



**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO RIO
DE JANEIRO**

Especialização em Gestão Ambiental

Campus Nilópolis

Ítalo de Paula Casemiro

**APLICAÇÃO DA AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA DO PRODUTO NA GESTÃO DA
PRODUÇÃO NO SETOR CERVEJEIRO – UMA REVISÃO**

Nilópolis - RJ
2018

Ítalo de Paula Casemiro

**APLICAÇÃO DA AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA DO PRODUTO NA GESTÃO DA
PRODUÇÃO NO SETOR CERVEJEIRO – UMA REVISÃO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como parte dos requisitos necessários para a obtenção do título de Especialista em Gestão Ambiental ao curso de Especialização em Gestão Ambiental do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Luiggia Girardi Bastos Reis de Araújo

Nilópolis - RJ
2018

CIP - Catalogação na Publicação

C337a Casemiro, Ítalo de Paula Casemiro
APLICAÇÃO DA AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA DO PRODUTO
NA GESTÃO DA PRODUÇÃO NO SETOR CERVEJEIRO - UMA
REVISÃO / Ítalo de Paula Casemiro Casemiro. -- Nilópolis, 2018.
93 f. : il. ; 30 cm.

Orientação: Luiggia Girardi Bastos Reis de Araújo Araújo.

Trabalho de Conclusão de Curso (especialização) --Instituto
Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro,
Especialização em Gestão Ambiental, 2018.

1. Avaliação de Ciclo de Vida. 2. Cervejarias. 3. Gestão
Ambiental. I. Título.

Elaborado pelo Módulo Ficha Catalográfica do Sistema Intranet do
IFRJ - Campus Volta Redonda e Modificado pelo Campus
Nilópolis/LAC, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).
Bibliotecária: Josiane B. Pacheco CRB-7/4615

Ítalo de Paula Casemiro

**APLICAÇÃO DA AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA DO PRODUTO NA GESTÃO DA
PRODUÇÃO NO SETOR CERVEJEIRO – UMA REVISÃO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como parte dos requisitos necessários para a obtenção do título de Especialista em Gestão Ambiental ao curso de Especialização em Gestão Ambiental do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia.

Data de aprovação: 19 de dezembro de 2018.

Prof^a. Dr^a. Luiggia Girardi Bastos Reis de Araújo (orientadora)
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro – IFRJ

Prof. Dr. Marco Aurelio Passos Louzada
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro – IFRJ

Prof^a. Dr^a. Ana Paula da Silva
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro – IFRJ

Nilópolis - RJ
2018

Dedico este trabalho a Neusa Aparecida dos Santos *in memoriam*, que apesar do pouco acesso que teve ao ensino me apoiou na empreitada rumo ao conhecimento e ainda dedicou parte da sua vida para que eu tivesse a minha. Obrigado Neusa.

AGRADECIMENTOS

À minha orientadora Luiggia,

Por sua simpatia, atenção e cuidado na minha orientação.

Ao Cesar Macedo Lima Filho,

Grande parceiro, com qual tive a oportunidade de dividir diversos trabalhos e angústias acadêmicas. César, obrigado.

Diego Rafael dos Santos Peixoto,

Pelas suas ricas contribuições ao longo das aulas.

Jorge Fábio Correia Lopes,

Sempre disponível para colaborar com as atividades do curso.

Maurício César Bastos,

Que infelizmente teve que nos abandonar no decorrer do curso por questões pessoais, mas que fez muita falta. A você meu amigo, dedico este trabalho.

Ao Paulo Sergio de Oliveira Cezario,

Que sempre esteve disponível para me ajudar ao longo do curso, durante as atividades da disciplina, principalmente aquelas que exigiam conhecimentos mais técnicos no campo da química.

Thainá Vasconcelos Paes,

Única garota do curso, mas quem disse que precisávamos de outras? Certamente o time feminino estava bem representado.

Ao Professor e Coordenador do curso, Marco Aurelio Passos Louzada,

Que me proporcionou aulas dinâmicas, debates interessantes e degustações de café. Professor, foi um prazer ter aulas com o senhor.

Aos meus professores,

Ana Paula da Silva, Maylta Brandão dos Anjos, Karla Gomes de Alencar Pinto, Denise da Silva Martins, Cristina Maria Teixeira Soares Carneiro e João Jose Fonseca Leal e tantos outros pela dedicação e competência.

A todos que de alguma forma colaboraram para a realização e a finalização desta pesquisa.

“Todas as vitórias ocultam uma abdicação”.

Simone de Beauvoir

RESUMO

CASEMIRO, Ítalo de Paula. *Aplicação da Avaliação do Ciclo de Vida do Produto na Gestão da Produção no Setor Cervejeiro – Uma Revisão*. 93f. Trabalho de Conclusão de Curso Programa de Pós-Graduação em Especialização em Gestão Ambiental, Instituto Federal do Rio de Janeiro (IFRJ), Campus Nilópolis, Nilópolis, RJ, 2018.

A avaliação do Ciclo de Vida (ACV) é uma ferramenta que permite avaliar o desempenho de produtos, serviços e processos considerando todo ou parte de seu ciclo de vida, isto é, seu ciclo produtivo. No setor de bebidas, a aplicação desta ferramenta não é uma novidade. Já existe uma vasta literatura e diversas pesquisas que tratam da ACV em diferentes setores como o vinícola e o cervejeiro. Nos últimos anos, nota-se a evolução do uso desta metodologia e acompanhando este crescimento, observa-se o crescente número de pesquisas. Atualmente, a ACV é uma ferramenta reconhecidamente importante para a avaliação ambiental, sendo que, no setor cervejeiro, apesar de já existirem diversos estudos, sua aplicação ainda não é amplamente difundida. Assim, a presente pesquisa propõe uma revisão crítica dos papéis que a ACV representa para uma gestão ambientalmente correta no setor cervejeiro. A partir da revisão feita, podemos notar que, os principais pontos do processo produtivo no setor de cervejas são: o cultivo de cevada e o processo de embalagem. A falta de informações e bancos de dados sobre as diversas etapas do processo produtivo é o grande desafio para a promoção da gestão ambiental do ciclo de vida da produção de cervejas.

Palavras-chave: Avaliação de Ciclo de Vida. Cervejarias. Gestão Ambiental.

ABSTRACT

CASEMIRO, Ítalo de Paula. *Application of the Product Life Cycle Assessment in Production Management in the Brewery Sector - A Review*. 93f. Trabalho de Conclusão de Curso Programa de Pós-Graduação em Especialização em Gestão Ambiental, Instituto Federal do Rio de Janeiro (IFRJ), Campus Nilópolis, Nilópolis, RJ, 2018.

The Life Cycle Assessment (LCA) is a tool that allows evaluating the performance of products, services and processes considering all or part of their life cycle, that is, their productive cycle. In the beverage sector, the application of this tool is not new. There is already a vast literature and diverse researches that deal with LCA in different sectors such as the winery and the brewer. In recent years, the evolution of the use of this methodology has been noted and, in keeping with this growth, there is a growing number of researches. Currently, ACV is an important tool for environmental assessment, and in the brewing sector, although there are already several studies, its application is not yet widespread. Thus, the present research proposes a critical review of the roles that ACV represents for environmentally correct management in the brewing sector. From the review made, we can note that the main points of the production process in the beer sector are: the cultivation of barley and the packaging process. The lack of information and databases on the various stages of the production process is a major challenge in promoting the environmental management of the beer production lifecycle.

Keywords: Life Cycle Assessment. Breweries. Environmental Management.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 Diagrama dos Aspectos Envolvidos na Economia Circular	21
Figura 2 Cadeia de Valor da Produção de Cerveja	27
Figura 3 Contexto de Aplicação do Ciclo PDCA no SG.....	29
Figura 4 Fases da ACV.....	31
Figura 5 Etapas do processo de Produção da Cerveja	34
Figura 6 Limites do Sistema Produtivo de Cerveja.....	36
Figura 7 Dados Gerais sobre o Setor Cervejeiro Brasileiro	38

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 Área com Cultivo de Lúpulo por Hectare	38
Gráfico 2 Produção Mundial de Cerveja em hL.....	38
Gráfico 3 Produção Nacional de Cerveja em Milhões de Hectolitros por Ano	39
Gráfico 4 Número de Cervejarias no Brasil	39
Gráfico 5 Distribuição dos Artigos Utilizados na Pesquisa por Ano de Publicação	43

LISTA DE QUADROS

Quadro 1	Descrição das Normas Vinculadas à ISO 140001:2015	30
Quadro 2	Descrição das Estrutura da Avaliação do Ciclo de Vida	32
Quadro 3	Protocolo de Revisão de Artigo	41
Quadro 4	Sistematização dos Artigos Selecionados e Analisados	75

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 Resultados de Busca de Artigos por Expressões de Busca... ..	42
Tabela 2 Distribuição dos Artigos Utilizados na Pesquisa por Periódico	42

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ACV	Avaliação do Ciclo de Vida
EC	Economia Circular
hL	Hectolitro
ISO	International Organization for Standardization
MPEs	Micro e Pequenas Empresas
PDCA	Planejar, Executar, Verificar e Agir
SGA	Sistema de Gestão Ambiental
UE	União Europeia

Sumário

1 INTRODUÇÃO	16
1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO	16
1.2 Objetivos da Pesquisa	17
1.2.1 Objetivo Geral	17
1.2.2 Objetivos Específicos	17
1.3 PROBLEMA.....	17
1.4 HIPÓTESES.....	18
1.5 JUSTIFICATIVA.....	18
1.6 ESTRUTURA DO TRABALHO.....	18
2 REFERENCIAL TEÓRICO	19
2.1 ECONOMIA CIRCULAR.....	19
2.2 ECOINOVAÇÕES.....	24
2.3 SISTEMAS DE GESTÃO AMBIENTAL.....	28
2.4 AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA DO PRODUTO.....	31
2.5 O SETOR CERVEJEIRO NO BRASIL E NO MUNDO	33
3 METODOLOGIA	40
3.1 PLANEJANDO A REVISÃO - REFINANDO OS CRITÉRIOS DE INCLUSÃO E EXCLUSÃO.....	41
3.2 ANÁLISE, SÍNTESE E DISSEMINAÇÃO DOS RESULTADOS.....	41
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES	42
4.1 ASPECTOS RELACIONADOS AOS RESULTADOS DA BUSCA.....	42
4.2 ASPECTOS RELACIONADOS À PEGADA DE CARBONO NA INDÚSTRIA CERVEJEIRA	43
4.3 ASPECTOS AMBIENTAIS NO CULTIVO DA CEVADA.....	45
4.4 ASPECTOS GERAIS SOBRE A GESTÃO DE EFLUENTES.....	48
4.5 ASPECTOS QUANTO AO USO E GERAÇÃO DE ENERGIA	51
4.6 ASPECTOS AMBIENTAIS SOBRE A EMBALAGEM.....	52
4.7 GESTÃO DOS IMPACTOS AMBIENTAIS NAS CERVEJARIAS.....	56
4.8 APLICAÇÃO DE ACV AO SETOR CERVEJEIRO: UM PONTO DE VISTA PRÁTICO.....	59
5 LIMITAÇÕES DO ESTUDO	60
6 CONCLUSÕES	60

REFERÊNCIAS..... 62

APÊNDICE 75

1 INTRODUÇÃO

1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO

A geração de bens e serviços se desenvolve à custa da utilização dos recursos naturais e da produção e geração de descartes ao longo do processo produtivo, o que trouxe como consequências o aquecimento global e o esgotamento crescente dos recursos naturais, dentre outros graves problemas que provocam a deterioração das condições de vida no planeta. Certamente, não queremos aqui, responsabilizar o homem e as sua interferência na natureza, como os únicos responsáveis pelo processo de aquecimento global. Boa parte da comunidade científica aceita a hipótese de que o aumento da concentração de poluentes antropogênicos na atmosfera é a causa principal do efeito estufa, mas não trata-se de um consenso. Como nos lembram Silva e De Paula (2009), o planeta já sofreu, ao longo de sua existência de aproximadamente 4,55 bilhões de anos, processos de resfriamentos e aquecimentos extremos, gerados por fatores internos, isto é, atividade solar, vulcanismo, etc, o que demonstra que houve alternância de climas quentes e frios, sendo este um fenômeno corrente na evolução do planeta. Analisar e compreender melhor o processo de geração e adoção deecoinovações para uma produção mais sustentável é uma condição necessária para o enfrentamento desta crise ecológica e é nesse contexto que a revisão das práticas industriais se torna um importante elemento para revelar as áreas onde o esforço inovativo pode se concentrar (MOTTA, 2016).

Dada a importância da inserção da sustentabilidade em todos os setores econômicos da sociedade, é recorrente a necessidade de se reduzir o consumo de energia e matérias primas esgotáveis, bem como reduzir o impacto ambiental inerente aos processos produtivos. Dentro de um contexto de mudança paradigmática de uma economia convencional e linear, para uma economia circular, com vistas a dar continuidade aos ciclos produtivos de forma sustentável, é necessário a adoção de medidas que possam viabilizar tal mudança. A Avaliação do Ciclo de Vida constitui uma ferramenta promissória nesse sentido.

A Avaliação do Ciclo de Vida apresenta seus padrões na série 14000 da International Standards Organization (ISO). Os padrões ISO 14040 e 14044 (ISO, 2006^a; ISO 2006b) definem uma metodologia geral, mas não são projetados de forma definida com os detalhes para cada campo no qual o método é usado. Trata-se de uma normativa que pode ser aplicada a qualquer setor.

Nesta pesquisa, iremos tratar de um setor específico: o cervejeiro. Já existe uma literatura científica voltado ao tema da ACV aplicado ao setor cervejeiro. O setor

cervejeiro trata-se de uma das maiores indústrias de bebidas do planeta e, gerador de impactos ambientais que requerem medidas para que sejam eliminados ou mitigados. Nosso intuito com esta pesquisa é, discutir os diversos impactos gerados pelo setor produtivo cervejeiro e, analisar como a ACV vem sendo aplicada ao setor, de acordo com a literatura científica disponível. Assim, temas emergentes como economia circular,ecoinovações, sistemas de gestão ambiental, o cenário da produção cervejeira e, principalmente, os impactos ambientais e o uso da ACV no sistema de gestão ambiental no setor produtivo cervejeiro serão discutidos a seguir.

1.2 Objetivos da Pesquisa

1.2.1 Objetivo Geral

Realizar uma revisão crítica do uso e aplicação da ferramenta “Avaliação de Ciclo de Vida” (ACV) na indústria da cerveja, focando em seus aspectos ambientais.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Realizar o levantamento de artigos científicos sobre a ACV no setor cervejeiro em bases de periódicos online;
- Categorizar os achados científicos sobre a aplicação da ACV na produção da cerveja;
- Identificar os principais aspectos ambientais envolvidos na produção da cerveja;
- Identificar os principais achados científicos sobre o uso da ACV no setor cervejeiro.

1.3 PROBLEMA

Para Santos (2015, p. 265) “toda pesquisa é baseada em um problema”. Desse modo, a pesquisa não se inicia pela mera observação ou qualquer tipo de mensuração e medida; ao contrário, surge da perplexidade do pesquisador ao perceber uma demanda a ser respondida. Para Severino (2007) a indagação científica tem princípio na percepção de uma situação-problema que envolve um objeto ou fator de estudo.

A problematização desta pesquisa deu-se a partir da caracterização do objeto de estudo, bem como a relação causal comum em investigação nesse eixo de conhecimento. Como indicado por Santos (2015, p. 265), o ‘indivíduo percebe a

existência de um problema e se motiva a configurar um cenário diferente ao ambiente que observa”. Neste estudo, pretende-se averiguar a seguinte questão geral:

Como está caracterizado o cenário da pesquisa sobre a aplicação da ACV e os impactos ambientais no setor cervejeiro?

1.4 HIPÓTESES

As hipóteses são definidas por Severino (2007) como as proposições explicativas e provisórias fundamentadas pelo valor lógico de uma relação causal; as quais são constituídas pelos fenômenos investigados e demonstrados durante a pesquisa.

A adoção da avaliação do ciclo de vida no setor cervejeiro, permite identificar impactos ao ambiente, ocorridas durante o processo produtivo, que podem ser eliminadas ou mitigadas com a adoção de medidas corretivas promovendo ganhos organizacionais diversos. Com base nestas condições, foram elaboradas as seguintes hipóteses para a pesquisa:

Hipótese 1: Fatores externos ao setor cervejeiro, ou seja, (a) solicitações regulatórias, (b) demanda de mercado, (c) cooperação e (d) a remodelação da tecnologia industrial, podem impulsionar a adoção de ACV;

Hipótese 2: Fatores internos: (a) eficiência, (b) capacidade ambiental, (c) preocupação gerencial, (d) recursos humanos e (e) a estratégia ambiental pode impulsionar o setor cervejeiro na adoção de ACV;

Hipótese 3: A adoção da ACV tem um efeito positivo na indústria cervejeira.

1.5 JUSTIFICATIVA

O presente estudo buscou contribuir no campo dos estudos sobre a Avaliação do Ciclo de Vida do Produto. Comumente observado em países industrializados e desenvolvidos, a abordagem da gestão do ciclo de vida do produto vem sendo aplicada e difundida em determinados setores produtivos. A produção de cerveja gera determinados impactos ambientais, que podem ser evitados ou minimizados com a adoção de práticas sustentáveis. Visando fomentar a pesquisa sobre a aplicação da ACV no setor cervejeiro, nosso estudo propõe-se a avaliar a produção científica sobre o tema como forma de identificar o estado da arte sobre o uso da ferramenta neste setor.

1.6 ESTRUTURA DO TRABALHO

Esta pesquisa está estruturada nas seguintes seções: primeiramente, traz alguns aspectos da pesquisa, depois, procura-se apresentar as vertentes teórico-conceituais relacionados aos estudos sobre Ecoinovações, Economia Circular, Avaliação do Ciclo de Vida do Produto, e como esses temas se refletem nos estudos realizados no setor cervejeiro; em um segundo momento são apresentados os métodos e resultados do levantamento dos estudos sobre a ACV na produção de cervejas; por fim, são apresentadas as considerações finais deste estudo, procurando apontar direções no sentido de desvendar possibilidades e potencialidades de estudos no campo da ACV no setor cervejeiro.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Este capítulo foi organizado de forma a detalhar o histórico e o desenvolvimento acerca do campo científico investigado, além dos embasamentos que versam sobre os enfoques aplicados nesta pesquisa.

Com base na literatura teórica e empírica (FLICK, 2009) são apresentadas as origens, desdobramentos e conceitos fundamentais, bem como são expostos estudos anteriores e demais pesquisas no intuito de proporcionar o entendimento do contexto de discussões, compreensão e reflexão sobre os atuais estados dos temas selecionados para elucidação do problema examinado.

2.1 ECONOMIA CIRCULAR

A economia circular (EC) é um conceito atualmente difundido pela União Europeia (EU) e, por vários países, incluindo China, Japão, Reino Unido, França, Canadá, Holanda, Suécia e Finlândia, bem como por várias empresas em todo o mundo. O conceito de economia circular (EC) tornou-se muito popular desde que foi introduzido pela política dos fabricantes da China e da União Europeia como uma solução que permitirá aos países, empresas e consumidores reduzir os danos ao meio ambiente e fechar o circuito do ciclo de vida do produto (BONVIU, 2014; MURRAY; SKENE; HAYNES, 2017). Isso contrasta com a atividade econômica linear intensiva e arraigada que está esgotando os recursos do planeta. O modelo linear começou durante a revolução industrial no século XVII com as inovações científicas e tecnológicas de exploração que ignoraram os limites ambientais e os danos a longo prazo que estavam causando à sociedade (BONVIU, 2014).

O conceito de EC é cada vez mais tratado como uma solução para uma série de desafios em torno da geração de resíduos, escassez de recursos e geração de

benefícios econômicos sustentáveis. No entanto, o conceito de circularidade não é novidade como tal. Circunstâncias e motivações específicas estimularam ideias relevantes para a circularidade por meio de atividades como reutilização, remanufatura ou reciclagem (LIEDER; RASHID, 2016).

Prieto-Sandoval, Jaca e Ormazabal (2018) definem economia circular como um sistema econômico que representa uma mudança de paradigma na maneira como a sociedade humana é inter-relacionada com a natureza e visa prevenir o esgotamento de recursos, fechar laços de energia e materiais, e facilitar o desenvolvimento sustentável através da sua implementação no nível micro (empresas e consumidores), nível meso (agentes econômicos integrados em simbiose) e nível macro (cidade, regiões e governos). Os princípios do conceito de EC incluem os 3Rs (reduzir, reutilizar, reciclar) (WU et al, 2014) e os 6Rs: reutilizar, reciclar, redesenhar, remanufaturar, reduzir, recuperar (JAWAHIR, BRADLEY, 2016).

Para Kirchherr et al. (2017, p. 224), a EC é definida como:

Uma economia circular descreve um sistema econômico baseado em modelos de negócios e substitui o conceito de "fim de vida" por redução, reutilização alternativa, reciclagem e recuperação de materiais nos processos de produção / distribuição e consumo, operando assim no nível micro (produtos, empresas, consumidores), nível meso (parques eco-industriais) e nível macro (cidade, região e nação), com o objetivo de alcançar desenvolvimento, o que implica a criação de qualidade ambiental, prosperidade econômica e equidade, em benefício das gerações atuais e futuras (KIRCHHERR et al., 2017, p. 224).

Para Geissdoerfer et al. (2017, p. 766), EC trata-se de:

“Um sistema regenerativo no qual a entrada de recursos e o vazamento de resíduos, emissões e energia são minimizados pela desaceleração, fechamento e estreitamento de ciclos de material e energia. Isso pode ser alcançado através de design duradouro, manutenção, reparação, reutilização, remanufatura, condicionamento e reciclagem (GEISSDOERFER et al., 2017, p. 766)”

As consequências ambientais, econômicas e sociais do esgotamento contínuo de recursos naturais revelaram a necessidade da população, empresas e governos mudarem a maneira eles gerenciam seu relacionamento com o meio ambiente. No entanto, uma grande variedade de empresas ainda está imersa em uma economia linear tradicional e insustentável, que consiste em fazer o uso dos recursos e desperdiçar. De forma contrária, a EC é um sistema econômico que representa uma mudança de paradigma na forma como a sociedade humana está inter-relacionada com a natureza e visa evitar o esgotamento de recursos, fechar laços de energia e materiais e facilitar o desenvolvimento sustentável (PRIETO-SANDOVAL et al., 2018).

Um tema central do conceito de EC (Figura 1) é a avaliação de materiais dentro de um sistema de circuito fechado com o objetivo de permitir o uso de recursos naturais reduzir a poluição ou evitar restrições de recursos e sustentar o crescimento econômico (WINANS; KENDALL; DENG, 2017).

