixo Reciclável	Lixo Reciclável

Figura 47 - Síntese das respostas à questão 3 por mestres-cervejeiros gaúchos
Fonte: autor

Como complemento e para fins de ampliação da exploração do tema, 3 cervejarias alemãs também foram consultadas, sendo o roteiro de pesquisa o mesmo utilizado para as pesquisas anteriores, porém traduzido para a língua alemã (ver apêndice D). As cervejarias desta pesquisa foram orientadas, porém, a responder apenas a questão 3. A Figura 48 apresenta uma síntese das respostas dadas por estes especialistas.

Resíduo	Você conhece algum outro destino de reaproveitamento que pode ser dado aos resíduos listados abaixo? Se sim, poderia descrever quais?		
	Especialista CA 01	Especialista CA 02	Especialista CA 03
Casca de Malte	Alimentação Animal	-	-
Amido (Pó da moagem)	-	-	-
Sacos (de malte)	-	-	-
Bagaço de Malte	Geração de energia	Alimentação Animal	Alimentação Animal
Água de Lavagem	-	-	-
Restos de Lúpulo	-	-	-
Trub	-	-	-
Fermento	Alimentação Animal	Alimentação Animal	Alimentação Animal
Água	Tratamento de Efluentes	-	-
Vidro	Lixo Reciclável	Lixo Reciclável	Lixo Reciclável
Tampas	-	-	-
Papelão	-	-	-

Figura 48 - Síntese das respostas à questão 3 por cervejarias alemãs
Fonte: autor

ANEXOS

ANEXO A - Cervejaria com o conceito de Emissões Zero (KUEHR, 2007)

