UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E CONTABILIDADE DE
RIBEIRÃO PRETO
DEPARTAMENTO DE CONTABILIDADE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CONTROLADORIA E CONTABILIDADE

FELIPPE PAOLUCCI DE ANDRADE

**Ecoeficiência em cervejarias artesanais:
um estudo de casos múltiplos**

ORIENTADORA: PROF^A. DR^A. MÁISA DE SOUZA RIBEIRO

RIBEIRÃO PRETO

2020

Prof. Dr. Vahan Agopyan
Reitor da Universidade de São Paulo

Prof. Dr. André Lucirton Costa
Diretor da Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade de Ribeirão Preto

Profa. Dra. Adriana Maria Procópio de Araújo
Chefe do Departamento de Contabilidade

Prof. Dr. Amaury José Rezende
Coordenador do Programa de Pós-Graduação em Controladoria e Contabilidade

FELIPPE PAOLUCCI DE ANDRADE

**Ecoeficiência em cervejarias artesanais:
um estudo de casos múltiplos**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Controladoria e Contabilidade da Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo, para obtenção do título de Mestre em Ciências. Versão Corrigida.

ORIENTADORA: PROF.^A DR.^A MAÍSA DE SOUZA RIBEIRO

RIBEIRÃO PRETO

2020

Versão Corrigida. A original encontra-se disponível na FEA-RP/USP.

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

FICHA CATALOGRÁFICA

Andrade, Felipe Paolucci de

Ecoeficiência em cervejarias artesanais: um estudo de casos múltiplos / Felipe Paolucci de Andrade. – Ribeirão Preto, 2020.

99 p.

Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo, 2020.

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Maísa de Souza Ribeiro.

1. Cerveja Artesanal. 2. Produção Mais Limpa. 3. Ecoeficiência.

FOLHA DE APROVAÇÃO

Nome: Andrade, Felipe Paolucci de

Título: Ecoeficiência em cervejarias artesanais: um estudo de casos múltiplos.

Dissertação apresentada à Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo para a obtenção do título de Mestre em Ciências.

Aprovada em: 13/10/2020

Banca Examinadora

Prof. Dr. Roni Cleber Bonizio

Instituição: Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade de Ribeirão Preto (FEARP-USP)

Julgamento: Aprovado.

Prof. Dr. Raimundo Nonato Rodrigues

Instituição: Universidade Federal de Pernambuco (UFPE)

Julgamento: Aprovado.

Profa. Dra. Sônia Maria da Silva Gomes

Instituição: Universidade Federal da Bahia (UFBA)

Julgamento: Aprovado.

RESUMO

ANDRADE, F. P. **Ecoeficiência em cervejarias artesanais: um estudo de casos múltiplos**. 99 f. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo. Ribeirão Preto, 2020.

A produção de cerveja artesanal vem ganhando espaço no mercado brasileiro, uma vez que os consumidores buscam um produto de maior qualidade e inovador. Entretanto, as microcervejarias correm o risco de adotar hábitos nocivos comuns ao próprio setor, no que concerne ao desperdício de água, alto consumo de energia e geração de resíduos sólidos. Entende-se que um diagnóstico das práticas de Produção Mais Limpa (P+L) pode colaborar para a ecoeficiência do negócio, atendendo às necessidades financeiras desse subsetor e contribuindo com o benefício socioambiental. Nesse sentido, este trabalho teve como objetivo investigar o nível de ecoeficiência das cervejarias artesanais a partir da aderência às práticas de P+L recomendadas pela Cetesb. Para isso, realizou-se um estudo de casos múltiplos, no qual participaram três das oito cervejarias artesanais que formam o Polo Cervejeiro de Ribeirão Preto, que se configura em um Arranjo Produtivo Local (APL). A princípio, identificaram-se as recomendações propostas pela Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (Cetesb), órgão de controle de poluição, para cervejarias, no que diz respeito à água, energia e subprodutos, as quais foram adaptadas ao modelo a ser investigado. O instrumento de coleta de dados foi composto por entrevistas aos gestores e responsáveis pelo processo de produção, além da visita técnica. Os resultados obtidos, com os dados analisados desta amostra, permitiram inferir que, quanto maior a aderência nas práticas de P+L, menor o consumo de recursos, como água e energia, e os custos que se tem com eles, portanto, melhor o nível de ecoeficiência do negócio. O porte, restrições financeiras e de espaço físico, também, foram fatores presentes quando da ausência de P+L. Entende-se, desse modo, que a ecoeficiência é uma ferramenta que pode auxiliar os gestores nas decisões relacionadas à continuidade do subsetor, pois além de promover melhorias no parque operacional, reduzindo custos, diminui, também, o impacto desse segmento na natureza. Espera-se que a divulgação dos resultados obtidos nessa pesquisa possa gerar um isomorfismo de sustentabilidade no subsetor e reflexões sobre as possíveis colaborações para o desenvolvimento sustentável dos negócios e do planeta.