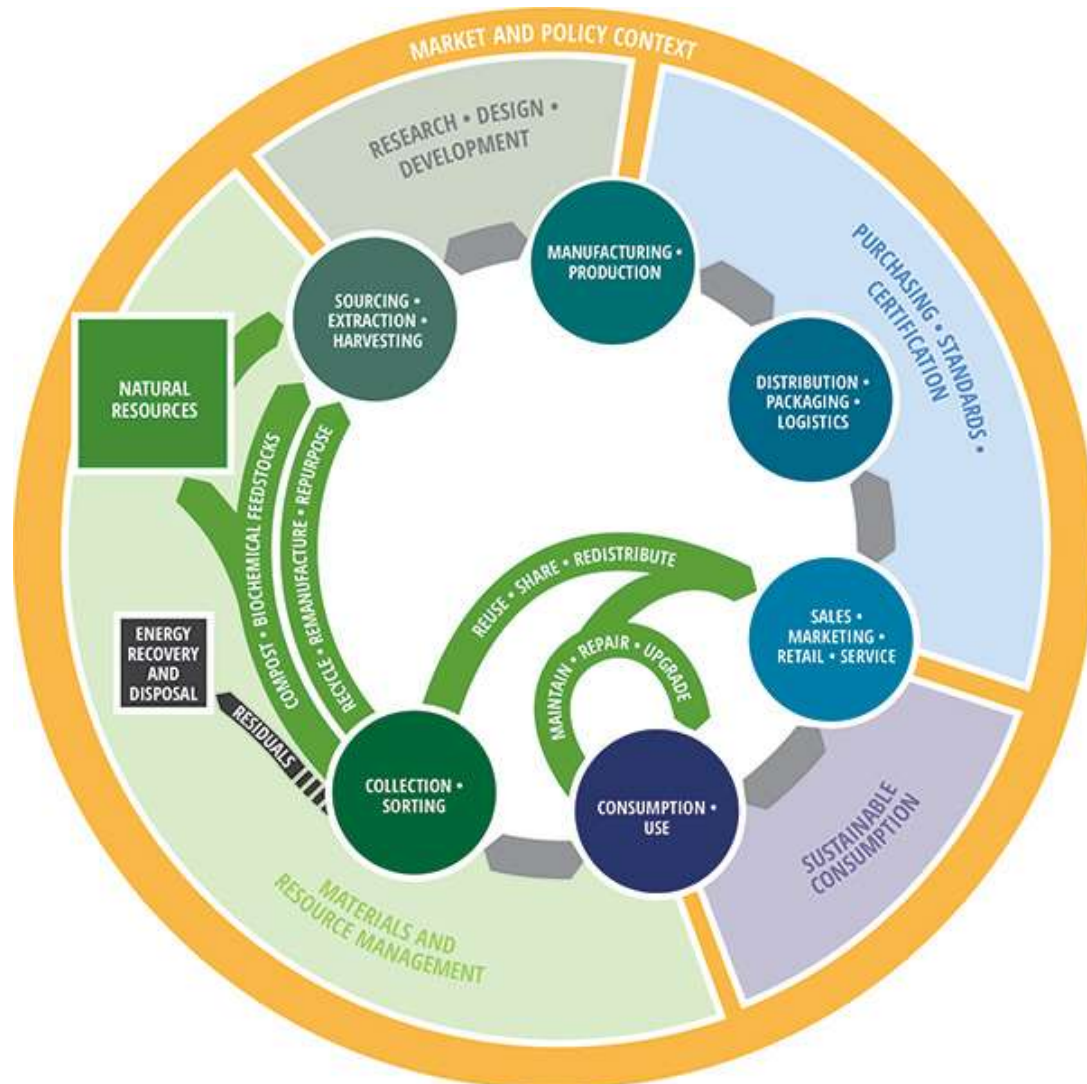


Figura 1 Diagrama dos Aspectos Envolvidos na Economia Circular

Fonte: Circular Economy Innovation Lab (2018).

Legenda: Market and Policy Context (Contexto Político e Mercadológico) | Natural Resources (Recursos Naturais), Collection Sorting (Seleç, Consumption USE (Uso e Consumo), Sales (Vendas), Marketing, Retail (Varejo), Service (Serviço), Distribution (Distribuição), Packaging (Embalagem), Logistics (Logística), Manufacturing (Manufatura), Production (Produção), Sourcing (Terceirização), Extraction (Extração), Harvesting (Colheita) | Materials and Resource Management (Materiais e Gestão de Recursos), Sustainable Consumption (Consumo Sustentável), Purchasing (Compras), Standards (Normas), Certification (Eertificação), Research (Pesquisa), Design, Development (Desenvolvimento) | Energy Recovery and Disposisal, Residuals (Recuperação Energética e Disposição de Resíduos). Compost (Composto), Biochemical (Bioquímico), Feedstocks (Materias-primas),

Recycle (Reciclar), Remanufacture (Remanufaturar), Repurpose (Redirecionar), Reuse (Reutilizar), Share (Compartilhar), Redistribute (Redistribuir), Maintain (Manutenção), repair (Reparar), upgrade (Atualizar) (Tradução livre feita pelo autor).

Kirchherr et al (2018) realizaram um levantamento em relação às barreiras para a implementação da EC na UE. A partir do emprego de questionários com consumidores e entrevistas com especialistas, os autores identificaram que as barreiras culturais, particularmente a falta de interesse e consciência, bem como uma cultura de empresa hesitante, são consideradas as principais barreiras da economia circular pelas empresas e agentes políticos. Estas são motivadas por barreiras de mercado que, por sua vez, são induzidas pela falta de intervenções governamentais sinérgicas para acelerar a transição para uma economia circular. Kirchherr et al (2018) destacam as principais barreiras em quatro categorias: a cultural (falta de consciência e/ ou disposição para envolver com a EC), a regulamentar (falta de políticas em apoio a uma transição para uma EC), o mercado (falta de viabilidade econômica de negócios circulares modelos) e tecnológica (falta de tecnologias (comprovadas) para implementar a EC).

Ormazabal et al (2018) nos lembram, neste contexto, do importante papel das pequenas e médias empresas na maioria das economias, como ocorre no contexto brasileiro. Avaliando o potencial de implementação da EC nas micro e pequenas empresas (MPEs), além das barreiras e oportunidades, Ormazabal et al (2018) realizaram um levantamento com MPEs em Navarra, na Espanha e, os resultados mostraram que as empresas estão focadas no cumprimento da lei e, em muitos casos, elas estão preocupadas com a imagem de sua empresa. Além disso, elas não tendem a ser comprometidas com as questões ambientais porque não pensam que tais ações poderiam aumentar seus lucros e competitividade. Nesse sentido, três fatores foram associados com a percepção das empresas sobre a EC: 1) Provisão de Material, 2) Reutilização de Recursos e 2) Vantagem Financeira. Com relação às barreiras, sugeriu-se duas categorias diferentes de barreiras: barreiras físicas (falta de recursos financeiros, tecnologia inadequada, sistemas de informação) e barreiras humanas (questões como liderança ou a falta de interesse do cliente no meio ambiente), cada uma exigindo estratégias diferentes para abordá-las (ORMAZABAL et al, 2018).

Entre as principais barreiras para as ECs, Ormazabal et al (2018), destacam: falta de apoio financeiro; sistemas inadequados de gerenciamento de informações; falta de tecnologia adequada; falta de recursos técnicos; falta de recursos financeiros; falta de interesse do consumidor no meio ambiente; falta de apoio de instituições públicas; falta de profissionais qualificados em meio ambiente e; falta de compromisso por parte

dos líderes das organizações. E, entre as oportunidades, estão: aumento do prestígio; redução de custos e lucratividade financeira; recuperação do meio ambiente local e; sustentabilidade da empresa (ORMAZABAL et al, 2018).

A pesquisa de Ormazabal et al (2018) mostrou que as MPEs de Navarra parecem menos preparadas para implementar uma economia circular à medida que as questões avançam ao longo do ciclo da EC. Isto é, para as MPEs, é mais fácil adotar medidas relativas à seleção de fornecedores e fontes do que criar as estratégias para retornar e enriquecer materiais e energia no sistema, ou seja, fechar o ciclo (ORMAZABAL et al, 2018).

Ormazabal et al (2018) também notaram que alguns setores econômicos têm maior disposição para implementar estratégias ambientais em algumas fases do ciclo da EC. O setor de construção tem muitas limitações na implementação de estratégias, mas tem maior disposição para retornar e enriquecer os materiais que utilizam em outros produtos (ORMAZABAL et al, 2018). A pesquisa também revelou que os participantes não acham que a EC poderia ajudá-los a aumentar a rentabilidade de seus negócios e sua sustentabilidade no mercado e consideram que o apoio de instituições públicas é um dos elementos mais críticos em relação às barreiras para implementar a EC (ORMAZABAL et al, 2018).

No nível industrial, abordagens multidisciplinares envolvendo perspectivas de negócios, desenvolvimentos tecnológicos e políticas precisam ser consideradas. Neste contexto, a implementação da EC deve começar com o desenvolvimento organizacional com a devida atenção à mudança de gestão e mentalidade gerencial (LIEDER; RASHID, 2016).

A regulamentação e os agentes políticos influenciam e motivam o impacto ambiental dos consumidores e fornecedores preparando o caminho para a implementação do EC. No caso do comportamento do consumidor, as ações governamentais podem propor instrumentos para diminuir a demanda de recursos, tais como incentivos para residências menores, ou renovar produtos (incluindo eletrônicos) em vez de comprar novos, e incentivar uma economia de compartilhamento (KALMYKOVA; ROSADO; PATRÍCIO, 2016).

Lieder e Rashid (2016) destacam que, a pesquisa sobre EC evoluiu principalmente como pesquisa sobre geração de resíduos, uso de recursos e impacto, negligenciando os negócios e as perspectivas econômicas, sendo que, três aspectos principais destacam-se na pesquisa sobre o tema: resíduos e meio ambiente para evitar e minimizar o impacto ambiental; escassez de recursos motivando o uso regenerativo de recursos; benefícios econômicos para empresas industriais para sustentar e aumentar a rentabilidade.

No entanto, o conteúdo científico e a pesquisa sobre o conceito de EC é superficial e desorganizado, sendo que a EC parece ser uma coleção de ideias vagas e separadas de vários campos (KORHONEN; HONKASALO; SEPPÄLÄ, 2018).

2.2 ECOINOVAÇÕES

As ecoinovações vêm sendo discutidas no cenário empresarial e acadêmico por desempenhar um papel muito relevante na busca para sociedades mais competitivas e ambientalmente sustentáveis (CARRILLO-HERMOSILLA; DEL RÍO; KÖNNÖLÄ, 2010).

De acordo com Díaz-García, González-Moreno e Sáez-Martínez (2015) existem quatro noções/ termos diferentes usados na literatura para descrever inovações que tenham um impacto negativo reduzido no ambiente: “verde”, “eco”, “ambiental” e “sustentável”. Com foco em “verde”, “eco” e “inovação ambiental”, Schiederig, Tietze e Herstatt (2012) observaram que apesar da inovação “ambiental” ser a predominante atualmente, desde 2005, as noções “verde” e “ecoinovação” tornaram-se cada vez mais utilizadas em publicações científicas. Além disso, Schiederig, Tietze e Herstatt (2012, p. 182) identificaram seis aspectos importantes nas diferentes definições:

- (1) Inovação objetiva: produto, processo, serviço, método;
- (2) Orientação para o mercado: satisfazer as necessidades do cliente / ser competitivo no mercado;
- (3) Aspecto ambiental: reduzir o impacto negativo (ótimo = impacto zero);
- (4) Fase: o ciclo de vida completo deve ser considerado (para redução do fluxo de material);
- (5) Impulso: Intenção para a redução pode ser econômica ou ecológica e;
- (6) Nível: definindo uma nova inovação (ambiental) padrão para a empresa (SCHIEDERIG, TIETZE, HERSTATT, 2012, p. 182).

A ecoinovação como muitos outros conceitos utilizados no campo científico, possui uma série de definições. No geral, são definições que salientam que a ecoinovação resulta numa redução do impacto ambiental das atividades de consumo e produção, não importando se esse efeito não é pretendido (OCDE, 2010).

Uma das primeiras definições foi proposta por Fussler (1996) e James (1997) sugerindo que a ecoinovação é considerada um novo produto ou processo que agrega valor ao negócio e ao cliente, diminuindo significativamente o impacto ambiental.

Kemp e Pearson (2008) afirmam que a ecoinovação é a produção, assimilação ou exploração de um produto, produção, processo, serviço ou método de gerenciamento ou negócio que é novo para a organização (desenvolvendo ou adotando) e que resulta, ao longo de todo o seu ciclo de vida, em menos riscos, menos poluição e outros

impactos negativos do uso de recursos, inclusive energia, quando comparado com alternativas convencionais.

Rennings (2000) apresenta quatro classes deecoinovações: tecnológica, organizacional, social e institucional. O grupo de ecoinovações tecnológicas é subdividido em: i) tecnologias reativas, para reparar danos (por exemplo, solos contaminados); tecnologias preventivas, para prevenir danos, ou; ii) tecnologias de fim-de-linha, compreendendo medidas tomadas após a produção e processos de consumo; tecnologias limpas ou integradas, que tratam a causa das emissões durante o processo de produção ou no nível do produto (RENNINGS, 2000).

O debate sobre a ecoinovação, apesar de recente, está se tornando cada vez mais relevante no contexto prático do mundo empresarial e acadêmico.

A principal motivação citada na literatura científica para a adoção da ecoinovação é a regulação em virtude de pressões normativas e a necessidade de eficiência como a redução de custos, por exemplo (HE et al, 2018). Embora as empresas estejam começando a desenvolver inovações ecológicas, a motivação ainda é muito orientada para o cumprimento das normas, muito mais do que por objetivos verdadeiramente sustentáveis (HE et al, 2018). É possível notar que ainda há uma necessidade de mais educação para a sustentabilidade no mundo dos negócios, bem como para os consumidores (HE et al, 2018).

De forma sintética, os resultados desejados com a implantação de medidas ecoinovadoras, de modo geral, estão voltadas a reduzir riscos ambientais, promover menos poluição e menos impactos negativos em virtude da utilização de recursos quando comparado com as alternativas convencionais.

Alguns elementos interferem na adoção de práticas ecoinovadoras pelas empresas. É muito provável que o mesmo determinante (tamanho ou idade) tenha uma influência distinta em empresas com características diferentes. O tamanho geralmente afetar positivamente o comportamento ecoinovador das empresas devido a várias razões: uma maior visibilidade pública de grandes empresas e a pressão correspondente das ONGs ambientalistas (KAMMERER, 2009; WALZ, 2011; RAVE, GOETZKE, LARCH, 2011), a existência de um departamento de P & D formalizado (KESIDOU, DEMIREL, 2012), as dificuldades das empresas menores em enfrentar a complexidade de promover inovações ambientais e os investimentos necessários para mudar para uma tecnologia mais sustentável (DE MARCHI, 2012; TRIGUERO, MORENO-MONDÉJAR, DAVIA, 2013), entre outros.

Há diferentes barreiras para pequenas e grandes empresas. Del Río et al (2016) apontam que o comportamento ecoinovador das pequenas empresas é mais influenciado pela falta de inovação interna (pessoal qualificado), acesso a fluxos de

informação e recursos. Outro elemento importante é o nível de desenvolvimento do setor, onde a ecoinovação está sendo aplicada. Pode-se esperar que o grau de “ecoinovatividade” seja diferente entre os setores (DÍAZ-LÓPEZ, 2008; MONTALVO, 2008). A capacidade de inovação de um setor particular depende de fatores como a “maturidade da tecnologia, escala, intensidade de capital, intensidade das ações de P & D da indústria e a competitividade” (NORBERG-BOHM, 2000, p.198).

As características específicas do setor que influenciam a ecoinovação incluem a existência de oportunidades tecnológicas, as propriedades dos processos inovadores, a estrutura do mercado, a maturidade do setor, o impacto ambiental e a exposição às pressões da sociedade (DEL RÍO, PEÑASCO, ROMERO-JORDÁN, 2013).

Devemos destacar que a adoção de ações ecoinovadoras são diferentes entre os países, em virtude das políticas adotadas em relação ao desenvolvimento econômico, assim como pelas diferenças nos sistemas nacionais de inovação, a disposição a pagar pelos produtos por parte dos consumidores e a proatividade ambiental das empresas (DEL RÍO, PEÑASCO, ROMERO-JORDÁN, 2013). Além disso, existem poucos estudos internacionais comparativos entre países, no intuito de identificar os diferenciais e as barreiras à ecoinovação (FRONDEL et al., 2007; WAGNER, 2008; BELIN; HORBACH; OLTRA, 2011).

Na área da ecoinovação, Montalvo (2008) argumenta que as empresas que enfrentam ambientes mais heterogêneos, hostis e mercados dinâmicos adotarão medidas e farão esforços para induzir os consumidores a usar e ganhar legitimidade social de produtos mais ecologicamente corretos. A introdução e adoção de tecnologias verdes são consideradas a maneira mais econômica de reduzir a pressão ambiental sem comprometer a competitividade econômica. A literatura científica enfatiza o papel crucial desempenhado pelos caminhos de difusão das tecnologias verdes ao longo da cadeia de valor, que “identifica as várias atividades diferenciadas, do ponto de vista tecnológico e econômico, que a empresa desempenha para executar seu negócio” (PORTER, 1999, p. 84), como no caso da cadeia de valor da produção da cerveja, conforme apresentado na Figura 2.



Figura 2 Cadeia de Valor da Produção de Cerveja

Fonte: CERVBRASIL (2016).

A partir de uma classificação em sete categorias (contexto externo, contexto interno, estratégias, aprendizagem, estrutura, operações e resultados), Pacheco (2017) indicou os principais fatores que determinam a ecoinovação:

Política governamental de apoio à ecoinovação; Disponibilidade de recursos (pessoas, tecnologia, conhecimento); Escala para apoiar estratégias inovadoras; Percepção da relevância estratégica da ecoinovação; Compromisso de melhorar continuamente e fazer eco-inovações; Assessoria tecnológica orientada para o meio ambiente; Treinamento, conscientização e educação ambiental; Programas de formação sobre cooperação com partes interessadas externas; Métodos orientados para a inovação eco-produto e processo; Estrutura organizacional e apoio à gestão; Relacionamento com fornecedores e clientes como fonte de ideias inovadoras; Departamento de P & D voltado para a sustentabilidade; Gestão de riscos para evitar impactos ambientais negativos; Práticas de reciclagem e processo de logística reversa; Melhorias na eficiência energética em toda a empresa e no mercado; Reputação, imagem de marca e margem de lucro; Capacidade para melhorias radicais no desempenho ambiental; Atratividade para funcionários e clientes e; Capacidade de aprendizagem organizacional sobre questões de eco-inovação (PACHECO, 2017, p. 19).

No Japão, alguns conglomerados de empresas, buscam desenvolver o conceito de “simbiose industrial”, que envolve a troca física de materiais, energia, água e subprodutos (MIHASHI, 1998). Esses agrupamentos ou simbiose podem ocorrer “dentro de uma instalação ou empresa, entre empresas co-localizadas em um parque eco-industrial definido (CHERTOW, 1999). As indústrias se reorganizam em "clusters" de modo que cada indústria aproveita os subprodutos e resíduos de outras que são totalmente compatíveis com os requisitos de entrada. No Japão, esse conceito tem sido

usado com frequência promover a ligação simbiótica com o objetivo final de zero desperdício, o que pode ser notado em cervejarias (SARKAR, 2013).

A ecoinovação é uma maneira eficaz de favorecer a transição para uma economia sustentável de baixo carbono. As inovações ecológicas parecem ser capazes de reduzir diretamente o impacto ambiental da produção nos setores onde eles se originam, mas também de moldar positivamente o desempenho ambiental de outros setores via transações de mercado (COSTANTINI et al, 2017).

2.3 SISTEMAS DE GESTÃO AMBIENTAL

O desenvolvimento sustentável é um esforço requerido por toda a sociedade, sendo indispensável a contribuição das organizações, sejam elas públicas ou privadas na busca das soluções capazes de harmonizar o plano econômico, ambiental e social através da Gestão Ambiental, que está sujeita a diferentes esferas de influência, sendo as principais os governos, o mercado e a sociedade (BARBIERI, 2007).

Um Sistema de Gestão (SG) é um conjunto de elementos inter-relacionados ou interativos de uma organização, para estabelecer políticas, objetivos e processos para alcançar esses objetivos (ISO, 2015). Um Sistema de Gestão Ambiental (SGA) direciona o planejamento de ações (práticas, procedimentos, processos) usados para gerenciar aspectos ambientais, cumprir requisitos legais e outros requisitos, e abordar riscos e oportunidades (ISO, 2015).

Um SGA é uma estrutura desenvolvida para auxiliar as organizações, independentemente de seu tipo ou porte, a planejar consistentemente ações, prevenir e controlar impactos significativos sobre o meio ambiente, gerenciar riscos e melhorar continuamente o desempenho ambiental e a produtividade (FIESP, 2015). Além destes aspectos, um SGA permite avaliar e monitorar a conformidade em relação ao atendimento dos requisitos legais.

O princípio básico de um SGA, de acordo com a ISO 14001 (ISO, 2015) é o ciclo PDCA (*plan, do, check, action*), que permite que as organizações busquem a melhoria contínua de seu sistema de gestão (ISO, 2015), conforme ilustrado na Figura 3.

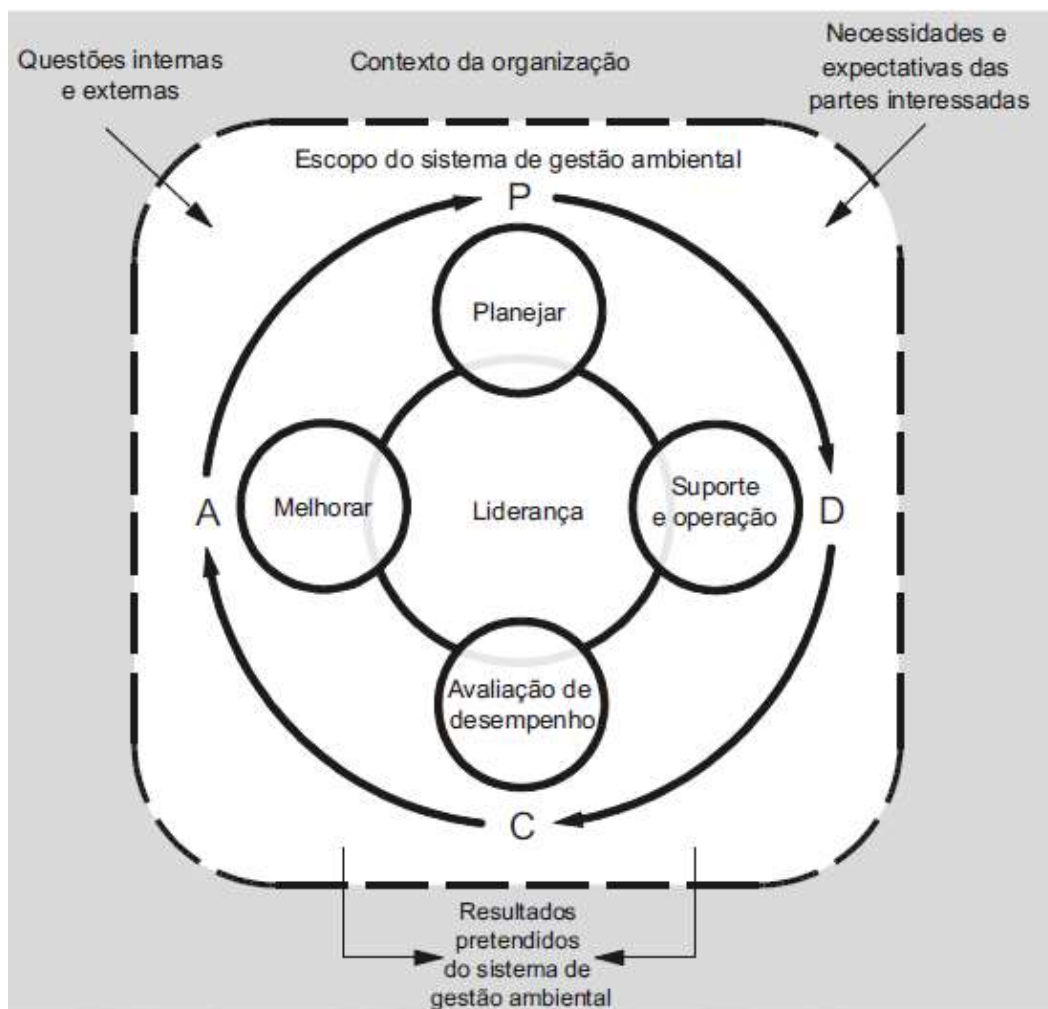


Figura 3 Relação entre a Norma ISO 14001 e o Ciclo PDCA no SG

Fonte: ISO 14001:2015.

Dentro do contexto das normas voltadas à Gestão Ambiental, a norma ISO 14001 faz parte de uma vasta família de normas de instrumentos e sistemas de gestão ambiental, a família 14000. A ISO 14001 é a única certificável e, naturalmente, a mais conhecida, e utilizada em 171 países (APCER, 2016).

No contexto das normas de gestão ambiental, os sistemas constituem a estrutura mais abrangente que uma organização pode adotar para tratar os seus aspectos ambientais e melhorar continuamente o seu desempenho ambiental. Assim, as demais normas da família 14000, independentemente do seu valor individual e intrínseco, podem ainda contribuir para a implementação bem-sucedida de um SGA (APCER, 2016). É importante que os utilizadores considerem como podem se beneficiar das outras normas, como se ilustra no Quadro 1:

Quadro 1 – Descrição das Normas Vinculadas à ISO 14001:2015

SEÇÃO DA ISO 14001:2015	NORMAS MAIS RELEVANTES DA FAMÍLIA 14001
Contexto da Organização	ISO 14004 Sistemas de gestão ambiental – Linhas de orientação gerais sobre implementação
Liderança	ISO 14004
Planejamento	ISO 14004 ISO 14015 Gestão ambiental – Avaliação ambiental de sítios e Organizações (AASO) Série 14040 sobre avaliação do ciclo de vida: ISO 14040, ISO 14044, ISO/TR 14047 Série 14064 sobre quantificação, monitorização, comunicação e remoção de gases com efeito de estufa: ISO 14064-1, ISO 14064-2, ISO 14064-3
Suporte	ISO 14004 Série 14064 Série 14020 sobre rótulos e declarações ambientais: ISO 14020, ISO 14021, ISO 14024 e ISO 14025 ISO 14063 Gestão ambiental – Comunicação ambiental
Operação	ISO 14004 ISO 14006 Sistemas de gestão ambiental – Linhas de orientação para a integração do ecodesign Série 14064
Avaliação do desempenho	ISO 14004 ISO 14031 Gestão ambiental – Avaliação do desempenho ambiental Série 14064
Melhoria	ISO 14004 Sistemas de gestão ambiental – Linhas de orientação gerais sobre implementação

Fonte: Adaptado de APCER (2016).

A norma ISO 14001 deixa explícito que a organização deve considerar o ciclo de vida dos produtos e serviços em diversos pontos: (i) na determinação dos aspetos ambientais e (ii) no controle operacional, concretamente no design e desenvolvimento, nos requisitos ambientais de compra de produtos e serviços, na comunicação de requisitos ambientais relevantes aos fornecedores, e na necessidade de fornecer informações sobre os potenciais impactos ambientais significativos associados ao transporte ou distribuição, à utilização, ao tratamento de fim de vida e ao destino final dos produtos e serviços (APCER, 2016). Apesar de não ser exigida pela ISO 14001, a definição de ciclo de vida consta na norma e é a mesma da ISO 14040 sobre avaliação de ciclo de vida (APCER, 2016).

2.4 AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA DO PRODUTO

A Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) é uma técnica desenvolvida para mensuração dos possíveis impactos ambientais causados como resultado da fabricação e utilização de determinado produto ou serviço. A abordagem sistêmica da ACV é conhecida como do “berço ao túmulo”, na qual são levantados os dados em todas as fases do ciclo de vida do produto (IBICT, 2017). O ciclo de vida se refere a todas as etapas de produção e uso do produto, relativas à extração das matérias-primas, passando pela produção, distribuição até o consumo e disposição final, contemplando também reciclagem e reuso quando for o caso.

A ACV trata-se uma avaliação ambiental, uma ferramenta de gestão que estabelece uma visão geral das consequências ambientais da existência de um produto através do seu ciclo de vida. A ACV abrange toda a vida de produto, ou seja, a partir da extração de matérias-primas para o processo de fabricação, através da produção e o uso do produto e sua possível reutilização e reciclagem, tendo em conta todo o ciclo do produto (TALVE; RIIPULK, 2001).

A ACV é uma técnica para avaliar aspectos ambientais e impactos potenciais associados a um produto mediante: - a compilação de um inventário de entradas e saídas pertinentes de um sistema de produto; - a avaliação dos impactos ambientais potenciais associados a essas entradas e saídas; - a interpretação dos resultados das fases de análise de inventário e de avaliação de impactos em relação aos objetivos dos estudos. Na Figura 4 são descritas as fases da ACV (ISO, 2009):

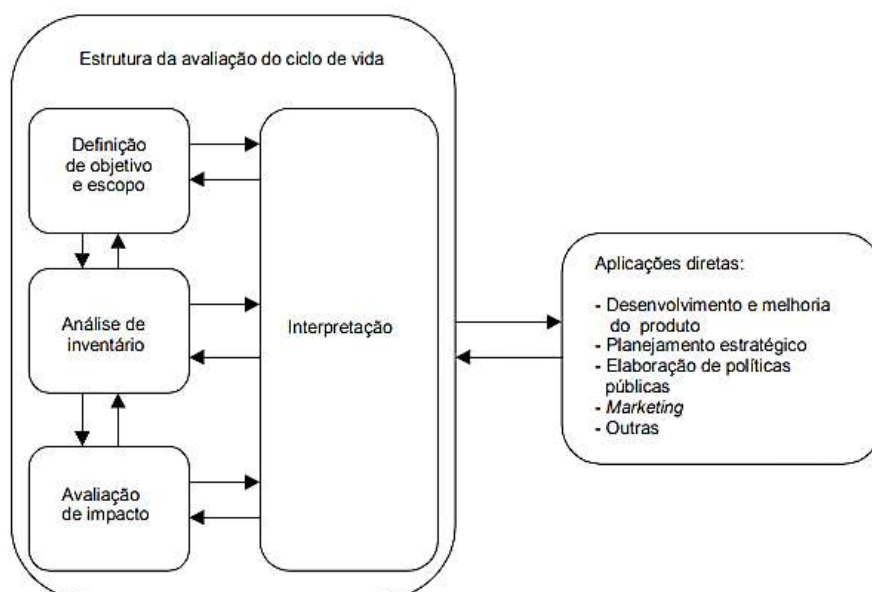


Figura 4 Fases da ACV

Fonte: ISO (2006a).

Quadro 2 – Descrição das Estrutura da Avaliação do Ciclo de Vida

FASE	DESCRIÇÃO
Definição dos Objetivos e Escopo	É o momento em que se determinam as fronteiras do estudo (temporal e geográfica), a quem se destinam os resultados, os critérios de qualidade, as regras de corte e as categorias de impacto a serem consideradas
Análise de Inventários	Consiste na coleta dos dados que representam os fluxos de massa e energia que entram e que saem das diversas etapas do ciclo de vida do produto, dentro das fronteiras estabelecidas na fase anterior
Avaliação dos Impactos	Nesta fase, os fluxos definidos no inventário são convertidos em impactos ambientais através da multiplicação dos valores brutos por fatores de equivalência que remetem a resultados em unidades comuns, como por exemplo, kg de CO2 equivalentes para a categoria de aquecimento global
Interpretação	Ao final, busca-se identificar as questões significativas do estudo, checar a integridade, a sensibilidade e a consistência dos resultados e definir as conclusões, as limitações e as recomendações do estudo

Fonte: (ISO, 2006a).

O pensamento do Ciclo de Vida propõe uma forma de pensar que agrega os sistemas e preserva as suas inter-relações, de maneira a compreender o todo dos sistemas produtivos e identificar os pontos críticos em seus subsistemas, processos e fluxos (IBICT, 2017). Trata-se de um processo de conscientização da condição sistêmica dos processos produtivos que se inter-relacionam com os ambientes naturais e causam impactos ambientais (IBICT, 2017).

A ACV pode ajudar: - na identificação de oportunidades para melhorar os aspectos ambientais dos produtos em vários pontos de seu ciclo de vida; - na tomada de decisões na indústria, organizações governamentais ou não-governamentais (por exemplo, planejamento estratégico, definição de prioridades, projeto ou reprojeto de produtos ou processos); - na seleção de indicadores pertinentes de desempenho ambiental, incluindo técnicas de medição; e - no marketing (por exemplo, uma declaração ambiental, um programa de rotulagem ecológica ou uma declaração ambiental de produto) (ISO, 2006a).

A perspectiva de ciclo de vida implica a consideração do ciclo de vida material associado aos produtos e serviços. A Organização deverá determinar cuidadosamente quais as etapas do ciclo de vida que pode controlar ou influenciar, o que pode variar muito em função do contexto (APCER, 2016).

Tipicamente, a perspectiva do ciclo de vida implica a consideração das seguintes fases: aquisição, design e desenvolvimento, produção, transporte, entrega, uso, tratamento de fim-de-vida e disposição final (APCER, 2016). Nestas fases podem ser identificadas questões relacionadas com: matérias-primas, desde a produção, colheita ou extração; cadeia de abastecimento; desempenho ambiental e práticas dos fornecedores e prestadores de serviço; design e desenvolvimento de produtos, serviços e processos de realização dos mesmos; projetos de novas instalações ou equipamentos, ou alterações; processos de realização de produtos e serviços, incluindo produção, embalagem, preservação, armazenamento, transporte, entrega e atividades pós entrega; utilização dos bens e serviços durante a sua vida útil até disposição final; gestão de resíduos, emissões e efluentes (APCER, 2016).

A Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) é considerada uma das mais desenvolvidas ferramentas para olhar de forma holística para as consequências ambientais ligadas ao ciclo de vida dos processos de produção, produtos ou serviços. Neste sentido, é amplamente utilizado por profissionais ambientais e políticas decisórias para a avaliação sistemática da dimensão ambiental da sustentabilidade (GONZÁLEZ-GARCÍA; MORALES; GULLÓN, 2018).

Durante a investigação da ACV na empresa, não só a consciência ambiental da administração cresce, mas também todas as pessoas que participam da coleta de dados nos diferentes locais de produção ganharam novos conhecimentos, perspectivas e pontos de vista em relação à conservação de recursos e geração de resíduos (TALVE, 2001).

Para garantir uma ACV completa para qualquer produto, deve ser obtida uma cooperação entre as diferentes empresas dentro do ciclo de vida do produto (TALVE, 2001). Desafios na coleta de inventário incluem a falta de diversas fontes de dados (MATTILA; HELIN; ANTIKAINEN, 2012).

O problema no processo de tomada de decisão depende da incerteza de indicadores de ACV, mas também significativamente da ponderação dos indicadores e da incerteza associada. De forma geral, não se pode determinar se a incerteza de um indicador único de ACV é significativo e se a ACV é adequadamente confiável ou não (MATTILA; HELIN, ANTIKAINEN, 2012).

2.5 O SETOR CERVEJEIRO NO BRASIL E NO MUNDO

No Brasil, o primeiro decreto que define o conceito de cerveja foi criado em 1997 (Decreto nº 2314/97) e diz que cerveja é uma "(...) bebida obtida pela fermentação

alcoólica do mosto cervejeiro oriundo do malte de cevada e água potável, por ação da levedura, com adição de lúpulo” (BRASIL, 1997).

Na Figura 5, estão apresentadas e descritas as principais etapas do processo produtivo da cerveja.



Figura 5 Etapas do processo de Produção da Cerveja

Fonte: FAPESP (2017).

Na Figura 6 está representado todo o processo de produção da cerveja, incluindo o detalhamento de todas as etapas (CIMINI; MORESI, 2016, p. 03):

- i) os processos agrícolas de cultivo da cevada, milho e lúpulo;
- ii) a produção de malte, grãos de milho e cevada;
- iii) a produção dos materiais de embalagem (garrafas de vidro; latas de alumínio; barris de aço inoxidável; fechamentos; rótulos; bandejas ou multipacks de cluster; envoltório de filmes; etc), bem como os auxiliares (oxigênio; dióxido de carbono; ácido fosfórico; cloreto de cálcio, etc.);
- iv) o transporte de matérias-primas, processos e materiais de embalagem de seus locais de produção ao portão da cervejaria, bem como cerveja embalada para os centros de distribuição;

- v) a eliminação de resíduos de material de embalagem gerados na cervejaria;
- vi) o tratamento de águas residuais, incluindo a produção de metano por digestão anaeróbica e; vii) a produção de calor, bem como a utilização de eletricidade (CIMINI; MORESI, 2016).

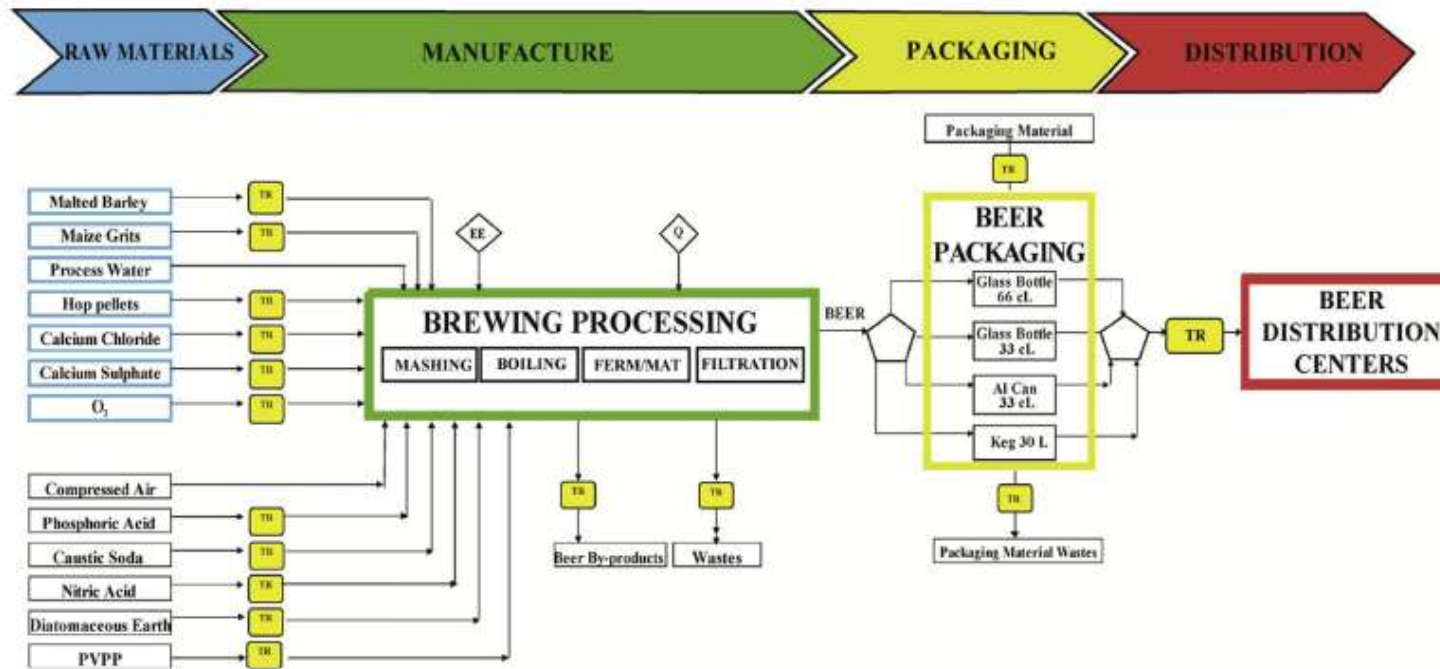


Figura 6 Limites do Sistema Produtivo de Cerveja

Fonte: Cimini e Moresi, (2016, p. 03).

Legenda: RAW MATERIALS, MANUFACTURE, PACKAGING, DISTRIBUTION (MATÉRIA-PRIMA, FABRICAÇÃO, EMBALAGEM, DISTRIBUIÇÃO); Malted Barley, Maize Grits, Process Water, Hot pellets, Calcium Chloride, Calcium Sulphate, O₂ (Cevada Maldita, Grãos de Milho, Água de Processo, Pelotas a Quente, Cloreto de Cálcio, Sulfato de Cálcio, O₂); Compressed Air, Phosphoric Acid, Caustic Soda, Nitric Acid, Diatomaceous Earth, PVPP – Polyvinylpyrrolidone (Ar Comprimido, Ácido Fosfórico, Soda Cáustica, Ácido Nítrico, Terra de Diatomáceas, PVPP – Polivinilpirrolidona); BREWING PROCESSING, Mashing, Boiling, Ferm/mat, Filtration (PROCESSAMENTO DE CERTIFICAÇÃO, Purificação, Ebulição, Fermentação, Filtragem); Beer By-products, wastes (Subprodutos da cerveja, resíduos); BEER PACKAGING, Glass Bottle 66 cL, Glass Bottle 33 cL, Al. Can 33 cL, Keg 30 L (EMBALAGEM DE CERVEJA, Garrafa De Vidro 660 ml, Garrafa De Vidro 330 ml, Lata de Alumínio 330 ml, Barril 30 L); Packaging Material Waster (Material de limpeza da embalagem); Packaging Material (Material de embalagem); BEER DISTRIBUTION CENTERS (CENTROS DE DISTRIBUIÇÃO DE CERVEJA) e; TR – transporte.

As maiores nações produtoras de cerveja atualmente são a China, EUA, Brasil, México e Alemanha. Em termos de produção global de cerveja, eles representam uma participação de 52% da produção mundial (BARTH-HASS, 2016).

A indústria da cerveja movimenta uma imensa rede que envolve desde a pesquisa, o cultivo, o processamento e a comercialização de insumos e matérias-primas até a entrega do produto ao consumidor, no ponto de venda (CERVBRASIL, 2016).

Conforme podemos notar no Gráfico 1 a produção de lúpulo, ingrediente básico para a produção de cerveja tem aumentando desde 2013. Enquanto que, a produção de cerveja (Gráfico 2) tem diminuindo (levemente), desde o ano de 2013. A produção mundial de cerveja apresentou longo período de crescimento, impulsionado pelo aumento do consumo desta bebida em países subdesenvolvidos, porém a partir de 2012 houve uma retração, ocasionada, em grande parte, pela desaceleração da economia mundial e a diminuição da produção e consumo dos países desenvolvidos.

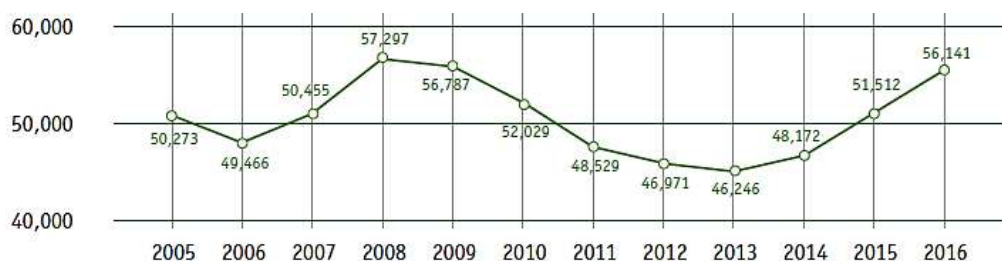


Gráfico 1 Área com Cultivo de Lúpulo por Hectare

Fonte: The Barth Report (2016).

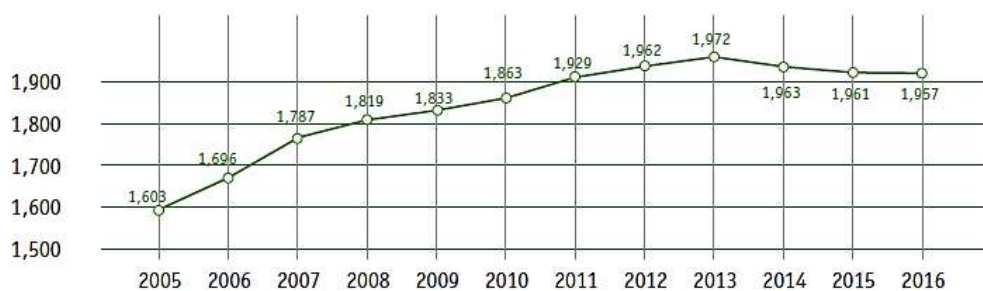


Gráfico 2 Produção Mundial de Cerveja em hL.

Fonte: The Barth Report (2016).

A cadeia produtiva da cerveja no Brasil mobiliza cerca de 12 mil fornecedores de bens e serviços e aproximadamente 8 milhões de profissionais das mais diversas áreas. Ao longo desse processo participam os setores da construção civil, transporte, energia, veículos, papel e celulose, alumínio e vidro, entre outros, envolvendo mais de 1 milhão

de pequenas e médias empresas (CERVBRASIL, 2016). Na Figura 7 podemos observar alguns números do setor cervejeiro brasileiro.



Figura 7 Dados Gerais sobre o Setor Cervejeiro Brasileiro

Fonte: CERVBRASIL (2016).

A produção de cerveja no Brasil apresenta uma tendência crescente nos últimos 30 anos, como mostra o gráfico abaixo, e recentemente alcançou o patamar de 140 milhões de hectolitros (mi hl) (Gráfico 3). O crescimento nessas últimas décadas é melhor visualizado por meio da linha de tendência que traça o padrão de aumento da produção nacional de cerveja (MARCUSO; MULLER, 2016).

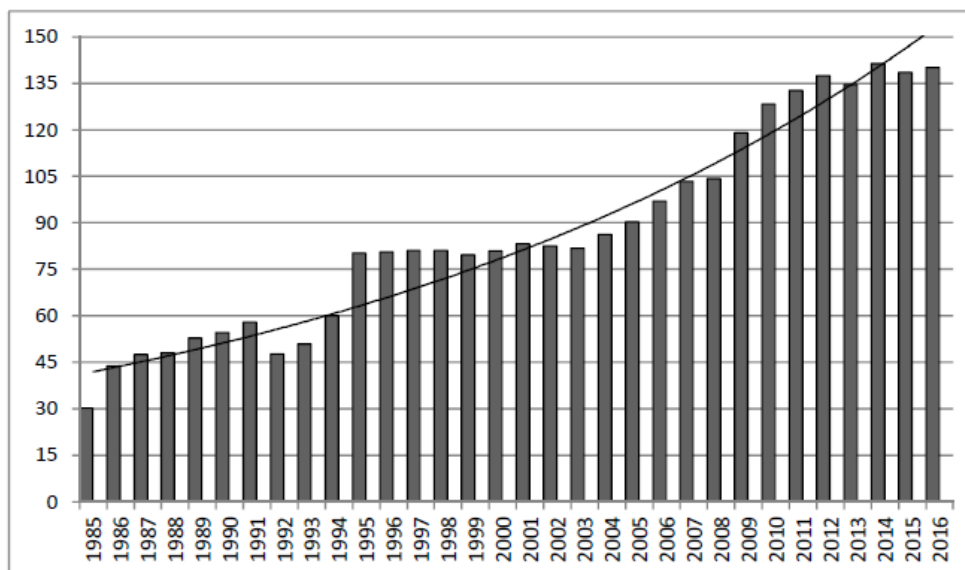


Gráfico 3 Produção Nacional de Cerveja em Milhões de Hectolitros por Ano

Fonte: Marcusso e Muller (2016).

Atualmente estão registradas 610 cervejarias no Brasil. Somente em 2017 foram concedidos 91 novos registros de estabelecimentos produtores de cerveja (MARCUSO, MULLER, 2016). O número de estabelecimentos registrados apresenta crescimento notável na última década, crescendo numa razão de seis vezes, desde 2007, conforme demonstra o Gráfico 4.

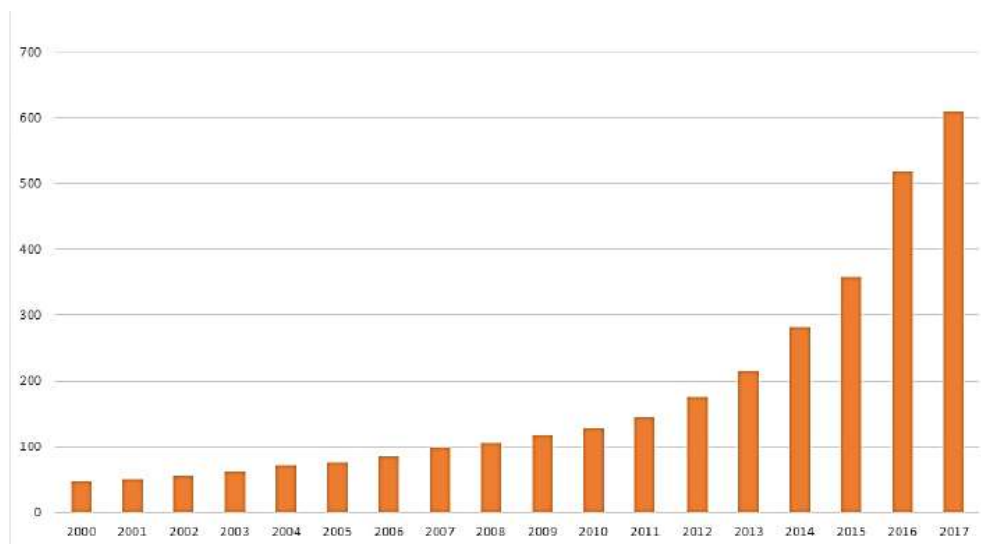


Gráfico 4 Número de Cervejarias no Brasil

Fonte: MAPA apud Marcusso e Muller (2016).

3 METODOLOGIA

Cronin, Ryan e Coughlan (2008) descrevem dois tipos de revisão de literatura: (a) revisão tradicional com o fim principal de dar subsídios ao pesquisador sobre aspectos globais de determinado entendimento de uma nova pesquisa e (b) revisão sistemática da literatura que permite uma abordagem com critérios definidos, delimitando os prazos em que a literatura foi selecionada, bem como os métodos utilizados para avaliar e sistematizar os resultados, sendo este segundo tipo o utilizado nesta pesquisa. (CRONIN; RYAN; COUGHLAN, 2008). A revisão sistemática da literatura foi definida por Greenhalgh (1997) como uma síntese de estudos primários que contém objetivos, materiais e métodos claramente explicitados e que foi conduzida de acordo com uma metodologia clara e reprodutível.

A revisão sistemática da literatura é uma técnica adequada para lidar com uma grande quantidade de informação; contribui para responder a perguntas sobre o que funciona e o que não funciona do ponto de vista prático (PETTICREW; ROBERTS, 2006). Uma revisão sistemática deve adotar um processo científico e rigoroso de busca e avaliação da literatura uma maneira que o processo de busca pode ser facilmente entendido e replicado (TRANFIELD et al., 2003). Realizar uma revisão sistemática da literatura é fundamental para entender e avaliar melhor campo de pesquisa (SEURING; GOLD, 2012).

Para garantir adequada confiabilidade e validade do método empregado, a revisão deve seguir alguns critérios na pesquisa seguindo as seguintes etapas: (i) formular a pergunta de pesquisa; (ii) definir critérios de inclusão ou exclusão; (iii) selecionar e acessar a literatura; (iv) avaliar a qualidade da literatura incluída na avaliação; (v) analisar, sintetizar e divulgar os resultados (CRONIN; RYAN; COUGHLAN, 2008).

De um lado, optamos por considerar aqueles estudos realizados sob uma perspectiva empírica, referente à aplicação da ACV, observando os achados que apontam para pontos fortes e fracos do uso da ferramenta no setor cervejeiro. De outro lado, também analisamos estudos teóricos, no intuito de indicar os principais aspectos da ferramenta.

Para a pesquisa foi estabelecido o período após 1997 para a busca dos artigos, ou seja, nesta pesquisa foram contemplados artigos entre 1997 e 2018. A escolha por artigos a partir do ano de 1997 se justifica, por ter sido o ano de lançamento da norma ISO 14040, que discorre sobre o ciclo de vida no processo de gestão ambiental.

3.1 PLANEJANDO A REVISÃO - REFINANDO OS CRITÉRIOS DE INCLUSÃO E EXCLUSÃO

A determinação de palavras-chave foi uma das principais etapas desse trabalho. Considerando a pesquisa, palavras-chave foram selecionadas de acordo para manter um foco estrito no processo de busca dos principais aspectos relacionados à avaliação do ciclo de vida do produto no setor cervejeiro. Portanto, as palavras-chave usadas para esta fase de coleta, juntamente com os operadores booleanos OR e AND foram: *“barley” AND “Life Cycle Assessment” AND (Beer OR brewery OR breweries); “packaging” AND “Life Cycle Assessment” AND (Beer OR brewery OR breweries); “aluminium cans” AND “Life Cycle Assessment” AND (Beer OR brewery OR breweries); “glass bottle” AND “Life Cycle Assessment” AND (Beer OR brewery OR breweries); “carbon footprint” AND “Life Cycle Assessment” AND (Beer OR brewery OR breweries); “environmental impacts” AND “Life Cycle Assessment” AND (Beer OR brewery OR breweries); “environmental management” AND “Life Cycle Assessment” AND (Beer OR brewery OR breweries); “waste management” AND “Life Cycle Assessment” AND (Beer OR brewery OR breweries).*

Os artigos retornados com base nos descritores aplicados foram analisados com base no título, resumo ou na introdução de cada publicação com vistas à verificação se o tema está de acordo com o proposto neste artigo e dentro dos critérios de inclusão na amostra, até a seleção de um número de artigos específicos dentro de todo universo amostral obtido com a pesquisa.

3.2 ANÁLISE, SÍNTESE E DISSEMINAÇÃO DOS RESULTADOS

Esta etapa demonstra a análise para cada artigo selecionado considerando o resumo, a introdução, a metodologia e a conclusão dos trabalhos selecionados nas bases de dados. Os artigos foram analisados, com base no protocolo apresentado no Quadro 3, adaptado de Stechemesser e Guenther (2012).

Quadro 3 – Protocolo de Revisão de Artigo

Dados do Artigo	Descrição
Título	Qual o título da publicação?
Autores	Quais são os autores da publicação?
Nome do Periódico	Qual o jornal onde o artigo foi publicado?
Categoria do Periódico	Qual a área do jornal?
Ano de Publicação	Qual o ano da publicação?
Número de citações	Quantas citações o artigo tem no Web of Science?
Metodologia	Quais os métodos usados para desenvolver a pesquisa?

País	Qual o país ou os países onde o estudo foi realizado?
Indústria pesquisada	Qual o setor pesquisado?

Fonte: Adaptado de Stechemesser e Guenther (2012).

No Apêndice 1, estão tabulados os resultados dos artigos utilizados nesta pesquisa de acordo com o modelo adaptado de Stechemesser e Guenther (2012). Cabe ressaltar que, o número de citações, não foi avaliado para esta pesquisa.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 ASPECTOS RELACIONADOS AOS RESULTADOS DA BUSCA

No Tabela 1 estão descritos os resultados da busca.

Tabela 1 – Resultados de Busca de Artigos por Expressões de Busca

Expressões de busca	Springer	Science Direct	Wiley Online
<i>"barley" AND "Life Cycle Assessment" AND (Beer OR brewery OR breweries)</i>	19	16	45
<i>"packaging" AND "Life Cycle Assessment" AND (Beer OR brewery OR breweries)</i>	79	78	79
<i>"aluminium cans" AND "Life Cycle Assessment" AND (Beer OR brewery OR breweries)</i>	22	19	35
<i>"glass bottle" AND "Life Cycle Assessment" AND (Beer OR brewery OR breweries)</i>	26	21	23
<i>"carbon footprint" AND "Life Cycle Assessment" AND (Beer OR brewery OR breweries)</i>	44	30	39
<i>"environmental impacts" AND "Life Cycle Assessment" AND (Beer OR brewery OR breweries)</i>	0	115	124
<i>"environmental management" AND "Life Cycle Assessment" AND (Beer OR brewery OR breweries)</i>	126	21	110
<i>"waste management" AND "Life Cycle Assessment" AND (Beer OR brewery OR breweries)</i>	108	51	99

Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

A pesquisa final incluiu apenas artigos revisados por pares (em inglês) obtidos nas seguintes bases: Science Direct (351 artigos), Wiley Library (554 artigos) e Springer (424 artigos). Finalmente, após a aplicação dos critérios de inclusão e exclusão, foram selecionados 30 artigos completos e permaneceram na presente revisão sistemática, todos empíricos e com os principais resultados concentrados na pesquisa relacionada à avaliação do ciclo de vida no setor cervejeiro, atendendo ao objetivo desta pesquisa.

No Gráfico 5 é apresentada a distribuição dos artigos por ano de publicação e, na Tabela 2 as revistas, onde estão publicados os referidos artigos.

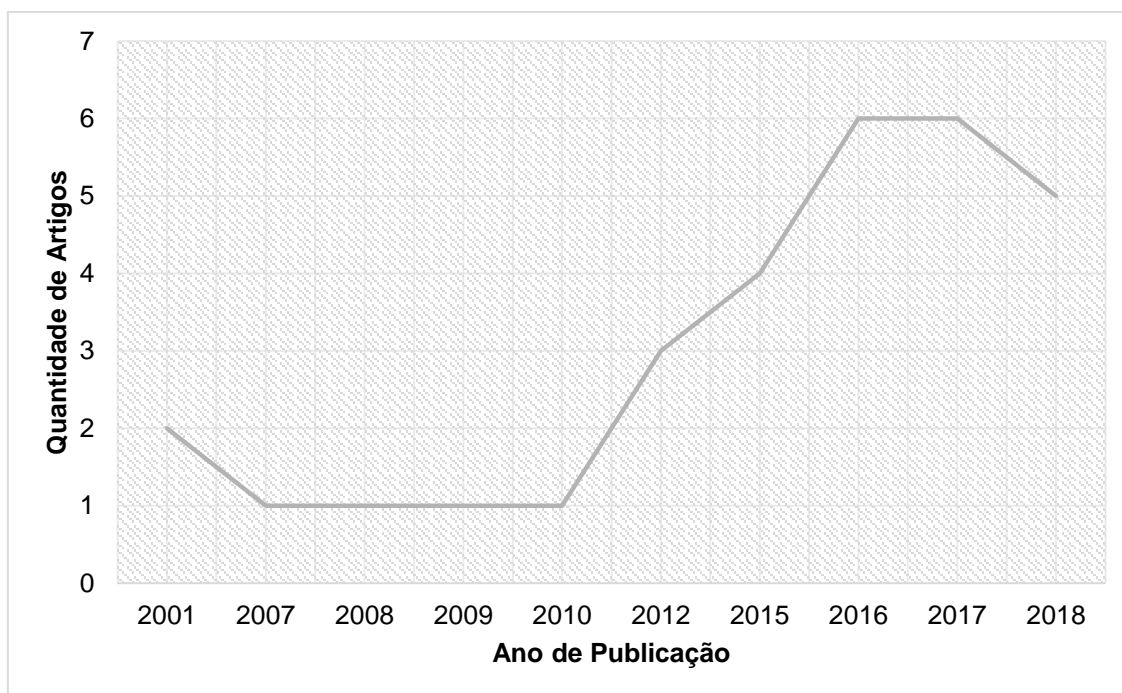


Gráfico 5 Distribuição dos Artigos Utilizados na Pesquisa por Ano de Publicação
Fonte: Dados da pesquisa (2018).

Tabela 2 – Distribuição dos Artigos Utilizados na Pesquisa por Periódico

Número de Publicações	Título do Periódico / Qualis/CAPES	Área	Percentual (%)
11	<i>Journal of Cleaner Production</i> (A1)	Ciências Ambientais	36,66%
8	<i>The International Journal of Life Cycle Assessment</i> (A1)	Ciências Ambientais	26,66%
2	<i>Journal of Industrial Ecology</i> (A1)	Interdisciplinar	6,66%
2	<i>Journal of Food Engineering</i> (A1)	Ciências Ambientais	6,66%
7	Outros		23,36%

Fonte: Dados da pesquisa (2018).

4.2 ASPECTOS RELACIONADOS À PEGADA DE CARBONO NA INDÚSTRIA CERVEJEIRA

A transição para uma economia de baixo carbono colocou o foco tanto na utilização de energia renovável ou nuclear, bem como o aumento da energia de eficiência e redução do consumo de recursos para indústrias processos (RIBERA, 2015).

Eco-estratégias para cervejarias incluem melhorar o isolamento e implementar medidas de recuperação de calor (STURM et al., 2013). Atualmente, resíduos, tais como resíduos líquidos e sólidos de cervejarias e destilarias, desempenham uma variedade de papéis importantes em estratégias destinadas a sustentar gerenciar os aspectos técnicos, econômicos, ecológicos e sociais aspectos da indústria de produção de bebidas (WEBER; STADLBAUER, 2017).

Entre todas as variáveis independentes que afetam o valor da pegada de carbono da cerveja, a fabricação e transporte de garrafas de vidro exerce carga ambiental chave para cervejarias de grande porte, imediatamente seguido pelo cultivo de cevada e sua conversão em malte (CIMINI; MORESI; 2017).

A redução do uso de recursos energéticos externos para processos locais de cervejaria é uma contribuição regional eficaz para a transição global para uma economia de baixo carbono (WEBER; STADLBAUER, 2017).

A ecoeficiência (isto é, aumentar o valor e, ao mesmo tempo, reduzir o uso de recursos e a poluição) pode ser vantajosa combinada com a ecoeficácia (isto é, maximizando os benefícios para o meio ambiente e sistemas econômicos) para enfrentar os desafios impostos pela economia circular no projeto de sistemas industriais circulares (NIERO et al 2017, p. 01).

As principais questões ambientais associadas à produção de cerveja incluem matérias-primas (cevada, embalagens, etc.), água e consumo de energia, bem como a produção de efluentes (CIMINI; MORESI, 2016). Os principais pontos de consumo de energia na produção de cerveja são a produção de garrafas e o cultivo de cevada (CIMINI; MORESI, 2016). Os processos produtivos numa cervejaria fazem uso intensivo não apenas de energia elétrica e térmica, mas também de água de boa qualidade (CIMINI; MORESI, 2016).

A avaliação feita por Cimini e Moresi (2016) identificou diferenças na pegada de carbono em função da embalagem. A pegada mínima foi obtida no caso de barris (~ 1,86 kg CO₂ hL⁻¹) e máximo no caso dos conjuntos de frascos de vidro (~ 48,3 kg CO₂ hL⁻¹), enquanto o último variou de tão baixo quanto ~ 8,1 kg CO₂ e hL⁻¹) no caso de latas de alumínio até ~ 12,4 kg CO₂ e hL⁻¹ para garrafas de 330 ml.

Os créditos de CO₂ da digestão anaeróbia de águas residuárias e utilização de coprodutos de cerveja como a alimentação parcialmente são elementos que compensam as emissões mais elevadas relacionadas à energia na cadeia de produtos (CIMINI; MORESI, 2016).

Apesar de mais trabalho ser necessário para coletar dados primários sobre o cultivo de cevada e milho, consumo de equipamentos, lubrificante e óleo diesel de

empilhadeira, bem como resíduos pós-consumo, Cimini e Moresi (2016) lembram que, a análise da pegada de carbono depende de dados transparentes.

Cimini e Moresi (2016) destacam a importância da quantificação da pegada de carbono, especialmente por causa do atual crescimento de microcervejarias.

Ao selecionar o melhor material de embalagem para uma bebida ou comparando materiais de embalagem, dois fatores importantes devem ser considerados: transporte (tanto do produto embalado como da embalagem para o destino de disposição final) e segundo os materiais (PASQUALINO; MENESES; CASTELLS, 2010).

O impacto final do produto é altamente depende do peso e forma da embalagem, quanto maior a distância, maior a impacto do transporte (PASQUALINO; MENESES; CASTELLS, 2010).

O transporte do produto embalado tem uma grande influência no impacto do ciclo de vida do produto (PASQUALINO; MENESES; CASTELLS, 2010). O consumo de produtos locais em relação àqueles que requerem transporte é recomendado para minimizar o impacto ambiental total impacto tanto quanto possível. A embalagem e sua destinação final dependerá principalmente dos hábitos da população local (PASQUALINO; MENESES; CASTELLS, 2010). Assim, disponibilizar a informação ao público em geral é muito importante se os efeitos ambientais decorrentes da gestão destes resíduos devem ser reduzidos (PASQUALINO; MENESES; CASTELLS, 2010).

Uma vez que a precisão da ACV só pode ser tão boa quanto a precisão dos dados de entrada, é imperativo que seja mais confiável e bancos de dados de acesso aberto são criados (PASQUALINO; MENESES; CASTELLS, 2010).

Na literatura científica, os estudos feitos até o momento já identificaram a pegada estimada de carbono da cerveja variando de 25 a 259 kg de equivalente de dióxido de carbono (CO₂e) hL⁻¹ devido a várias razões, como o tipo de cerveja, o formato da embalagem, tamanho da cervejaria, e inclusão ou não da fase de consumo (CIMINI; MORESI, 2018). Podemos encontrar estudos que demonstram que, a fabricação de garrafas de vidro geralmente representa o principal *hotspot* no ciclo de vida da cerveja (AMIENYO; AZAPAGIC, 2016; CIMINI; MORESI 2016).

A análise da relação custo/benefício é importante de ser explorada, quando estamos tratando do impacto ambiental do produto com um efeito mínimo sobre os custos operacionais totais da cerveja, da mesma forma, é preciso investir na coleta de dados primários selecionados para tornar o cálculo da pegada de carbono mais preciso na avaliação de outras categorias de impacto ambiental (CIMINI; MORESI, 2018).

4.3 ASPECTOS AMBIENTAIS NO CULTIVO DA CEVADA

A cevada (*Hordeum vulgare* L.) é uma cultura antiga, extremamente adaptável às condições climáticas e geneticamente diversificada (JONES et al., 2011; MUÑOZ-AMATRIAÍN et al., 2014).

Em todo o mundo, a cevada é usada principalmente para a produção de ração animal e malte e, em menor grau, para a produção de sementes e consumo humano (RIVERA et al, 2016).

Devido às suas características, a cevada é a 12^a *commodity* agrícola mais importante do mundo, e a Europa é o maior produtor, respondendo por 62% da produção mundial (FAOSTAT, 2016a). No ano de 2014, a produção mundial de cevada foi estimada em 146,6 milhões de toneladas (FAOSTAT, 2016a; FAOSTAT, 2016b). O principal produtor europeu é a Espanha com 2.600.920 ha, seguida da França (1.764.990 ha), Alemanha (1.621.800 ha) e Polônia (839.300 ha). O cultivo significativo de cevada ocorre também na Dinamarca (631.000 ha) e na Itália (237.900 ha) (RIVERA et al, 2016).

A avaliação do ciclo de vida (ACV) desempenha um papel fundamental na quantificação dos potenciais impactos ambientais associados à produção agrícola (NOTARNICOLA et al., 2017).

Vários estudos de ACV quantificaram recentemente os impactos ambientais decorrentes da produção de cevada nos países escandinavos, enfocando os efeitos da mudança climática no futuro cultivo de cevada para malte na Dinamarca (DIJKMAN et al., 2017; NIERO et al., 2015a, 2015b). Além disso, a ACV provou ser útil na previsão dos impactos ambientais entre os sistemas convencionais e orgânicos de produção de cevada na Itália (FEDELE et al., 2014), bem como avaliar o perfil ambiental do ciclo de vida de diferentes culturas forrageiras, incluindo cevada (BARTZAS et al., 2015; GONZÁLEZ-GARCÍA et al., 2016).

Como apontado no estudo de Niero et al (2015), as condições climáticas alteradas (incluindo dados primários de experimentos imitando cenários climáticos piores no futuro (700 ppm [CO₂] e +5 °C), provavelmente aumentarão os impactos negativos no meio ambiente do cultivo de cevada.

Niero et al (2015) investigaram dois cenários para a produção de cevada no contexto dinamarquês. Todas as categorias de impacto ambiental experimentadas realmente aumentaram o impacto para todos os cenários investigados, exceto sob a suposição muito otimista de que o ritmo de melhoria de produtividade por criação será o mesmo que foi nas últimas décadas (NIERO et al, 2015). O principal impulsionador do aumento do impacto foi identificado como a redução no rendimento das culturas (NIERO et al, 2015). Portanto, as potenciais estratégias de adaptação devem se concentrar principalmente em manter ou melhorar a produtividade das culturas.

Os resultados de Niero et al (2015) também apontaram a consequência dos eventos climáticos extremos, uma vez que o ganho em termos de produtividade obtida da criação das cultivares de melhor rendimento pode ser anulado pelo efeito de eventos extremos, como uma longa onda de calor. Cabe lembrar que, as projeções mostram que a temperatura da Terra está sendo elevada a cada ano (NIERO et al, 2015). O efeito negativo de eventos extremos sobre o aumento de impactos ambientais potenciais enfatiza a necessidade de colocar mais esforços no desenvolvimento de cultivares com alto rendimento e estabilidade e resiliência em vários ambientes diferentes.

Niero et al (2015), destacam que, a produtividade das culturas é apenas um dos aspectos relevantes na avaliação do desempenho dos sistemas agrícolas, visto que, a qualidade da cultura é potencialmente tão importante devido às suas implicações na qualidade e dieta do produto.

Para o desenvolvimento de práticas agrícolas orientadas para a sustentabilidade, Foley et al (2011, p.341) recomendam quatro princípios:

- (1) adoção de soluções ecoeficientes;
- (2) abordando trade-offs através de uma melhor gestão decisões;
- (3) investigar vias múltiplas, e. convencional agricultura, modificação genética e agricultura orgânica;
- (4) aumentando a resiliência dos sistemas alimentares (FOLEY et al, 2011).

A ferramenta que pode holisticamente avaliar todas estas quatro questões é a Avaliação do Ciclo de Vida (ACV), que tem como objetivo quantificar os possíveis impactos ambientais de um produto, entradas e saídas do sistema durante o seu ciclo de vida (ISO, 2006).

Cabe lembrar que, as análises da ACV da cevada são afetadas por diversos aspectos, tais como a falta de informações sobre a gestão do resíduo de colheita, o efeito da rotação de culturas, mudanças nos métodos de incorporação do solo, mudanças no tempo de gestão atual, o efeito indireto das alterações climáticas nos alimentos para animais, composição e qualidade do estrume e necessidades de irrigação (NIERO et al, 2015).

O melhoramento de plantas é uma ferramenta poderosa para melhorar a eficiência de absorção de nitrogênio (N) e, assim, reduzir o impacto ambiental relacionado com a produção agrícola (TIDÅKER et al, 2016).

Combinar ACV e modelagem de simulação é uma abordagem promissora para avaliar os efeitos ambientais esperados de colheitas melhoradas quando não há dados experimentais de longo prazo disponíveis (TIDÅKER et al, 2016).

Quando a cevada foi cultivada sob temperaturas e CO₂ atmosféricos elevados, o rendimento diminuiu 14% em comparação com a cultura de cevada em condições ambientais. Um terceiro exemplo do efeito da mudança climática na agricultura é que as mudanças nos padrões de precipitação, por exemplo, causadas pelas mudanças climáticas provocadas pelo homem (COOK et al., 2013), resultam em alterações nos fluxos de nutrientes das terras aráveis, bem como forçar limitações em algumas regiões ao uso de água para irrigação (JEPPESEN et al., 2011 apud DIJKMAN et al, 2016).

Doltra et al. (2012) discutem o manejo alterado de culturas de captura para reduzir a lixiviação de nitrogênio, bem como a mudança para cultivos de cevada que têm um período de crescimento mais longo.

Os potenciais impactos ambientais modelados para o cultivo de 1 kg de cevada nas circunstâncias climáticas de 2050, comparados aos de 2010, foram maiores em todas as categorias de impacto avaliadas, exceto a toxicidade. Este aumento foi provocado principalmente por uma redução no rendimento sob condições climáticas futuras (DIJKMAN et al, 2016).

Usando 1 ha como unidade funcional, o cultivo de cevada orgânica produz impactos para 2,33 pt vs. os 2,55 pt do cultivo de cevada convencional. Vice-versa usando 1 kg como UF, cevada orgânica representa 3.103E-04 pontos de pesagem vs. 2.396E-04 pontos de pesagem da cevada convencional (TRICASE et al, 2017).

De acordo com as Normas Internacionais (ISO, 2006a, b), é importante para operar uma escolha precisa da unidade funcional. Este último é definido como uma medida do desempenho de um sistema (KROZER; VIS, 1998), que pode ser descrito através de uma coleção de processos unitários desempenhando uma função bem definida (ISO, 2006a).

Na ACV na agricultura, a produção agrícola pode ser considerada e assim modelado como orientado para a terra ou orientado para o produto. O primeiro, que é geralmente usado em ACV agrícolas, corresponde ao uso de uma área terrestre (por exemplo, 1 ha), enquanto a última, que é frequente ACV de produto, corresponde à utilização de uma massa de produto (por exemplo 1 kg) (TRICASE et al, 2017).

A agricultura é muito intensiva em termos de uso da terra, depende de recursos naturais, é muitas vezes sazonal e está fortemente relacionado a fatores como características do solo, disponibilidade hídrica, condições climáticas e presença de ervas daninhas, pragas de insetos e patógenos (BARTZAS; ZAHARAKI; KOMNITSAS, 2015).

4.4 ASPECTOS GERAIS SOBRE A GESTÃO DE EFLUENTES

A principal preocupação pública das cervejarias tem sido tradicionalmente sobre a poluição das águas residuais de descargas não tratadas (OLAJIRE, 2012).

A indústria cervejeira é uma das maiores usuárias industriais de água. Apesar de significativos avanços tecnológicos melhorias nos últimos anos, consumo de energia, consumo de água, efluentes, resíduos sólidos e subprodutos e emissões atmosféricas permanecem grandes desafios ambientais na indústria cervejeira (OLAJIRE, 2012).

O processo de fabricação de cerveja consome muita energia e utiliza grandes volumes de água (OLAJIRE, 2012). A produção de cerveja envolve a mistura dos extratos de malte, lúpulo e açúcar com água, seguidos de sua fermentação subsequente com levedura (WAINWRIGHT, 1998 apud OLAJIRE, 2012).

A água é um ingrediente substancial da cerveja, compondo entre 90 e 95 por cento de cerveja por massa. A água é utilizada em quase todas as etapas do processo de fabricação de cerveja (VAN DER MERWE; FRIEND, 2002).

A água residual, é um dos resíduos mais significativos de operações de cervejaria (OLAJIRE, 2012). Apesar de melhorias de substancial tecnológico que foram feitas no passado, estima-se que que aproximadamente entre 3 e 10 L de efluente residual é gerado por litro de cerveja produzida em cervejarias (KANAGACHANDRAN; JAYARATNE, 2006).

A quantidade de efluentes da cervejaria dependerá da produção e o uso específico da água (OLAJIRE, 2012). A água residual da cervejaria tem alto conteúdo de matéria; não é tóxico e, geralmente não contém quantidades de metais pesados (OLAJIRE, 2012)

Os resíduos sólidos consistem em resíduos de material orgânico do processo (OLAJIRE, 2012). Após o uso, a água deve ser descartada ou tratada com segurança para reutilização, muitas vezes eleva os custos e é problemática para a maioria das cervejarias (OLAJIRE, 2012).

O tratamento físico na indústria cervejeira é aplicado para remover sólidos e outros materiais, em vez de poluentes dissolvidos (OLAJIRE, 2012). A sequência de tratamentos físicos de águas residuais, geralmente envolve: equalização de fluxo, triagem, remoção de areia e sedimentação por gravidade (OLAJIRE, 2012).

Entre os métodos de tratamento químico, o ajuste de pH e floculação são alguns dos mais comumente usados em cervejarias em remoção de materiais tóxicos e impurezas coloidais, além de: ajuste de pH e floculação (OLAJIRE, 2012).

O tratamento de águas residuais anaeróbias é o tratamento biológico de águas residuais sem o uso de ar ou oxigênio elementar, entres as técnicas aplicadas estão: cobertor de lodo anaeróbio de fluxo ascendente e reator de leito fluidizado (OLAJIRE, 2012). O tratamento biológico em cervejaria, geralmente envolve: tratamento aeróbico

de águas residuais, processo de lodos ativados, processo de crescimento anexado (biofilme), processo de filtragem de gotejamento, torres de biofiltração, processo de contator biológico rotativo e lagoas (OLAJIRE, 2012).

Resíduo de grãos de cerveja e leveduras de cerveja são os principais subprodutos indústria da cerveja. A produção substancial desses subprodutos contribui para as perdas econômicas na produção processo, e pode contribuir para problemas ambientais se a sua eliminação adequada não for dada (GONÇALVES et al, 2017).

Produção de cerveja gera grandes quantidades de resíduos e subprodutos devido ao grande volume de produção (FERREIRA et al., 2010). Gastos com grãos de cerveja (BSG) ou bagaço de malte, o resíduo de malte de cevada que permanece após a preparação do mosto, é o principal subproduto das cervejarias; aproximadamente 20 kg são gerados para cada 100 L de cerveja produzida (MATHIAS et al., 2014 apud GONÇALVES et al, 2017).

A reutilização desses dois principais subprodutos usando pirólise pode contribuir para uma produção mais limpa, reduzindo o impacto da indústria cervejeira, bem como reduzindo a disposição final custos e adicionando valor via conversão em bio-óleo e carbono ativado (AMAYA et al., 2007).

A gestão de água e águas residuais constitui um problema prático para a indústria de alimentos e bebidas, incluindo a fabricação de cerveja.

A digestão anaeróbica constitui uma opção para tratar efluente de cervejaria. O fato de que o tratamento anaeróbico sistema não produz borra biológica é um fator chave, bem como a sua capacidade de reduzir os riscos químicos e biológicos como demanda bioquímica de oxigênio (DBO) e sólidos suspensos em baixo tempo de retenção hidráulica (OLAJIRE, 2012).

O estudo de Taylor et al (2018) demonstrou que a digestão anaeróbica seguiu por tratamento num sistema integrado de tratamento de efluentes terciários, transformando numa solução adequada para a irrigação de culturas, assim, o efluente da cervejaria pode ser usado para melhorar o rendimento das culturas.

Efluente de cervejaria é um efluente orgânico que contém nitrogênio e fósforo, e uma gama de compostos orgânicos e inorgânicos (POWER; JONES, 2016; SENTHILRAJA; JOTHIMANI; RAJANNAN, 2013). Esses nutrientes são essenciais para o crescimento e a saúde das plantas, de modo que o efluente da cervejaria tem o potencial de ser usado como fonte de água e nutrientes na produção de culturas irrigadas (MUYEN; MOORE; WRIGLEY, 2011; SENTHILRAJA; JOTHIMANI; RAJANNAN, 2013).

4.5 ASPECTOS QUANTO AO USO E GERAÇÃO DE ENERGIA

Uma das principais indústrias exigentes da cevada é a indústria cervejeira, onde o grão é a principal matéria-prima. O alto teor de amido e boa aderência das cascas ao corpo do grão, mesmo depois de malte e moagem são a razão por trás do uso de cevada na produção de cerveja (PASCARI et al., 2018).

Na indústria de alimentos, o setor cervejeiro detém uma posição econômica estratégica, uma vez que a cerveja é bebida alcoólica mais consumida no mundo. O processo de fabricação de cerveja envolve a produção de uma grande quantidade de material lignocelulósico, além de resíduos como palha de cevada do cultivo de cereais e grãos usados da cervejaria.

A cerveja é a bebida alcoólica mais consumida no mundo (PASCARI et al., 2018) assim, a demanda por grão de cevada é excelente. De acordo com o processo de produção de cerveja (MUSSATTO, 2014; PASCARI et al., 2018), os grãos usados da cervejaria (BSG) constituído pelas camadas de casca e de sementes são o principal resíduo do processo de fermentação (~20 kg de grãos gastos da cervejaria úmida são produzidos por 100 L de cerveja produzida), bem como carece de aplicações economicamente viáveis (MUSSATTO, 2014; ROJAS-CHAMORRO et al., 2018). Além disso, fase de cultivo de cereais envolve a co-produção de palha – até 0,53 kg de palha por kg de grãos (LARSEN et al., 2012; VARGAS et al., 2015). Ambos (grãos e palha usados) são uma fonte importante e barata de material lignocelulósico com alto teor de carboidratos, de modo múltiplo aplicações potenciais como bioetanol de segunda (VARGAS et al., 2015, 2016).

A integração de uma abordagem de biorrefinaria em um sistema de produção cervejeiro permite a obtenção de diferentes produtos de alto valor agregado a partir de resíduos tornando o processo mais sustentável não só a partir de econômico, mas também ambiental, reduzindo os resíduos produção e consumo de recursos (GONZÁLEZ-GARCÍA; MORALES; GULLÓN, 2018).

O grão usado na fabricação de cerveja é um substrato que consiste principalmente de celulose, hemicelulose e lignina, que são difíceis de degradar anaerobicamente, principalmente devido à presença de produtos de degradação, tais como compostos fenólicos, que causam inibição do processo (PANJIČKO et al, 2017).

O tratamento térmico aplicado ao inóculo foi efetivo em inativando os consumidores de hidrogênio como os metanogênicos do domínio Archaea. A frutose mostrou um alto potencial de geração de biohidrogênio. A produção biológica de H₂ deveu-se ao consórcio anaeróbico de bactérias do lodo de cervejaria subtropical

identificado como *Firmicutes* sp., *Fylum* sp., principalmente *Veillonella* sp., *Streptococcus* sp. e bactérias não cultivadas (PACHIEGA et al, 2018).

Cervejarias como um usuário significativo de combustíveis fósseis estão sob constante pressão econômica e ambiental para reduzir a energia e custos de eliminação de resíduos (PANJIČKO et al, 2017). Digestão anaeróbica e produção de biogás de resíduos de cerveja oferece uma opção viável para alcançar uma redução considerável do uso de combustíveis fósseis, reduzindo custos de eliminação de energia e resíduos, reduzindo a pegada de carbono também (PANJIČKO et al, 2017). Resíduos de fabricação de cerveja incluem águas residuais de cervejarias, excedentes levedura e resto de grãos (BSG) (PANJIČKO et al, 2017).

Portanto, um sistema de dois estágios foi usado para digestão anaeróbica (PANJIČKO et al, 2017). Digestão anaeróbica foi separada em fase em um reator de digestão anaeróbio em estado sólido, onde a hidrólise microbológica e ocorreu acidogênese e em um reator de biomassa granular onde a maioria das metanogêneses foi realizada. O processo global exibiu eficiência total de degradação de sólidos entre 75,9 e 83,0%. A média específica da produção de biogás foi de 414 ± 32 L/ kg, enquanto a produção de biometano foi de 224 ± 34 L/ kg de sólidos (PANJIČKO et al, 2017). O processo exibiu operação estável por 198 dias, o que mostra que a cervejaria pode usar grãos para serem digeridos anaerobiamente com sucesso e usados para produção de biogás (PANJIČKO et al, 2017). Uma aplicação de tal processo poderia reduzir significativamente o uso de combustível fóssil em cervejarias e substituir mais de 70% do gás natural requerido (PANJIČKO et al, 2017).

Tentativas para uma indústria de alimentos mais sustentável se concentram na redução da intensidade energética de biomassa em processos de conversão e na busca por melhores alternativas para a gestão das grandes quantidades de resíduos agroindustriais gerados em tais indústrias (WEBER; STADLBAUER, 2017).

4.6 ASPECTOS AMBIENTAIS SOBRE A EMBALAGEM

A embalagem de alimentos facilita o armazenamento, manuseio, transporte e preservação de alimentos e é essencial para prevenir desperdício de comida. Além dessas propriedades benéficas, embalagens de alimentos causam preocupação crescente ambiente devido ao seu alto volume de produção, muitas vezes com pouco tempo de uso e problemas relacionados gestão e desordem (GEUEKE; GROH; MUNCKE, 2018). Redução, reutilização e reciclagem, mas também redesenho, apoiam os objetivos da circular economia, além de apresentarem potencial de diminuir o impacto ambiental das embalagens de alimentos (GEUEKE; GROH; MUNCKE, 2018).

A reciclagem é atualmente vista como uma medida importante para gerenciar os resíduos de embalagens. No entanto, a reciclagem pode aumentar os níveis de químicos potencialmente perigosos na embalagem e após a migração nos alimentos (GEUEKE; GROH; MUNCKE, 2018). Desde a exposição a certos produtos químicos que migram da embalagem de alimentos têm sido associados com doenças crônicas, é de alta importância para avaliar a segurança das embalagens recicladas (GEUEKE; GROH; MUNCKE, 2018).

A embalagem de vidro também se presta à reutilização, porque é inerte e eficiente para higienizar. Esquemas de depósito para garrafas de bebidas de vidro existem em todo o mundo. Embalagens de vidro recarregável podem ser reutilizadas até 50 vezes, dependendo das exigências do mercado (R3 CONSULTING GROUP; MORAWSKI, 2009).

Reutilização também pode ser fortemente promovida por esquemas de depósito usando poucos recipientes que podem ser devolvidos e recarregados em muitos locais diferentes, reduzindo assim as distâncias de transporte. Redesenho de embalagens pode significar contribuir para a redução, reutilização ou reciclagem, se o fim da vida já considerado durante o desenvolvimento da embalagem (GEUEKE; GROH; MUNCKE, 2018).

Os conceitos de redução e reutilização também podem ser repensados, mantendo as principais funções (por exemplo, preservação de alimentos, transporte) e a segurança das embalagens em mente. A redução não pode ser alcançada apenas materiais mais finos, porém mais complexos, mas também simplesmente diminuindo a relação entre embalagem e volume (por exemplo, maiores porções para alimentos duráveis) ou alterando a produção de alimentos e os sistemas de distribuição de alimentos inteiramente, com foco na produção local e consumo local de alimentos sazonais (COELHO et al., 2018).

A reutilização também pode ser fortemente promovida por esquemas de depósito usando alguns contêineres padronizados que podem ser devolvidos e recarregados em muitos locais, reduzindo assim as distâncias de transporte. O redesenho da embalagem pode contribuir significativamente para a redução, reutilização ou reciclagem, se o fim de vida já for considerado durante o desenvolvimento de embalagens (LOFTHOUSE et al., 2017). As embalagens de alimentos sustentáveis na economia circular só podem ser alcançadas combinando esforços, considerando quaisquer metas conflitantes e envolvendo todas as partes interessadas, incluindo alimentos e embalagens fabricantes, recicladores, tomadores de decisão, sociedade civil e consumidores.

Em termos de qualidade e segurança, a reciclagem de materiais permanentes, como metal e vidro, é geralmente considerado adequado para embalagens de alimentos, porque as propriedades do material não mudam e o calor necessário para refusão destrói microorganismos e compostos orgânicos (MARSH; BUGUSU, 2007).

O vidro tem sido utilizado em contato com alimentos durante milhares de anos (por exemplo, talheres, jarros). O vidro é um material permanente inorgânico, geralmente composto de dióxido de silício como principal componente estrutural, bem como como óxidos metálicos alcalinos e terrosos alcalinos. Devido à sua estrutura molecular, o vidro é um material inerte com altas propriedades de barreira, portanto, mesmo pequenas moléculas não podem passar através do vidro. Nem o vidro absorver moléculas dos alimentos que entra em contato, nem do meio ambiente. Migração de vidro por difusão controlada os processos do material a granel de vidro são impedidos (MÜLLER-SIMON, 2010).

No entanto, a reciclagem repetida de alumínio, aço e vidro pode levar ao acúmulo de íons metálicos no material, por exemplo, quando sucata de metal não é classificada cuidadosamente ou contaminada com cristais. A migração de íons metálicos de superfícies de vidro pode ser um problema se níveis altos estão presentes no material. Em latas de alimentos e bebidas, os revestimentos geralmente evitam a migração de íons metálicos e interações adicionais entre a embalagem de metal e a comida (GEUEKE; GROH; MUNCKE, 2018).

Investigando e comparando duas opções de embalagens: cerveja em barris de aço inoxidável retornáveis de 20 litros e cerveja em garrafas de vidro de 330 ml, Cordella et al (2008) identificaram que a cerveja em barril acabou por causar uma menor carga ambiental ao longo de seu ciclo de vida do que cerveja engarrafada; isto deveu-se principalmente às maiores emissões e à maior energia consumos atribuídos às garrafas de vidro. Além disso, as fases de produção de garrafas de vidro e cultivo de cevada foram identificadas como os estágios críticos do ciclo de vida da cerveja (CORDELLA et al, 2008).

Os resultados do estudo de Amienyo e Azapagic (2016) indicam que o aumento da reciclagem e reduzir o peso das garrafas de vidro levaria a benefícios. Em comparação, a cerveja em latas de alumínio requer 11,3 MJ de energia primária e emite 574 g de CO₂ eq. enquanto que em latas de aço usa 10,3 MJ de energia primária e produz 510 g de CO₂ eq. (AMIENYO; AZAPAGIC, 2016).

Num processo de tomada de decisão, e especialmente no que diz respeito à distribuição de cerveja em garrafas retornáveis ou não retornáveis, é necessário analisar não apenas o meio ambiente, mas também as implicações econômico, tecnológico e

social opções propostas, a fim de escolher o melhor percentual de reutilização e ter um sistema de garrafa de cerveja de vidro mais sustentável (MATA; COSTA, 2001).

A produção de alumínio primário, a laminação da folha de alumínio e a conversão subsequente para a produção da lata são fatores sensíveis nas categorias de impacto mudança climática, recursos fósseis, acidificação e eutrofização terrestre (DETZEL; MÖNCKERT, 2009).

Detzel e Mönckert (2009) ao avaliarem o impacto da garrafa de vidro e do uso da lata de alumínio na produção de cerveja, resultados da ACV inicial dos anos 2000 e 2002 mostraram, para os parâmetros examinados: peso do recipiente, taxa de recuperação pós-consumo de recipientes, grau de conteúdo reciclado e qualidade de as rotas de reciclagem, que cada um teve uma influência considerável sobre o perfil de impacto ambiental da lata de alumínio dentro do quadro dado. Detzel e Mönckert (2009) sugerem que a introdução de uma lata de 500 ml no mercado denota passo fundamental para melhorar os resultados de ACV da lata de alumínio em relação a recipientes 330 ml, por exemplo. Os autores também destacam a importância de reduzir distâncias no processo de distribuição, pois vale a pena analisar as vantagens ou desvantagens ambientais das regiões em contraste com o abastecimento de cerveja a nível nacional (DETZEL; MÖNCKERT, 2009).

De acordo com estudo de Mata e Costa (2001), no intuito de avaliar os impactos ambientais associados as garrafas de cerveja de vidro retornáveis e não retornáveis com diferentes percentagens de reutilização os impactos mais significativos identificados foram a eutrofização e os resíduos sólidos finais gerados, e os menos impacto significativo é o esgotamento do ozônio estratosférico.

Produção de embalagens é um importante contribuinte para os impactos ambientais na indústria da cerveja, adicionando em média 19% (aço) a 46% (vidro) aos impactos (AMIENYO; AZAPAGIC, 2016).

A fim de melhorar o desempenho ambiental desta fase da produção, alguns autores avaliaram os efeitos ambientais de diferentes oportunidades de melhoria. Tamanhos otimizados de embalagem podem reduzir a perda de produtos na fase do consumo, o que é importante para melhorar o sistema (HANSSEN et al, 2007).

A redução na distância para a distribuição é uma das maneiras de reduzir o impacto do processo produtivo da cerveja. Devido à redução de uso de energia e consumo de material para a produção de garrafas de vidro, bem como os impactos reduzidos do transporte de menos vidro (HANSSEN et al, 2007).

As garrafas retornáveis podem realizar uma média de 6 ciclos por ano antes de serem recicladas. Por essa razão, os impactos ambientais relacionados à fabricação de

garrafas são menores para as garrafas retornáveis após a segunda reutilização (MATA; COSTA, 2001, p. 318).

De acordo com os indicadores de potencial de aquecimento global e demanda cumulativa de energia, a reciclagem é recomendada devido à economia de energia e de matéria-prima que gera (PASQUALINO; MENESES; CASTELLS, 2010).

Finalmente, alguns autores focaram na avaliação ambiental da substituição do vidro com diferentes materiais para a embalagem de cerveja, principalmente em recipientes maiores ou latas de alumínio.

4.7 GESTÃO DOS IMPACTOS AMBIENTAIS NAS CERVEJARIAS

Segundo Cordella et al (2008, p. 138), num estudo desenvolvido com a cerveja do tipo lager, onde os inventários do Ciclo de Vida foram construídos para 1 L de cerveja em garrafa e 1 L de cerveja em barril usando o software LCA SimaPro, o processo de fabricação de cerveja pode ter melhorias no seu desempenho ambiental e, algumas orientações podem ser dadas também aos produtores:

- Monitorar, registrar e analisar a entrada e os fluxos de saída do sistema de cervejaria;
- Escolher cuidadosamente os fornecedores, especialmente os de cevada e garrafa de vidro;
- Melhorar as políticas de economia de energia;
- Otimização de soluções para a entrega do produto;
- Estabelecer estratégias de marketing em favor de embalagens reutilizáveis ao invés de não retornáveis (CORDELLA et al, 2008).

As principais recomendações resultantes do estudo de Talve (2001) com a cerveja lager, analisando etapas desde a produção agrícola até a entrega dos produtos às lojas, o autor concluiu que, para melhorar o desempenho ambiental da cervejaria são necessárias as seguintes medidas:

- Estabelecer um sistema de gerenciamento ambiental. Para atingir este objetivo, é preciso coletar todos os existentes e novas informações ambientais em um único lugar (banco de dados) será utilizável. Isso facilitará a determinação se falta alguma informação e, em caso afirmativo, quais informações ou dados.
- Os dados sobre energia, recursos naturais e as emissões precisam ser registradas tanto nível de fábrica e para cada linha de produção específica individual.
- Ao monitorar e analisar o consumo de recursos e geração de resíduos do processo real, possíveis impactos ambientais e melhorias econômicas podem ser sugeridas.

- No próprio produto - cerveja em embalagens múltiplas enviadas em paletes - a maior carga ambiental é causada pela produção de placa de cluster. O pacote de cluster multi-pack poderia ser redesenhado.
- Um impacto ambiental notável é causado pela distribuição da cerveja. Os paletes multi-pack devem ser projetados de modo que garrafas vazias retornadas possam ser colocadas para voltar para a cervejaria. Para o caminhão de distribuição de produtos, as rotas de condução poderiam ser verificadas mais uma vez para encontrar possibilidades para otimização.
- Uma das principais matérias-primas para a produção de cerveja (cevada) é comprada da Europa Central e, conseqüentemente, os efeitos deste transporte de longa distância é notável. Uma busca de possíveis alternativas locais deve ser realizada para reduzir o efeito ambiental (TALVE, 2001).

Encontrar maneiras de diminuir a geração de resíduos e economizar eletricidade na cervejaria vai proporcionar benefícios na parte ambiental e econômica (TALVE, 2001, p. 298).

O processo de fermentação é intensivo em energia, especialmente na cervejaria, onde a mistura e a fervura do mosto são os principais produtos do processo de com alto consumo de combustível (OLAJIRE, 2012). Outro ponto importante é a capacidade de proteger os ecossistemas naturais de poluídos águas residuais. Para tal, uma estação de tratamento de águas residuais que maximiza a eficiência de remoção e minimiza o investimento e custos de operação é um fator chave (OLAJIRE, 2012).

Os impactos gerados pelas indústrias cervejeiras podem ser medidos em escala de alcance. De uma perspectiva global, o impacto ambiental é principalmente relacionado ao consumo de energia gerada pelas cervejarias de combustíveis fósseis, como gás natural, petróleo e carvão. Nesta relação enfatiza-se que não apenas o consumo real de energia (em MJ) é considerado, mas também os efeitos ambientais de compostos no combustível e os resíduos de combustão, como a emissão de CO₂, SO₂ e NO_x nos gases de combustão (OLAJIRE, 2012). De uma perspectiva regional, três temas preocupantes são identificados, isto é, o consumo de água, águas residuais e resíduos sólidos. O consumo real de água em uma cervejaria pode ter um impacto sobre a exploração das fontes de água disponíveis. Superexploração dos recursos hídricos pode ter efeitos como a deterioração dos receptores de água e a qualidade da própria água (OLAJIRE, 2012). Além disso, manipulação de óleo combustível, outros produtos petrolíferos, produtos químicos e lubrificantes podem constituir um risco para poluição das águas superficiais e subterrâneas. Do ponto de vista local, são identificados três sujeitos de perturbação: isto é, ruído, odor e poeira (OLAJIRE, 2012).

Embora as indústrias de alimentos sejam tratadas como indústrias de energia não intensiva (MULLER et al., 2007), na indústria cervejeira os custos de energia podem representar até 8% dos custos totais de produção (STURM et al., 2013; PETTIGREW et al., 2015).

Especificamente, os processos de ebulição e valor de ebulição são grandes consumidores de energia térmica (OLAJIRE, 2012). O consumo específico de energia nas cervejarias depende do desenho do processo e o tipo e estado dos sistemas de utilidade (FAKOYA; VAN DER POLL, 2013).

Sturm et al. (2013) indica a capacidade de produção, tipo de cerveja, tipo de fabricação de cerveja e tipo de embalagem como circunstâncias individuais importantes no consumo de energia pelas cervejarias.

Kubule et al (2016) numa pesquisa em uma pequena cervejaria identificaram que, os principais fatores ligados à questão energética da indústria são: a atitude da gerência em relação à eficiência energética e falta de capacidade financeira. A baixa importância dada à eficiência energética em relação outras prioridades (principalmente a eficiência de recursos e matérias-primas) assim como a falta de recursos humanos dificulta a implementação de medidas adicionais (KUBULE et al, 2016).

Os resultados do estudo de MATA e COSTA (2001) podem assumir a forma de conclusões e recomendações aos tomadores de decisão:

- Nas áreas de embalagem de cervejarias, os processos de envase, lavagem de caixas, pasteurização, enxague e limpeza de equipamentos, limpeza de pisos, lubrificação com sabão de correias transportadoras, bombas de vácuo para enchimento e lavagem de enchimentos, consumo de grandes quantidades de água e energia.
- As águas residuais da cervejaria são tratadas biologicamente em ambos os processos anaeróbico e aeróbico. O processo anaeróbico gera grandes quantidades de lodo que precisam ser desidratados. Esse lodo pode ser usado na agricultura, dependendo em alguns fatores, como as características do solo.
- Grandes quantidades de resíduos sólidos são geradas na embalagem e operações de uma cervejaria e consistem em papel, plásticos e metais a partir de materiais de embalagem, etc (MATA; COSTA, 2001).

Considerando 50% de reutilização, ou seja, o mesmo número de garrafas retornáveis e não retornáveis, a contribuição de garrafas retornáveis para o aquecimento global, acidificação, a toxicidade humana, o consumo de energia e matéria-prima são menores do que os das garrafas não retornáveis após a segunda reutilização. A contribuição de garrafas retornáveis para eutrofização, esgotamento de

ozônio, resíduos sólidos, água e consumo de material auxiliar é maior mesmo após várias reutilizações (MATA; COSTA, 2001, p. 318).

4.8 APLICAÇÃO DE ACV AO SETOR CERVEJEIRO: UM PONTO DE VISTA PRÁTICO

As questões ambientais das indústrias da cerveja têm sido moderadamente exploradas há algum tempo, no entanto, as avaliações ambientais da produção de cerveja tem aparecido apenas nos últimos anos.

Diversos estudos foram publicados, principalmente a partir de 2007. A localização geográfica dos estudos é o primeiro aspecto a ser destacado: a maior parte dos estudos concentraram-se nos sistemas de produção europeus, o restante dos estudos avaliaram sistemas de outras partes do mundo.

Isto não é surpreendente visto que, os países europeus, além de terem uma preocupação maior com aspectos ambientais e legislação diversa são grandes produtores e consumidores de cerveja. Além disso, a pesquisa científica está num estágio mais avançado nesses países.

Como a fase agrícola é um dos passos mais impactantes, assim como a embalagem, o que explica o fato de boa parte dos artigos revisados tratarem destas etapas.

No geral, os estudos centraram-se em diferentes aspectos, como a fase de embalagem da cerveja ou o tratamento de resíduos orgânicos.

Os principais resultados dos trabalhos que consideram todas as fases do ciclo de vida são relatados em termos da categoria de impacto ambiental. Em particular, quatro categorias de impacto ambiental foram mais comumente avaliadas: Aspectos Relacionados à Pegada de Carbono na Indústria Cervejeira, Aspectos Ambientais no Cultivo da Cevada, Aspectos Gerais sobre a Gestão de Efluentes e Resíduos, Aspectos Ambientais sobre a Embalagem e Gestão dos Impactos Ambientais nas Cervejarias.

Nesta fase de definição de objetivos e escopo, a unidade funcional e os limites dos sistemas são definidos e quaisquer suposições são discutidas. A escolha da unidade funcional muda dependendo do objetivo específico da revisão. A unidade funcional mais usada é uma unidade de volume de cerveja produzida. Outro aspecto importante desta fase da ACV são as definições dos limites do sistema.

A análise de inventário é a fase de ACV que afeta principalmente o nível de qualidade de um estudo. O grande desafio desta etapa está em lidar com o problema da falta de disponibilidade de dados e a qualidade dos mesmos. Os dados do inventário

principal são coletados por meio de bancos de dados e/ou softwares específicos como o Gabi® e o Ecoinvent® e, através de medição direta e documentos específicos.

Quanto a outros campos, mesmo para a aplicação da ACV ao setor cervejeiro, os executores têm dificuldades em encontrar dados primários de boa qualidade.

As causas deste problema podem ser, entre outras: Os produtores de cerveja ignoram frequentemente as consequências ambientais da sua atividade e, portanto, eles têm uma falta de informações úteis do ponto de vista ambiental (PASQUALINO; MENESES; CASTELLS, 2010).

Na terceira fase da ACV, os impactos ambientais são calculados a partir dos resultados da análise de inventário.

A pegada de carbono (FC), que é a categoria de impacto relacionada às mudanças climáticas, está relacionada às emissões de gases de efeito estufa ao ar e pode resultar em efeitos adversos sobre a saúde do ecossistema, saúde humana e bem-estar material (CIMINI; MORESI, 2016).

Interpretação dos resultados é a última fase de um estudo de ACV. Também deve incluir a análise, bem como uma discussão sobre a robustez e integridade dos resultados e as limitações do estudo.

5 LIMITAÇÕES DO ESTUDO

Esta pesquisa, a exemplo de outras, é passível de limitações metodológicas, uma vez que alguns aspectos do objeto de estudo não puderam ser contemplados pelos motivos a seguir expostos. O presente estudo fez uma revisão da produção científica sobre a aplicação do ciclo de vida do produto no setor cervejeiro, contudo, a referida revisão foi feita com base nas publicações obtidas em determinadas bases de publicações periódicas. Existem outras fontes científicas que podem conter material relacionado a esta pesquisa, no entanto em observação ao cronograma planejado se faz necessário e o foco dado na pesquisa, a delimitação se fez necessária.

6 CONCLUSÕES

As hipóteses 1 e 2 deste estudo foram refutadas. Como podemos observar nos estudos analisados, as discussões sobre fatores externos ao setor cervejeiro, como demandas de mercados, solicitações regulatórias, remodelação da tecnologia industrial, assim como preocupação por parte do setor gerencial, a oferta de recursos humanos ou a estratégia ambiental como forma de impulsionar o setor cervejeiro, não foram discutidos nos estudos apresentados. Não foi possível verificar se estes fatores impulsionam a adoção da ACV no setor, desta forma, sugerimos que futuros estudos

procurem verificar estes elementos, visto a importância deles para impulsionar o uso da ACV.

O tema ACV e seus aspectos no setor cervejeiro ainda possuem um longo campo de investigações científicas em aberto. Notamos que estudos em cervejarias artesanais são escassos. Além disso, estudos em diferentes países de diferentes continentes também são poucos. Assim, sugere-se a realização de estudos em países que não sejam do eixo Europa-EUA, visto que, nos mais diversos continentes, especialmente na América Latina, o consumo de cerveja é elevado. Também cabe destacar que, na produção de cerveja na América Latina, há o uso extensivo de cereais não-maltados, o que sugere especificidades do impacto produtivo nas cervejas produzidas em países como o Brasil.

Este estudo apresentou uma revisão da literatura científica sobre a aplicação da ACV no setor cervejeiro, no intuito de destacar os resultados mais relevantes obtidos até o momento nos estudos sobre a gestão ambiental neste setor. A partir da pesquisa feita, podemos discorrer e destacar os principais pontos críticos dos impactos ambientais para a produção de cervejas. O estudo foi conduzido sob a perspectiva da aplicação da ACV, uma ferramenta importante em sistemas de produção sustentáveis, onde podemos apontar os pontos fortes e fracos dos procedimentos adotados com o uso desta ferramenta. Certamente, a ferramenta (ACV) apresenta-se como um importante instrumento no apoio ao desenvolvimento sustentável e como elemento para a promoção deecoinovações, através do diagnóstico e controle dos impactos ambientais.

Do ponto de vista da análise do processo produtivo, a análise aqui empreendida mostrou que a fase de cultivo da cevada, principalmente devido ao consumo de insumos e, a fase de produção de garrafas, devido à produção de energia são as fases mais impactantes do ponto de vista ambiental, no processo produtivo.

Os valores dos impactos ambientais para a fase de cultivo de cevada têm uma grande variação, decorrente dos tipos de práticas agrícolas adotadas, sejam elas convencionais ou orgânicas. Outros fatores afetam os resultados, como a variedade do lúpulo, as características do solo e as condições climáticas.

Alguns estudos avaliaram os efeitos ambientais de um aumento na taxa de reciclagem do material utilizado para a embalagem de cervejas e a adoção de novos formatos de embalagem.

A partir dos estudos encontrados, podemos notar que, os principais eixos de pesquisa ainda pouco explorados são: a obtenção e criação de bancos de dados para a coleta, avaliação da logística, criação de novos modelos de embalagem e soluções para o aproveitamento de resíduos.

Do ponto de vista metodológico, os principais pontos críticos identificados dizem respeito à escassez de informações e dados para o inventário, necessário para o desenvolvimento da ACV. Cabe aqui destacar que, a norma é generalista, não sendo específica para atender as especificidades do setor cervejeiro, mas de todo modo, é um instrumento importante para a promoção da gestão ambiental alinhada com os objetivos do desenvolvimento sustentável.

REFERÊNCIAS

AMAYA, Alejandro et al. Activated carbon briquettes from biomass materials. **Bioresource Technology**, v. 98, n. 8, p. 1635-1641, 2007. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960852406002872>>. Acesso em: 10 out. 2018.

AMIENYO, D.; AZAPAGIC, A. Life cycle environmental impacts and costs of beer production and consumption in the UK. **The International Journal of Life Cycle Assessment**, v. 21, n. 4, p. 492-509, 2016. Disponível em: <<https://link.springer.com/article/10.1007/s11367-016-1028-6>>. Acesso em: 13 ago. 2018.

APCER. **Guia do Utilizador ISO 14001:2015**, 2016. Disponível em: <https://www.apcergroup.com/portugal/images/site/graphics/guias/apcer_gui_a_iso14001.pdf>. Acesso em: 13 ago. 2018.

BARBIERI, J. C. **Gestão Ambiental empresarial: conceitos, modelos e instrumentos**. 2ª Ed. São Paulo: Saraiva, 2007.

BARTH-HASS. The Barth Report. HOPS 2016/2017. Germain Hansmaennel. 2016. Disponível em: <<http://www.barthhaasgroup.com/images/mediacenter/downloads/pdfs/412/barthbericht20162017en.pdf>>. Acesso em: 13 ago. 2018.

BARTZAS, Georgios; ZAHARAKI, Dimitra; KOMNITSAS, Kostas. Life cycle assessment of open field and greenhouse cultivation of lettuce and barley. **Information Processing in Agriculture**, v. 2, n. 3-4, p. 191-207, 2015. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214317315000463>>. Acesso em: 23 ago. 2018.

BELIN, J.; HORBACH, J.; OLTRA, V.. Determinants and specificities of eco-innovations—an econometric analysis for France and Germany based on the Community Innovation Survey. In: **article présenté au DIME Workshop on «Environmental innovation, industrial dynamics and entrepreneurship»**, Utrecht, The Netherlands. 2009. p. 10-12.

BONVIU, F. The European economy: From a linear to a circular economy. **Romanian J. Eur. Aff.**, v. 14, p. 78, 2014. Disponível em: <http://rjea.ier.ro/sites/rjea.ier.ro/files/articole/RJEA_2014_vol14_no4_art5.pdf>. Acesso em: 13 ago. 2018.

BRASIL. **Decreto nº 2.314**, de 04 de setembro de 1997. Regulamenta a Lei No 8.918, de 14 de julho de 1994, que dispõe sobre a padronização, a classificação, o registro, a inspeção, a produção e a fiscalização de

bebidas. Disponível em: <<http://www.receita.fazenda.gov.br/legislacao/Decretos/Ant2001/Ant1999/Dec231497.htm>>. Acesso em: 12 nov. 2018.

CARRILLO-HERMOSILLA, J.; DEL RÍO, P.; KÖNNÖLÄ, T. Diversity of eco-innovations: Reflections from selected case studies. **Journal of Cleaner Production**, v. 18, n. 10-11, p. 1073-1083, 2010. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652610000612>>. Acesso em: 13 ago. 2018.

CERVBRASIL - Associação Brasileira da Indústria da Cerveja. **Anuário**, 2016. Disponível em: <http://www.cervbrasil.org.br/novo_site/anuario/>. Acesso em: 13 ago. 2018.

CHERTOW, M. R. Industrial symbiosis: a multi-firm approach to sustainability. In: **Eighth International Conference of the Greening of Industry Network**. 1999.

CIMINI, Alessio; MORESI, Mauro. Carbon footprint of a pale lager packed in different formats: assessment and sensitivity analysis based on transparent data. **Journal of Cleaner Production**, v. 112, p. 4196-4213, 2016. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652615007933>>. Acesso em: 23 ago. 2018.

CIMINI, Alessio; MORESI, Mauro. Effect of Brewery Size on the Main Process Parameters and Cradle-to-Grave Carbon Footprint of Lager Beer. **Journal of Industrial Ecology**, 2017. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652615007933>>. Acesso em: 23 ago. 2018.

CIMINI, Alessio; MORESI, Mauro. Mitigation measures to minimize the cradle-to-grave beer carbon footprint as related to the brewery size and primary packaging materials. **Journal of Food Engineering**, 2018. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652615007933>>. Acesso em: 23 ago. 2018.

CIRCULAR ECONOMY INNOVATION LAB. **The Circular Economy Framework diagram**, 2018. Disponível em: <<http://circulareconomylab.com/circular-economy-framework/>>. Acesso em: 24 ago. 2018.

COELHO, F. C.; COELHO, E. M.; EGERER, M.. Local food: benefits and failings due to modern agriculture. **Scientia Agricola**, v. 75, n. 1, p. 84-94, 2018. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-90162018000100084>. Acesso em: 13 ago. 2018.

COOK, John et al. Quantifying the consensus on anthropogenic global warming in the scientific literature. **Environmental research letters**, v. 8, n. 2, p. 024024, 2013. Disponível em: <<http://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/8/2/024024>>. Acesso em: 13 ago. 2018.

CORDELLA, M. et al. LCA of an Italian lager beer. **The International Journal of Life Cycle Assessment**, v. 13, n. 2, p. 133, 2008. Disponível em: <<https://link.springer.com/article/10.1065/lca2007.02.306>>. Acesso em: 13 ago. 2018.

COSTANTINI, V. et al. Eco-innovation, sustainable supply chains and environmental performance in European industries. **Journal of cleaner production**, v. 155, p. 141-154, 2017. Disponível em: <

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652616313798>>. Acesso em: 13 ago. 2018.

CRONIN, P.; RYAN, F.; COUGHLAN, M. Undertaking a literature review: a step-by-step approach. **British Journal of Nursing**, v. 17, n.1, 38-43, 2008. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18399395>>. Acesso em: 13 ago. 2018.

DE MARCHI, Valentina. Environmental innovation and R&D cooperation: Empirical evidence from Spanish manufacturing firms. **Research Policy**, v. 41, n. 3, p. 614-623, 2012. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0048733311001879>>. Acesso em: 13 ago. 2018.

DEL RÍO, P.; PEÑASCO, C.; ROMERO-JORDÁN, D. Distinctive features of environmental innovators: an econometric analysis. **Business strategy and the environment**, v. 24, n. 6, p. 361-385, 2015. Disponível em: <<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/bse.1822>>. Acesso em: 13 ago. 2018.

DETZEL, Andreas; MÖNCKERT, Jonas. Environmental evaluation of aluminium cans for beverages in the German context. **The International Journal of Life Cycle Assessment**, v. 14, n. 1, p. 70-79, 2009. Disponível em: <<https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs11367-008-0057-1>>. Acesso em: 23 ago. 2018.

DÍAZ-GARCÍA, C.; GONZÁLEZ-MORENO, Á.; SÁEZ-MARTÍNEZ, F. J. Eco-innovation: insights from a literature review. **Innovation**, v. 17, n. 1, p. 6-23, 2015. Disponível em: <<https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/14479338.2015.1011060?tab=permissions&scroll=top>>. Acesso em: 13 ago. 2018.

DÍAZ-LÓPEZ, F. J.. A tailored method for eco innovation strategies and drivers (in the South). In: **DIME international Conference "Innovation, sustainability and policy"**. 2008. p. 11-13.

DIJKMAN, Teunis J. et al. Environmental impacts of barley cultivation under current and future climatic conditions. **Journal of cleaner production**, v. 140, p. 644-653, 2017. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652616306333>>. Acesso em: 23 ago. 2018.

DOLTRA, Jordi; LÆGDSMAND, Mette; OLESEN, Jørgen E. Impacts of projected climate change on productivity and nitrogen leaching of crop rotations in arable and pig farming systems in Denmark. **The Journal of Agricultural Science**, v. 152, n. 1, p. 75-92, 2014.

FAKOYA, Michael Bamidele; VAN DER POLL, Huibrecht Margaretha. Integrating ERP and MFCA systems for improved waste-reduction decisions in a brewery in South Africa. **Journal of Cleaner Production**, v. 40, p. 136-140, 2013. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652612004787>>. Acesso em: 23 ago. 2018.

FAOSTAT, Production of Crops: **Barley**. 2016a. Disponível em: <<http://faostat3.fao.org/>>. Acesso em: 23 ago. 2018.

FAOSTAT. **Food and Agricultural Commodities Production**: Barley. 2016b. http://faostat3.fao.org/browse/rankings/countries_by_commodity/E>. Acesso em: 23 ago. 2018.

FAPESP. **Inovações cervejeiras**, 2017. Disponível em: <<http://revistapesquisa.fapesp.br/2017/01/09/inovacoes-cervejeiras/>>. Acesso em: 24 ago. 2018.

FERREIRA, IMPLVO et al. Brewer's *Saccharomyces* yeast biomass: characteristics and potential applications. **Trends in food science & technology**, v. 21, n. 2, p. 77-84, 2010. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0924224409002702>>. Acesso em: 10 out. 2018.

FIESP - FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. **ISO 14001:2015 - saiba o que muda na nova versão da norma**. (documento informativo) São Paulo: FIESP (Departamento de Meio Ambiente), 2015. 17p. Disponível em: <<http://www.ciesp.com.br/wp-content/uploads/2015/09/dma-iso-14001-2015-v4.pdf>>. Acesso em 10/05/2017>. Acesso em: 23 set. 2018.

FLICK, U. **Métodos de Pesquisa**: introdução à pesquisa qualitativa. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009.

FOLEY, Jonathan A. et al. Solutions for a cultivated planet. **Nature**, v. 478, n. 7369, p. 337, 2011. Disponível em: <<https://www.nature.com/articles/nature10452>>. Acesso em: 23 ago. 2018.

FRONDEL, M.; HORBACH, Jens; RENNINGS, Klaus. End-of-pipe or cleaner production? An empirical comparison of environmental innovation decisions across OECD countries. **Business strategy and the environment**, v. 16, n. 8, p. 571-584, 2007. Disponível em: < <http://www.oecd.org/greengrowth/consumption-innovation/35120540.pdf>>. Acesso em: 13 ago. 2018.

FUSSLER, C. **Driving eco-innovation: a breakthrough discipline for innovation and sustainability**. Financial Times Management, 1996.

GEISSDOERFER, M. et al. The Circular Economy—A new sustainability paradigm?. **Journal of Cleaner Production**, v. 143, p. 757-768, 2017. Disponível em: <<https://www.repository.cam.ac.uk/handle/1810/261957>>. Acesso em: 13 ago. 2018.

GEUEKE, B.; GROH, K.; MUNCKE, J. Food packaging in the circular economy: Overview of chemical safety aspects for commonly used materials. **Journal of Cleaner Production**, 2018. Disponível em: < <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652618313325> >. Acesso em: 13 ago. 2018.

GONÇALVES, Gilberto da C. et al. Utilization of brewery residues to produces granular activated carbon and bio-oil. **Journal of Cleaner Production**, v. 168, p. 908-916, 2017. Disponível em: < <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652617320796>>. Acesso em: 23 ago. 2018.

GONZÁLEZ-GARCÍA, Sara; MORALES, Pablo Comendador; GULLÓN, Beatriz. Estimating the environmental impacts of a brewery waste-based biorefinery: Bio-ethanol and xylooligosaccharides joint production case study. **Industrial Crops and Products**,

v. 123, p. 331-340, 2018. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0926669018306034>>. Acesso em: 23 ago. 2018.

GONZÁLEZ-GARCÍA, Sara et al. Environmental performance of sorghum, barley and oat silage production for livestock feed using life cycle assessment. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 111, p. 28-41, 2016. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0921344916300751>>. Acesso em: 23 ago. 2018.

GREENHALGH T. Papers that summarise other papers (systematic review and metaanalyses). **BMJ**, v. 13, n. 315, p. 672-675, sep. 1997. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/9310574>>. Acesso em: 13 ago. 2018.

HANSEN, Ole Jørgen et al. The environmental effectiveness of the beverage sector in Norway in a factor 10 perspective. **The International Journal of Life Cycle Assessment**, v. 12, n. 4, p. 257, 2007. Disponível em: <<https://link.springer.com/article/10.1065/lca2007.05.329>>. Acesso em: 23 ago. 2018.

HE, F. et al. Contemporary corporate eco-innovation research: A systematic review. **Journal of Cleaner Production**, v. 174, p. 502-526, 2018. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652617326215>>. Acesso em: 13 ago. 2018.

IBICT. **O que é Avaliação do Ciclo de Vida**. 2017. Disponível em: <http://acv.ibict.br/acv/o-que-e-o-acv/>>. Acesso em: 03 out. 2017.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (ISO 14001). **Sistemas de Gestão Ambiental – Requisitos com Orientações para Uso**. 2015.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (ISO 14040). **Environmental Management - Life Cycle Assessment - Principles and Framework: International Standard 14040**. International Organization for Standardization: Geneva, Switzerland, 2006a.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (ISO 14044). **Environmental Management - Life Cycle Assessment - Requirements and Guidelines**. International Organization for Standardization: Geneva, Switzerland, 2006b.

JAMES, P. The sustainability cycle: a new tool for product development and design. **The Journal of Sustainable Product Design**, p. 52-57, 1997. Disponível em: <<http://infohouse.p2ric.org/ref/39/38549.pdf>>. Acesso em: 13 ago. 2018.

JAWAHIR, I. S.; BRADLEY, R. Technological elements of circular economy and the principles of 6R-based closed-loop material flow in sustainable manufacturing. **Procedia Cirp**, v. 40, p. 103-108, 2016. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212827116000822>>. Acesso em: 13 ago. 2018.

JEPPESEN, Erik et al. Climate change effects on nitrogen loading from cultivated catchments in Europe: implications for nitrogen retention, ecological state of lakes and adaptation. **Hydrobiologia**, v. 663, n. 1, p. 1-21, 2011. Disponível em: <

<https://link.springer.com/article/10.1007/s10750-010-0547-6>>. Acesso em: 13 ago. 2018.

JONES, Huw et al. Evolutionary history of barley cultivation in Europe revealed by genetic analysis of extant landraces. **BMC evolutionary biology**, v. 11, n. 1, p. 320, 2011. Disponível em: < <https://bmcevolbiol.biomedcentral.com/articles/10.1186/1471-2148-11-320>>. Acesso em: 13 ago. 2018

KALMYKOVA, Y.; ROSADO, L.; PATRÍCIO, J. Resource consumption drivers and pathways to reduction: economy, policy and lifestyle impact on material flows at the national and urban scale. **Journal of Cleaner Production**, v. 132, p. 70-80, 2016. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652615001407>>. Acesso em: 13 ago. 2018.

KAMMERER, D. The effects of customer benefit and regulation on environmental product innovation.: Empirical evidence from appliance manufacturers in Germany. **Ecological Economics**, v. 68, n. 8-9, p. 2285-2295, 2009. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0921800909000755>>. Acesso em: 13 ago. 2018.

KANAGACHANDRAN, K.; JAYARATNE, R. Utilization potential of brewery waste water sludge as an organic fertilizer. **Journal of the Institute of Brewing**, v. 112, n. 2, p. 92-96, 2006. Disponível em: < <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/j.2050-0416.2006.tb00236.x> >. Acesso em: 13 ago. 2018.

KEMP, R; PEARSON, P. Final report MEI project about measuring eco-innovation. **UM Merit, Maastricht**, v. 10, 2007. Disponível em: < <https://www.oecd.org/env/consumption-innovation/43960830.pdf>>. Acesso em: 13 ago. 2018.

KESIDOU, E.; DEMIREL, P. On the drivers of eco-innovations: Empirical evidence from the UK. **Research Policy**, v. 41, n. 5, p. 862-870, 2012. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048733312000194>>. Acesso em: 13 ago. 2018.

KIRCHHERR, J. et al. Barriers to the Circular Economy: Evidence From the European Union (EU). **Ecological Economics**, v. 150, p. 264-272, 2018. Disponível em: < <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0921800917317573>>. Acesso em: 13 ago. 2018.

KIRCHHERR, J.; REIKE, D.; HEKKERT, M. Conceptualizing the circular economy: An analysis of 114 definitions. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 127, p. 221-232, 2017. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0921344917302835>>. Acesso em: 13 ago. 2018.

KORHONEN, J.; HONKASALO, A.; SEPPÄLÄ, J. Circular economy: the concept and its limitations. **Ecological economics**, v. 143, p. 37-46, 2018. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0921800916300325>>. Acesso em: 13 ago. 2018.

KORONEOS, C. et al. Life cycle assessment of beer production in Greece. **Journal of Cleaner Production**, v. 13, n. 4, p. 433-439, 2005. Disponível em: <

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652603001628>>. Acesso em: 23 ago. 2018.

KROZER, Joram; VIS, J. C. How to get LCA in the right direction?. **Journal of cleaner production**, v. 6, n. 1, p. 53-61, 1998. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652697000516>>. Acesso em: 23 ago. 2018.

KUBULE, Anna et al. Highlights on energy efficiency improvements: a case of a small brewery. **Journal of cleaner production**, v. 138, p. 275-286, 2016. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652616300440>>. Acesso em: 23 ago. 2018.

LARSEN, Søren Ugilt; BRUUN, Sander; LINDEDAM, Jane. Straw yield and saccharification potential for ethanol in cereal species and wheat cultivars. **biomass and bioenergy**, v. 45, p. 239-250, 2012. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0961953412002486>>. Acesso em: 12 nov. 2018.

LIEDER, M.; RASHID, A. Towards circular economy implementation: a comprehensive review in context of manufacturing industry. **Journal of Cleaner Production**, v. 115, p. 36-51, 2016. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652615018661>>. Acesso em: 13 ago. 2018.

MARCUSSO, E. F.; MULLER, C. V. **A Cerveja no Brasil: O ministério da agricultura informando e esclarecendo**, 2016. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/assuntos/inspecao/produtos-vegetal/pasta-publicacoes-DIPOV/a-cerveja-no-brasil-28-08.pdf>>. Acesso em: 24 de ago 2018.

MARSH, K.; BUGUSU, Betty. Food packaging—roles, materials, and environmental issues. **Journal of food science**, v. 72, n. 3, p. R39-R55, 2007. Disponível em: <<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1750-3841.2007.00301.x>>. Acesso em: 13 ago. 2018.

MATA, T. M.; COSTA, C. A. V. Life cycle assessment of different reuse percentages for glass beer bottles. **The International Journal of Life Cycle Assessment**, v. 6, n. 5, p. 307-319, 2001. Disponível em: <<https://link.springer.com/article/10.1007/BF02978793>>. Acesso em: 13 ago. 2018.

MATHIAS, T. R. S.; DE MELLO, P. P. M.; SÉRVULO, E. F. C. Solid wastes in brewing process: a review. **J Brew Distilling**. v. 5.p. 1–9, 2014. Disponível em: <http://www.academicjournals.org/app/webroot/article/article1405623821_Mathias%20et%20al.pdf>. Acesso em: 10 out. 2018.

MATTILA, T. et al. Uncertainty in environmentally conscious decision making: beer or wine?. **The International Journal of Life Cycle Assessment**, v. 17, n. 6, p. 696-705, 2012. Disponível em: <<https://link.springer.com/article/10.1007/s11367-012-0413-z>>. Acesso em: 13 ago. 2018.

MATTILA, T.; HELIN, T.; ANTIKAINEN, R. Land use indicators in life cycle assessment. **The International Journal of Life Cycle Assessment**, v. 17, n. 3, p. 277-286, 2012. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652605002180>>. Acesso em: 13 ago. 2018.

MIHASHI, N. Zero Emissions and Japanese Economy. **Iwanami-Shinsho, Tokyo, Japan**, 1998.

MONTALVO, C. General wisdom concerning the factors affecting the adoption of cleaner technologies: a survey 1990–2007. **Journal of Cleaner Production**, v. 16, n. 1, p. S7-S13, 2008. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652607002028>>. Acesso em: 13 ago. 2018.

MOTTA, W. H. **Ciclo de vida do produto e a geração deecoinovações**: desafios para o Brasil. Orientadora: Dra. Liz-Rejane Issberner, Co-orientadora: Patricia Andréa do Prado Rios, 2016. 218f, Tese (Doutorado em Ciência da Informação) – Escola de Comunicação, Universidade Federal do Rio de Janeiro, PPGCI/IBICT Informação em Ciência e Tecnologia, Rio de Janeiro, 2016.

MÜLLER-SIMON, H. Comment on: Bottled drinking water:Water contamination from bottle materials (glass, hard PET, soft PET), the influence of colour and acidification'by C. Reimann, M. Birke, P. Filzmoser. **Applied Geochemistry**, v. 25,n. 09, p. 1461-1463, 2010. Disponível em: < <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/20103194823> >. Acesso em: 13 ago. 2018.

MURRAY, A.; SKENE, Keith; HAYNES, Kathryn. The circular economy: An interdisciplinary exploration of the concept and application in a global context. **Journal of Business Ethics**, v. 140, n. 3, p. 369-380, 2017. Disponível em: <<https://link.springer.com/article/10.1007/s10551-015-2693-2>>. Acesso em: 13 ago. 2018.

MUSSATTO, Solange I. Brewer's spent grain: a valuable feedstock for industrial applications. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 94, n. 7, p. 1264-1275, 2014. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24254316>>. Acesso em: 12 nov. 2018.

MUYEN, Zahida; MOORE, Graham A.; WRIGLEY, Roger J. Soil salinity and sodicity effects of wastewater irrigation in South East Australia. **Agricultural Water Management**, v. 99, n. 1, p. 33-41, 2011. Disponível em: < <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378377411001880>>. Acesso em: 23 ago. 2018.

NIERO, Monia et al. Combining eco-efficiency and eco-effectiveness for continuous loop beverage packaging systems: Lessons from the Carlsberg circular community. **Journal of Industrial Ecology**, v. 21, n. 3, p. 742-753, 2017. Disponível em: < <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/jiec.12554>>. Acesso em: 23 ago. 2018.

NIERO, Monia et al. Eco-efficient production of spring barley in a changed climate: A Life Cycle Assessment including primary data from future climate scenarios. **Agricultural Systems**, v. 136, p. 46-60, 2015. Disponível em: < <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308521X15000232>>. Acesso em: 23 ago. 2018.

NORBERG-BOHM, V. Technology commercialization and environmental regulation: Lessons from the US energy sector. In: **Innovation-Oriented Environmental Regulation**. Physica, Heidelberg, 2000. p. 193-219.

NOTARNICOLA, Bruno et al. Environmental impacts of food consumption in Europe. **Journal of cleaner production**, v. 140, p. 753-765, 2017. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652616307570>>. Acesso em: 23 ago. 2018.

NOTARNICOLA, Bruno et al. The role of life cycle assessment in supporting sustainable agri-food systems: A review of the challenges. **Journal of Cleaner Production**, v. 140, p. 399-409, 2017. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S095965261630748X>>. Acesso em: 23 ago. 2018.

OECD. Eco-Innovation in Industry: Enabling Green Growth. Paris, OECD, 2010. Disponível em: <<http://www.oecd.org/sti/ind/eco-innovationinindustryenablinggreengrowth.htm>>. Acesso em: 13 ago. 2018.

OLAJIRE, Abass A. The brewing industry and environmental challenges. **Journal of Cleaner Production**, 2012. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652612001369>>. Acesso em: 23 ago. 2018.

ORMAZABAL, M et al. Circular Economy in Spanish SMEs: Challenges and opportunities. **Journal of Cleaner Production**, v. 185, p. 157-167, 2018. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652618306826>>. Acesso em: 13 ago. 2018.

PACHECO, D. A. J. et al. Eco-innovation determinants in manufacturing SMEs: Systematic review and research directions. **Journal of cleaner production**, v. 142, p. 2277-2287, 2017. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S095965261631887X>>. Acesso em: 13 ago. 2018.

PACHIEGA, Renan et al. Hydrogen bioproduction with anaerobic bacteria consortium from brewery wastewater. **International Journal of Hydrogen Energy**, 2018. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360319918305743>>. Acesso em: 23 ago. 2018.

PANJIČKO, Mario et al. Biogas production from brewery spent grain as a mono-substrate in a two-stage process composed of solid-state anaerobic digestion and granular biomass reactors. **Journal of cleaner production**, v. 166, p. 519-529, 2017. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652617316529>>. Acesso em: 23 ago. 2018.

PASCARI, Xenia et al. Mycotoxins and beer. Impact of beer production process on mycotoxin contamination. A review. **Food Research International**, 2018. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0963996917303642>>. Acesso em: 12 nov. 2018.

PASQUALINO, Jorgelina; MENESES, Montse; CASTELLS, Francesc. The carbon footprint and energy consumption of beverage packaging selection and disposal. **Journal of food Engineering**, v. 103, n. 4, p. 357-365, 2011. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652615007933>>. Acesso em: 23 ago. 2018.

PETTIGREW, Liam et al. Optimisation of water usage in a brewery clean-in-place system using reference nets. **Journal of Cleaner Production**, v. 87, p. 583-593, 2015. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652614011159>>. Acesso em: 23 ago. 2018.

PORTER, M. E. **Competição – on competition: estratégias competitivas essenciais**. Rio de Janeiro: Campus, 1999.

POWER, Sean D.; JONES, Clifford LW. Anaerobically digested brewery effluent as a medium for hydroponic crop production—The influence of algal ponds and pH. **Journal of cleaner production**, v. 139, p. 167-174, 2016. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652616310952>>. Acesso em: 23 ago. 2018.

PRIETO-SANDOVAL, V.; JACA, C; ORMAZABAL, M. Towards a consensus on the circular economy. **Journal of Cleaner Production**, v. 179, p. 605-615, 2018. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652617332146>>. Acesso em: 13 ago. 2018.

PUPLAMPU, Emmanuel; SIEBEL, Maarten. Minimisation of water use in a Ghanaian brewery: effects of personnel practices. **Journal of Cleaner Production**, v. 13, n. 12, p. 1139-1143, 2005. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S095965260400160X>>. Acesso em: 23 ago. 2018.

R3 CONSULTING GROUP, I., MORAWSKI, C. **Evaluating end-of-life beverage container management systems for California**, 2009. Disponível em: <<http://www.bottlebill.org/assets/pdfs/pubs/2009-BeverageSystemsCalifornia.pdf>>. Acesso em: 13 ago. 2018.

RAVE, T.; GOETZKE, F.; LARCH, M. **The determinants of environmental innovations and patenting: Germany reconsidered**. Ifo Working Paper, 2011. Disponível em: <https://ideas.repec.org/p/ces/ifowps/_97.html>. Acesso em: 13 ago. 2018.

RENNINGS, K. Redefining innovation—eco-innovation research and the contribution from ecological economics. **Ecological economics**, v. 32, n. 2, p. 319-332, 2000. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0921800999001123>>. Acesso em: 13 ago. 2018.

RIBERA, Teresa et al. **Pathways to deep decarbonization-2015 report**. 2015. Disponível em: <<https://www.iddri.org/en/publications-and-events/report/pathways-deep-decarbonization-2015-synthesis-report>>. Acesso em: 12 nov. 2018.

RIVERA, Ximena C. Schmidt et al. The influence of fertiliser and pesticide emissions model on life cycle assessment of agricultural products: The case of Danish and Italian barley. **Science of the Total Environment**, v. 592, p. 745-757, 2017. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S004896971632650X>>. Acesso em: 23 ago. 2018.

SANTOS, I. E. dos. **Manual de métodos e técnicas de pesquisa científica**. 11. ed. rev. atual. Niterói: Impetus, 2015.

SARKAR, A. N. Promoting eco-innovations to leverage sustainable development of eco-industry and green growth. **European Journal of Sustainable Development**, v. 2, n. 1, p. 171-224, 2013. Disponível em: <<https://ecsdev.org/ojs/index.php/ejsd/article/view/48>>. Acesso em: 13 ago. 2018.

SCHALTEGGER, Stefan; VIERE, Tobias; ZVEZDOV, Dimitar. Tapping environmental accounting potentials of beer brewing: Information needs for successful cleaner production. **Journal of Cleaner Production**, v. 29, p. 1-10, 2012. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652612000856>>. Acesso em: 23 ago. 2018.

SCHIEDERIG, T.; TIETZE, F.; HERSTATT, C.. Green innovation in technology and innovation management—an exploratory literature review. **R&d Management**, v. 42, n. 2, p. 180-192, 2012. Disponível em: <<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1111/j.1467-9310.2011.00672.x>>. Acesso em: 13 ago. 2018.

SENTHILRAJA, K.; JOTHIMANI, P.; RAJANNAN, G. Effect of brewery wastewater on growth and physiological changes in maize, sunflower and sesame crops. **Int J Life Sci Educ Res**, v. 1, n. 1, p. 36-42, 2013. Disponível em: <<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.404.382&rep=rep1&type=pdf>>. Acesso em: 23 ago. 2018.

STECHEMESSER, K.; GUENTHER, E.. Carbon accounting: a systematic literature review. **Journal of Cleaner Production**, v. 36, p. 17-38, 2012. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652612000972>>. Acesso em: 13 ago. 2018.

STURM, Barbara et al. Opportunities and barriers for efficient energy use in a medium-sized brewery. **Applied Thermal Engineering**, v. 53, n. 2, p. 397-404, 2013. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1359431112003560>>. Acesso em: 12 nov. 2018.

SEURING, Stefan; GOLD, Stefan. Conducting content-analysis based literature reviews in supply chain management. **Supply Chain Management: An International Journal**, v. 17, n. 5, p. 544-555, 2012. Disponível em: <<https://www.emeraldinsight.com/doi/abs/10.1108/13598541211258609?journalCode=scm>>. Acesso em: 12 nov. 2018.

SILVA, Robson Willians da C.; DE PAULA, B. L. Causa do aquecimento global: antropogênica versus natural. **Terrae Didática**, v. 5, n. 1, p. 42-49, 2009.

TALVE, S. Life cycle assessment of a basic lager beer. **The International Journal of Life Cycle Assessment**, v. 6, n. 5, p. 293-298, 2001. Disponível em: <https://www.fcrrn.org.uk/sites/default/files/LCA_of_a_Basic_Beer.pdf>. Acesso em: 13 ago. 2018.

TALVE, S; RIIPULK, V. An inventory analysis of oil shale energy produced on a small thermal power plant. **Journal of Cleaner Production**, v. 9, n. 3, p. 233-242, 2001. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652600000561>>. Acesso em: 13 ago. 2018.

TAYLOR, Richard P. et al. The potential use of treated brewery effluent as a water and nutrient source in irrigated crop production. **Water Resources and Industry**, v. 19, p. 47-60, 2018. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212371717300975>>. Acesso em: 23 ago. 2018.

TIDÅKER, Pernilla et al. Estimating the environmental footprint of barley with improved nitrogen uptake efficiency—a Swedish scenario study. **European Journal of Agronomy**, v. 80, p. 45-54, 2016. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1161030116301265>>. Acesso em: 23 ago. 2018.

TRANFIELD, D.; DENYER, D.; SMART, P. Towards a methodology for developing evidence-informed management knowledge by means of systematic review. **British journal of management**, v. 14, n. 3, p. 207-222, 2003. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/1467-8551.00375>>. Acesso em: 13 ago. 2018.

TRICASE, Caterina et al. A comparative Life Cycle Assessment between organic and conventional barley cultivation for sustainable agriculture pathways. **Journal of Cleaner Production**, v. 172, p. 3747-3759, 2018. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652617314294>>. Acesso em: 23 ago. 2018.

TRIGUERO, A.; MORENO-MONDÉJAR, L.; DAVIA, M. A. Drivers of different types of eco-innovation in European SMEs. **Ecological economics**, v. 92, p. 25-33, 2013. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0921800907005010>>. Acesso em: 13 ago. 2018.

VAN DER MERWE, A. I.; FRIEND, J. F. C. Water management at a malted barley brewery. **Water SA**, v. 28, n. 3, p. 313-318, 2002. Disponível em: <http://www.wrc.org.za/Knowledge%20Hub%20Documents/Water%20SA%20Journals/Manuscripts/2000/03/WaterSA_2000_03_1494.pdf>. Acesso em: 12 nov. 2018.

VARGAS, Fátima et al. Agricultural residue valorization using a hydrothermal process for second generation bioethanol and oligosaccharides production. **Bioresource technology**, v. 191, p. 263-270, 2015. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960852415006999>>. Acesso em: 12 nov. 2018.

WAGNER, M. Empirical influence of environmental management on innovation: evidence from Europe. **Ecological Economics**, v. 66, n. 2-3, p. 392-402, 2008. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0921800907005010>>. Acesso em: 13 ago. 2018.

WAINWRIGHT, T. Basic brewing science. **Magicprint (Pty) Ltd., South Africa**, 1998.

WALZ, R. Opportunities and specific challenges for eco-innovations. In: **UN conference Promoting Eco-innovation: Policies and Opportunities**. 2011. p. 11-13. Disponível em: <https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/803ECE_CECI_CONF.10_2.pdf>. Acesso em: 13 ago. 2018.

WEBER, Bernd; STADLBAUER, Ernst A. Sustainable paths for managing solid and liquid waste from distilleries and breweries. **Journal of Cleaner Production**, v. 149, p. 38-48, 2017. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652617302688>>. Acesso em: 23 ago. 2018.

WINANS, K.; KENDALL, A.; DENG, H.. The history and current applications of the circular economy concept. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 68, n. 01, p. 825-833, 2017. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032116306323>>. Acesso em: 13 ago. 2018.

WU, H. et al. Effectiveness of the policy of circular economy in China: A DEA-based analysis for the period of 11th five-year-plan. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 83, p. 163-175, 2014. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0921344913002000>>. Acesso em: 13 ago. 2018.

APÊNDICE

Quadro 4 - Sistematização dos Artigos Seleccionados e Analisados

Item	Título	Autores	Ano	Periódico	Objetivos	Método	Resultados
01	<i>Carbon footprint of a pale lager packed in different formats: assessment and sensitivity analysis based on transparent data</i>	CIMINI, Alessio; MORESI, Mauro	2015	<i>Journal of Cleaner Production</i>	Desenvolver uma avaliação do ciclo de vida para estimar a pegada de carbono da produção industrial de 1 hl de cerveja <i>lager</i> em embalagens de diferentes formatos (garrafas de vidro, latas de alumínio, barris de aço inoxidáveis) e unidades de venda (embalagens cartonadas, bandejas ou aglomerados). O segundo objetivo foi realizar uma análise de sensibilidade da pegada de carbono para avaliar a influência de diferentes parâmetros como, origem das matérias-primas e seus métodos de cultivo, GEE, emissões por kWh de energia elétrica gerada por energia fóssil e/ou fontes renováveis, transporte, etc.) mudando um fator de emissão de cada vez e mantendo os	A análise do ciclo de vida foi realizada em conformidade com as Método padronizado PAS 2050 " <i>Carbon Footprint</i> ", cujas etapas são sendo o seguinte: definição de objetivo e escopo, análise de inventário, avaliação de impacto e interpretação dos resultados.	A análise de sensibilidade de um fator por vez revelou duas estratégias promissoras que podem ser aplicadas para reduzir o emissões: a substituição de garrafas de vidro e barris de aço com garrafas de plástico e tambores; e o uso de cevada orgânica cultivados localmente foram, em ordem decrescente, as opções que maior redução na pegada de carbono da da cerveja analisada (pale lager).

					outros em seus valores nominais, a fim de identificar estratégias promissoras para mitigar as emissões de GEE associadas à produção e distribuição da cerveja.		
02	<i>The carbon footprint and energy consumption of beverage packaging selection and disposal</i>	PASQUALINO, Jorgelina; MENESES, Montse; CASTELLS	2010	<i>Journal of Food Engineering</i>	Avaliar o impacto ambiental das embalagens mais comuns de três bebidas: suco, cerveja e água. E avaliar a contribuição das embalagens para o perfil ambiental dentro da perspectiva do ciclo de vida do produto (análise do impacto da produção de bebidas, transporte (local), produção de embalagens e eliminação de embalagens).	Aplicação da Avaliação do Ciclo de Vida de acordo com padrões internacionais (ISO 14040, 2006; ISO 14044, 2006).	Os resultados da avaliação de todo o ciclo de vida mostram que o impacto das embalagens de cerveja é semelhante ao impacto da produção de cerveja e estes são os estágios de maior impacto no ciclo de vida da cerveja.
03	<i>Mitigation measures to minimize the cradle-to-grave beer carbon footprint as related to the brewery size and primary packaging materials</i>	CIMINI, Alessio; MORESI, Mauro	2018	<i>Journal of Food Engineering</i>	Avaliar as potencialidades de uma série de oportunidades de mitigação, a fim de minimizar a pegada de carbono de 10 litros de cerveja produzida em três cervejarias de grande, médio e pequeno porte e embaladas em garrafa de vidro de 660 ml ou garrafas PET através de uma abordagem simples e	Modelo de avaliação do ciclo de vida desenvolvido por (CIMINI; MORESI, 2017).	Ao substituir materiais com vidro 100% reciclado ou garrafas PET, o transporte rodoviário por trilhos, cevada cultivada no exterior, por produção local e orgânica, energia de combustível fóssil por energia solar, etc. a pegada de carbono diminuiu 80 Kg CO ² e hl ⁻¹ no caso de grandes e

					gradual, a partir do modelo de ACV.		médias cervejarias ou em pequenas cervejarias, de forma independente do material de embalagem primária utilizado. A redução de garrafa de vidro por garrafas PET não resultam em redução significativa da pegada de carbono na produção de cerveja, independente do tamanho da cervejaria.
04	<i>Effect of Brewery Size on the Main Process Parameters and Cradle-to-Grave Carbon Footprint of Lager Beer</i>	CIMINI, Alessio; MORESI, Mauro	2017	<i>Journal of Industrial Ecology</i>	O principal objetivo deste estudo foi estimar a pegada de carbono de uma unidade funcional que consiste em 1 hL de cerveja <i>lager</i> produzida e embalada em garrafas de 660 ml.	A pegada de carbono para cerveja foi estimada utilizando o método padrão PAS 2050.	Qualquer que seja o tamanho da cervejaria, a pegada de carbono de cerveja embalada em garrafas PET diminuiu em $2,7 \pm 0,9\%$ em relação à pegada de carbono de cerveja embalada em garrafas de vidro. Entre todas as variáveis independentes que afetam o valor da pegada de carbono da cerveja, a fabricação e transporte de garrafas de vidro exerce carga ambiental chave para cervejarias de grande porte, imediatamente

							seguido pelo cultivo de cevada e sua conversão em malte.
05	<i>Utilization of brewery residues to produces granular activated carbon and bio-oil</i>	GONÇALVES, Gilberto da C. et al.	2017	<i>Journal of Cleaner Production</i>	Investigar a conversão de subprodutos de cervejarias (restos de grãos de cevada e leveduras de cerveja) para bio-óleo e carvão ativado por pirólise e ativação com CO ² usando uma ou duas etapas.	Foi elaborado um módulo experimental usado para realizar pirólise e ativação de grãos de cevada e leveduras de cerveja fornecidos por uma cervejaria.	A reutilização de restos de grãos de cevada e leveduras de cerveja pode fornecer vantagens e benefícios importantes como a geração de produtos de valor agregado (carvão ativado granular e bio-óleo), mais empregos e soluções para problemas de poluição.
06	<i>The potential use of treated brewery effluent as a water and nutrient source in irrigated crop production</i>	TAYLOR, Richard P. et al.	2018	<i>Water Resources and Industry</i>	Determinar a adequação de diferentes tecnologias de efluentes terciários para tornar o efluente de cervejaria adequado para a irrigação de cultivos.	Seis soluções de irrigação foram aplicadas às couves, que incluíram pós-digestão anaeróbica, pós-primário-facultativo-lagoa, pós-alta taxa de algas, pós-efluente de terras úmidas, uma solução nutritiva e água municipal.	O efluente de cervejaria pode ser usado como fonte de água de irrigação para a produção de repolho, por exemplo, pois contém nutrientes suficientes para melhorar o crescimento da cultura.
07	<i>Estimating the environmental impacts of a brewery waste-based</i>	GONZÁLEZ-GARCÍA, Sara; MORALE	2018	<i>Industrial Crops and Products</i>	Desenvolver um sistema de biorrefinaria em larga escala para geração de bioetanol e xiloligossacarídeos (XOS),	Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) foi utilizada para investigar consequências	Os resultados da ACV identificaram dois hotspots ambientais em toda a cadeia da biorrefinaria: produção

	<i>biorefinery: Bio-ethanol and xylooligosaccharides joint production case study</i>	S, Pablo Comendador; GULLÓN, Beatriz			usando os resíduos de uma cervejaria como matéria-prima	ambientais do sistema de biorrefinaria, prestando especial atenção aos balanços de massa e energia cada seção de produção para coletar dados de inventário representativos. O sistema de biorrefinaria foi dividido em cinco áreas: i) acondicionamento e armazenamento, ii) pré-tratamento de auto-hidrólise, iii) purificação de XOS, iv) fermentação e v) bioetanol purificação.	de vapor necessária para atingir a grande temperatura de auto-hidrólise (responsável pelas contribuições superior a 50% em categorias como a acidificação e o potencial de aquecimento global) e a produção de enzimas requerido na sacarificação e fermentação simultâneas (> 95% das contribuições para os solos terrestres e potenciais de ecotoxicidade aquática marinha).
08	<i>Biogas production from brewery spent grain as a mono-substrate in a two-stage process composed of solid-state anaerobic digestion and granular biomass reactors</i>	PANJIČKO, Mario et al	2017	<i>Journal of cleaner production</i>	Estudar a digestão anaeróbica do consumo de grãos como mono-substrato de uma cervejaria.	O estudo do processo foi composto de estágio de hidrólise separado, onde a hidrólise microbiológica e a maioria dos a acidogênese é realizada em uma	O processo de digestão anaeróbica de dois estágios apresentado de digestão anaeróbia em estado sólido e reatores de biomassa granular tem um alto potencial para produção de biogás a partir de lignocelulose e substratos como os

						digestão anaeróbica no estado sólido, enquanto a produção de metano é realizada principalmente o reator de biomassa granular similar do cobertor de lodo anaeróbico de fluxo ascendente.	restos de grãos de cevada.
09	<i>Hydrogen bioproduction with anaerobic bacteria consortium from brewery wastewater</i>	PACHIEG A, Renan et al	2018	<i>International Journal of Hydrogen Energy</i>	Obter um consórcio de bactérias produtoras de hidrogênio anaeróbico usando granulado de águas residuais subtropicais de um UASB (<i>Upflow Anaerobic</i> - Reator de Lodo) reator de tratamento de efluentes de cervejaria; para investigar a geração de hidrogênio com um consórcio de bactérias anaeróbicas em reatores anaeróbicos em batelada alimentados com baixas concentrações de açúcar que são semelhantes as águas residuais encontradas em efluentes agrícolas e; para identificar	Uma cultura mista foi obtida de uma cervejaria de tratamento de lama subtropical reatores residuais e anaeróbicos foram alimentados com glicose, sacarose, frutose e xilose em baixas concentrações (2,0, 5,0 e 10,0 g L ⁻¹) a 37 ° C, pH inicial 5,5 e headspace com N ² (99%) para manter as condições anaeróbicas. O inóculo foi um granulado	As águas residuais de cervejarias de países subtropicais como o Brasil podem ser aplicadas na produção de biohidrogênio usando águas residuais com baixas concentrações de açúcares.

					e caracterizar o consórcio de bactérias anaeróbias responsável pela produção de hidrogênio.	subtropical águas residuais do reator (cobertor de lodo anaeróbico de fluxo ascendente.) tratando águas residuais de cervejarias.	
10	<i>Minimisation of water use in a Ghanaian brewery: effects of personnel practices</i>	PUPLAMP U, Emmanuel ; SIEBEL, Maarten.	2018	<i>Journal of Cleaner Production</i>	Demonstrar os feitos das práticas de pessoal no uso da água em uma cervejaria.	Programa de treinamento para a minimização do uso da água – instrumentos: promoção da consciência da redução de uso de água, questionário para solicitar informações do pessoal sobre oportunidades de redução de uso de água, envolvimento de pessoal na pesquisa e medições.	Uma economia total de 55.340 m ³ anualmente no uso geral de água na cervejaria, bem como uma redução de 13,3% 6,5 hl / hl) no consumo específico de água (hl de água consumida por hl de bebida produzida) foram alcançados.
11	<i>Sustainable paths for managing solid and liquid waste from distilleries</i>	WEBER, Bernd; STADLBA	2017	<i>Journal of Cleaner Production</i>	Investiga o uso de digestão anaeróbica e carbonização hidrotérmica em águas residuais	A avaliação é baseada em uma comparação entre a cervejaria existente,	O <i>layout</i> do reator de carbonização hidrotérmica é baseado em estudos

	<i>and breweries</i>	UER, Ernst A			<p>e os fluxos de resíduos sólidos gerados pela indústria cervejeira e destiladora a serem considerados para implementação em uma cervejaria</p>	<p>que como primeiro passo para uma produção mais sustentável já implementou digestão anaeróbica para o tratamento de fluxos de resíduos líquidos (Estratégia A), com dois tratamentos alternativos para fluxos de resíduos sólidos para promover a recuperação de energia manejo: A digestão anaeróbica estendeu-se aos grãos úmidos, denominados Estratégia B e a proposta de uma nova integração da carbonização hidrotérmica para tratar grãos gastos, denominados Estratégia C.</p>	<p>experimentais, que, ao converter 895 kg h⁻¹ de grãos úmidos, produzem 257 kW de excesso calor disponível para cobrir as demandas de energia no processo de fabricação de cerveja. Exploração de resíduos sólidos por digestão anaeróbica e a carbonização hidrotérmica permite a conversão de energia em sistemas combinados de calor e energia, que podem atender a mais de 40% das demandas de eletricidade e mais 23% das demandas de energia térmica. Além disso, a massa de os sólidos remanescentes são reduzidos para 43% da massa inicial no caso da digestão anaeróbica e 58% no caso do tratamento da carbonização hidrotérmica, que reduz a demanda de energia para desidratar sólidos de forma significativa.</p>
--	----------------------	-----------------	--	--	--	--	---

12	<i>Environmental evaluation of aluminium cans for beverages in the German context</i>	DETZEL, Andreas; MÖNCKE RT, Jonas.	2009	<i>The International Journal of Life Cycle Assessment</i>	Objetivo foi examinar a influência de parâmetros selecionados no perfil LCA de material de recipientes para bebidas gaseificadas.	Aplicação da ACV de acordo com a norma ISO 14040.	Os parâmetros examinados peso do recipiente, taxa de recuperação pós-consumo de recipientes, grau de conteúdo reciclado e qualidade de as rotas de reciclagem, que cada um teve uma influência considerável sobre o perfil de impacto ambiental da lata de alumínio dentro do quadro dado.
13	<i>Combining Eco-Efficiency and Eco-Effectiveness for Continuous Loop Beverage Packaging Systems</i>	NIERO, Monia et al.	2017	<i>Journal of Industrial Ecology</i>	Apresentar um quadro que combina a avaliação do ciclo de vida (ACV) e o Cradle to Cradle R (C2C) programa de certificação para o desenvolvimento de sistemas de embalagem de ciclo contínuo, que foi concebido para latas de alumínio no contexto da Cervejaria da Carlsberg.	Como primeiro passo, o cenário da bebida ambientalmente ideal do ponto de vista do ciclo de vida da embalagem é identificado, tanto em termos de uso definido quanto de reutilização. Segundo, os fatores limitantes são identificados para o uso contínuo de materiais em múltiplos (ciclos), atendendo aos dois requisitos do	Lista de ações prioritárias necessárias para implementar as mais eficientes e estratégia de “upcycling” eficaz para as embalagens de bebidas, tanto de forma ambiental como do ponto de vista econômico.

						<p>processo de certificação C2C que abordam o material (“critério de saúde material” e “reaproveitamento material”) e a “energia renovável”. Então, cenários alternativos são construídos para atender aos critérios de certificação C2C, e ACV é usada para quantificar os impactos ambientais das estratégias de melhoria resultantes.</p>	
14	<p><i>Life Cycle Assessment of Different Reuse Percentages for Glass Beer Bottles</i></p>	<p>MATA, Teresa M.; COSTA, Carlos AV.</p>	2001	<p><i>The International Journal of Life Cycle Assessment</i></p>	<p>Avaliar os impactos ambientais associados as garrafas de cerveja de vidro retornáveis e não retornáveis a fim de comparar diferentes percentagens de reutilização.</p>	<p>A análise de inventário é realizada com dados obtidos de duas Empresas portuguesas (produtor de garrafas de vidro e cervejaria) e concluído com o banco de dados BUWAL. Inclui todas as operações associadas à fabricação das</p>	<p>O resultado geral é que a importância dos impactos associados ao uso de materiais retornáveis e / ou garrafas não retornáveis dependem do número de ciclos realizada pelas garrafas retornáveis. De acordo com o índice de impacto definido neste estudo, os impactos mais significativos são a eutrofização e os resíduos sólidos finais</p>

						garrafas, a cervejaria e a estação de tratamento de águas residuais.	gerados, e os menos impacto significativo é o esgotamento do ozono.
15	<i>Highlights on energy efficiency improvements: a case of a small brewery</i>	KUBULE, Anna et al.	2016	<i>Journal of cleaner production</i>	Fornecer uma análise profunda do impacto potencial das melhorias na eficiência energética concentrando-se na avaliação do consumo de energia e eficiência em vários subdepartamentos em uma pequena cervejaria.	Para analisar minuciosamente a energia específica consumo, uma análise dos dados históricos de consumo de energia, bem como um monitoramento do consumo de eletricidade foi realizado.	Os resultados do monitoramento de eletricidade mostram grande variação de consumo específico de energia para vários tipos de embalagens, com menor consumo específico para embalagens em barris metálicos do que o relatado anteriormente na literatura.
16	<i>Tapping environmental accounting potentials of beer brewing Information needs for successful cleaner production</i>	SCHALTEGGER, Stefan; VIERE, Tobias; ZVEZDOV, Dimitar.	2012	<i>Journal of Cleaner Production</i>	Destacar a importância da informação para a tomada de decisões e demonstra como potenciais de melhoria de desempenho consideráveis podem ser descobertos usando técnicas e ferramentas de contabilidade no gerenciamento ambiental.	Estudo de caso de quatro anos sobre contabilidade gerencial no Sudeste Asiático em empresas de pequeno e médio portes.	A análise dos resultados sugere um padrão de ação que aumenta a eficácia e a eficiência do gerenciamento e uso da informação na prática corporativa.
17	<i>The Environmental Effectiveness of the Beverage Sector in Norway in a</i>	HANSSEN, Ole Jørgen et al.	2007	<i>The International Journal of Life Cycle Assessment</i>	Testar o potencial de uso Metodologia de Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) em um setor econômico com uma rede de cadeias de	Avaliação do Ciclo de Vida. A unidade funcional foi definida como a quantidade de bebidas	O estudo mostra diferenças entre diferentes tipos de bebidas em relação ao consumo de energia e

	<i>Factor 10 Perspective</i>				produtos, em vez de um único produto e identificar estratégias que pudessem tornar o setor de bebidas radicalmente mais eficaz a partir de um ambiente e perspectiva de recursos.	consumidas por capita na Noruega no ano 2000. O estudo inclui matéria-prima produção, produção do produto de bebidas, fabricação de embalagens, distribuição, uso e gestão de resíduos dos produtos.	emissões que podem contribuir para o aquecimento global.
18	<i>Environmental impacts of food consumption in Europe</i>	NOTARNI COLA, Bruno et al.	2016	<i>Journal of cleaner production</i>	Avaliar o impacto ambiental do consumo de alimentos, entre eles a cerveja	Avaliação do ciclo de vida (ACV) aplicada a uma cesta de produtos por meio do o Sistema Internacional de Dados sobre o Ciclo de Vida de Referência.	A fase agrícola é a etapa do ciclo de vida que tem o maior impacto de todos os alimentos da cesta, devido à contribuição das atividades agronômicas e zootécnicas. Processamento de alimentos e logística são as próximas fases mais importantes em termos de impactos ambientais, a sua intensidade de energia e as emissões relacionadas à atmosfera que ocorrem através da produção de calor, vapor e eletricidade e durante o transporte.

19	<i>Estimating the environmental footprint of barley with improved nitrogen uptake efficiency—a Swedish scenario study</i>	TIDÅKER, Pernilla et al	2016	<i>European Journal of Agronomy</i>	Avaliar o impacto ambiental de sistemas atuais de produção de cevada em duas zonas agrícolas suecas (sul e leste) em cenários com maior eficiência de absorção de nitrogênio em dois níveis.	A metodologia de avaliação do ciclo de vida (ACV) foi utilizada quantificar o uso de energia, o potencial de aquecimento global e os potenciais de acidificação e eutrofização ao longo da cadeia de produção de cevada de primavera com diferentes eficiências de absorção de N, mas com uma taxa de aplicação semelhante de N.	Eutrofização e potencial de aquecimento global foram as duas categorias de impacto ambiental mais afetadas pela melhoria da eficiência de absorção de nitrogênio. A redução no potencial de aquecimento global resultou de uma combinação de maior rendimento, sequestro de carbono de solo e menores emissões indiretas de N ₂ O, devido à lixiviação de N.
20	<i>Environmental impacts of barley cultivation under current and future climatic conditions</i>	DIJKMAN, Teunis J. et al.	2016	<i>Journal of cleaner production</i>	Comparar os impactos ambientais do cultivo de cevada na Dinamarca nas condições climáticas atuais (ano 2010) e futuras (ano 2050).	A avaliação foi realizada para a produção de 1 kg de cevada de primavera na Dinamarca, no portão da fazenda. Ambos nas condições climáticas de 2010 e 2050, quatro subcenários foram modelados, com base em uma	Os resultados mostram que os impactos para todas as categorias de impacto, exceto a ecotoxicidade humana e de água doce, são mais elevados quando a cevada é produzida em circunstâncias climáticas representativas para 2050.

						combinação de dois tipos de solo e dois climas. Incluídos na avaliação estavam a produção de sementes, a preparação do solo, fertilização, aplicação de pesticidas e colheita. A avaliação de impacto foi feita usando a metodologia ReCiPe, exceto por impactos de toxicidade, que foram avaliados usando USEtox.	
21	<i>A comparative Life Cycle Assessment between organic and conventional barley cultivation for sustainable agriculture pathways</i>	TRICASE, Caterina et al.	2017	<i>Journal of Cleaner Production</i>	Identificar a melhor solução em termos de eficiência produtiva e sustentabilidade ambiental, para o cultivo de cevada entre a forma orgânica e convencional e; como escolhas metodológicas podem influenciar a avaliação comparativa dos impactos para o cultivo de cevada.	A avaliação foi realizada de acordo com a ACV quadro estabelecido pela ISO (2006).	Resultados de ACV comparativa mostram que o cultivo de cevada orgânica é a solução ambientalmente mais sustentável (mas não eficiente produção), vice-versa, o cultivo convencional de cevada é a solução mais eficiente na produção (mas não ambientalmente sustentável).

22	<i>Life cycle assessment of open field and greenhouse cultivation of lettuce and barley</i>	BARTZAS , Georgios; ZAHARAK I, Dimitra; KOMNITS AS, Kostas.	2015	<i>Information Processing in Agriculture</i>	Estudo de avaliação do ciclo de vida (ACV) sobre a produção de cevada e alface na Espanha (regiões de Barrax e Santomera) com o objetivo de avaliar consumo de energia e impactos ambientais.	Criação de um diretório detalhado do ciclo de vida, com base em dados experimentais específicos do site, e usado para uma análise holística de ACV do tipo "berço a portão" usando o pacote de software GaBi 6 e bancos de dados relacionados específicos.	O uso de composto para adubação de ambas as culturas é considerada uma boa estratégia agrônômica e ecológica para manter a produtividade em termos de rendimento, especialmente no caso de cultivo em estufas, e melhorar a sustentabilidade no setor agrícola. Além disso, as fases de produção de composto, irrigação sistema, e construção de estufa e operação foram identificados como os três principais "hotspots" com maior impacto ambiental e contribuição energética em todos os casos estudados.
23	<i>The influence of fertiliser and pesticide emissions model on life cycle assessment of agricultural products: The case of Danish and Italian barley</i>	RIVERA, Ximena C. Schmidt et al.	2016	<i>Science of the Total Environment</i>	Investigar a influência sobre os impactos ambientais da aplicação de diferentes modelos para estimar as emissões de fertilizantes e pesticidas para a cevada.	Utilizando a metodologia de avaliação do ciclo de vida (ACV), dois modelos de emissões de fertilizantes e pesticidas foram aplicados; estes diferem na extensão	Estima que as variações para eutrofização, acidificação e ecotoxicidade de água doce variam de 15% no caso das alterações climáticas a 89% no caso das eutrofização.

						dos requisitos de dados e na complexidade dos algoritmos de cálculo, o que pode aumentar a precisão e robustez dos resultados.	
24	<i>Eco-efficient production of spring barley in a changed climate: A Life Cycle Assessment including primary data from future climate scenarios</i>	NIERO, Monia et al.	2015	<i>Agricultural Systems</i>	Avaliar a ecoeficiência do cultivo de cevada de primavera para malte na Dinamarca, num futuro clima alterado (700 ppm [CO ₂] e +5 ° C) através da Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) e comparar cenários futuros de cultivo alternativos, excluindo e incluindo a sementeira anterior e seleção de cultivares como medidas de adaptação a um clima alterado.	Experimentos, nos quais cultivares de cevada de primavera foram cultivados em um cenário climático sob tratamentos controlados e manipulados	As condições climáticas alteradas provavelmente aumentarão os impactos negativos no meio ambiente do cultivo de cevada.
25	<i>Life cycle assessment of beer production in Greece</i>	KORONEOS, C. et al.	2015	<i>Journal of Cleaner Production</i>	O objetivo deste estudo foi realizar um ciclo de vida análise da produção de cerveja, a fim de identificar as partes do ciclo de vida que são importantes para o total impacto ambiental.	Um estudo de caso da produção de cerveja na Grécia foi realizado. O sistema investigado inclui aquisição de matérias-primas, refino industrial, embalagem, transporte, consumo	Produção de garrafas, seguida das embalagens e a produção de cerveja são os subsistemas responsáveis pela maioria das emissões.

						e gerenciamento de resíduos.	
26	<i>Life Cycle Assessment of a Basic Lager Beer</i>	TALVE, Siret.	2001	<i>The International Journal of Life Cycle Assessment</i>	Determinar e avaliar os impactos ambientais, e procurar possíveis melhorias na produção e distribuição de um produto (cerveja lager) que é embalada em multi-packs de garrafas de vidro.	A ferramenta computacional LCA KCL - ECO foi usada para todos os cálculos.	A investigação resultou em várias sugestões para melhorar o produto e o desempenho ambiental da cervejaria.
27	<i>Life cycle environmental impacts and costs of beer production and consumption in the UK</i>	AMIENYO, David; AZAPAGI C, Adisa.	2016	<i>The International Journal of Life Cycle Assessment</i>	Estimar os impactos ambientais do ciclo de vida da produção de cerveja e consumo no Reino Unido.	Os impactos do ciclo de vida foram estimados a seguir as diretrizes da ISO 14040/44; a metodologia para o ciclo de vida custeio é congruente com a abordagem ACV. Dados primários foram obtidos de um fabricante de cerveja; dados secundários são originados dos bancos de dados CCaLC, Ecoinvent e GaBi.	A cerveja em latas de aço tem os menores impactos por cinco de 12 categorias de impacto consideradas: demanda de energia primária, depleção de recursos abióticos, acidificação, toxicidade de água doce. Cerveja engarrafada é a pior opção para nove categorias de impacto, incluindo aquecimento global e energia primária demanda, mas tem o menor potencial de toxicidade humana. Cerveja em latas de alumínio é a melhor opção para depleção camada de ozônio e smog fotoquímico, mas

							tem a maior potencial de toxicidade marinha.
28	<i>LCA of an Italian Lager Beer</i>	CORDELL A, Mauro et al.	2008	<i>The International Journal of Life Cycle Assessment</i>	Detectar e quantificar o impacto ambiental e os impactos decorrentes do ciclo de vida de uma cerveja lager produzida numa pequena cervejaria italiana.	Um estudo de caso de ACV. Inventários de ciclo de vida foram construídos para 1 L de cerveja em garrafa e 1 L de cerveja em barril usando o software LCA SimaPro e, em seguida, avaliado no nível do ponto final de acordo com o método Eco-Indicator'99.	A análise apontou a relevância da escolha da embalagem dentro do ciclo de vida da cerveja permitiu detectar os outros estágios críticos do ciclo da vida.
29	<i>Land use indicators in life cycle assessment A case study on beer production</i>	MATTILA, Tuomas; HELIN, Tuomas; ANTIKAINEN, Riina.	2012	<i>The International Journal of Life Cycle Assessment</i>	Testar os diferentes indicadores de ACV na prática em um estudo de caso da produção de cerveja.	Nove indicadores diferentes foram selecionados para representar três diferentes pontos de impacto uso da terra: esgotamento de recursos, qualidade do solo e biodiversidade.	A maioria dos impactos ocorreram na fase de cultivo, mas impactos significativos foram também encontrado muito abaixo da cadeia de suprimentos (por exemplo, paletes de madeira usadas para transporte de vidro).
30	<i>Uncertainty in environmentally conscious decision making: beer or wine?</i>	MATTILA, Tuomas et al.	2012	<i>The International Journal of Life Cycle Assessment</i>	O impacto das incertezas de dois indicadores ambientais (carbono e pegadas hídricas) em combinação com outros	Métodos Inventários de ciclo de vida foram coletados para cerveja e produção de vinho a	Os resultados indicaram que a cerveja teve, em média, um valor de pegada de carbono maior que o do vinho. No

					três indicadores (controle de peso, preço e sabor) em um estudo de caso em que um cliente é selecionando entre duas bebidas alcoólicas em um restaurante: uma porção de cerveja ou vinho.	partir da literatura existente.	entanto, a diferença não foi significativa, e dentro da incerteza intervalo, também a conclusão oposta foi possível.
--	--	--	--	--	---	---------------------------------	--

Fonte: Dados da Pesquisa (2018).