Palavras-chave: cerveja artesanal; produção mais limpa; ecoeficiência.

ABSTRACT

ANDRADE, F. P. **Eco-efficiency in craft breweries: a multiple case study**. 99 p. Thesis (Master's degree on Accounting and Controllershhip) – Faculty of Economics, Business Administration and Accounting, University of São Paulo, Ribeirão Preto, 2020.

Craft beer production has been growing in the Brazilian market, since consumers are looking for an innovative product, with higher quality. However, microbreweries are taking risks when they adopt harmful habits common to the sector, regarding wastewater, high energy consumption and solid waste generation. It is understood that a diagnosis of Cleaner Production (CP) practices can contribute to the eco-efficiency of the business, meeting the financial needs of this sub-sector and contributing to the socio-environmental benefit. In this sense, this work's goal was to investigate the adherence to the CP practices in craft breweries, aiming to obtain their currently level of eco-efficiency. In this regard, a multiple case study was carried out, in which participated three of the eight craft breweries that make Ribeirão Preto's Brewery Pole, that is configured in a Local Productive Arrangement. At first, the recommendations proposed by the Environmental Company of São Paulo State (Cetesb), a pollution control agency for breweries, about water, energy and by-products, were identified and adapted to the model to be investigated. The data collection instrument consisted of interviews with managers and those responsible for the production process, in addition to technical visit. The results allowed us to verify that the greater the adherence to CP practices, the lower the consumption of resources, such as water and energy, and the costs that are incurred with them. Consequently, a better level of eco-efficiency of the business. The size, financial and space restrictions were the reasons for not adopting CP practices. It is understood, therefore, that eco-efficiency is an opportune tool for the continuity of the sub-sector, because in addition to promoting improvements in the operational park, reducing costs, it also decreases the impact of this segment on the environment. It is expected that the dissemination of the results obtained in this research can generate the sustainability isomorphism on the sub-sector and reflections on possible collaborations for the sustainable development of business and the planet.

Key-words: craft beer; Cleaner Production; eco-efficiency

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Práticas para a água encontradas na literatura	31
Quadro 2 – Práticas para a energia encontradas na literatura	34
Quadro 3 – Práticas para o bagaço de malte encontradas na literatura	36
Quadro 4 – Práticas para o trub encontradas na literatura.....	37
Quadro 5 – Práticas para as leveduras encontradas na literatura.....	38
Quadro 6 – Práticas de P+L para a água do processo	49
Quadro 7 – Práticas de P+L para a água de limpeza.....	51
Quadro 8 – Práticas de P+L para a energia	51
Quadro 9 – Práticas de P+L para os subprodutos gerados.....	52
Quadro 10 – Taxas de consumo de recursos e geração de subprodutos	55
Quadro 11 – Adesão às práticas de P+L para a água de processo	56
Quadro 12 – Adesão às práticas de P+L para a água de limpeza	58
Quadro 13 – Adesão às práticas de P+L para a energia.....	61
Quadro 14 – Adesão às práticas de P+L para os subprodutos gerados	64
Quadro 15 – Ecoeficiência: nível de aderência em práticas de P+L x taxas de consumo/ geração de subprodutos por litro produzido.....	67

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Fluxograma da produção de cerveja.....	48
Figura 2 – Práticas de P+L para as etapas de resfriamento e pasteurização	50
Figura 3 - Modelo de produção na Monstera.....	53
Figura 4 - Modelo de Produção da Peperomia.....	54
Figura 5 - Modelo de Produção da Dracaena.....	55
Figura 6 – Nível de aderência x Consumo de água	61
Figura 7 – Nível de aderência x Consumo de energia	64

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
1.1 Contextualização	12
1.2 Pergunta da pesquisa	14
1.3 Objetivo.....	14
1.3.1 Etapas.....	14
1.4 Estrutura do trabalho	15
2 REFERENCIAL TEÓRICO	16
2.1 Sustentabilidade	16
2.1.1 Objetivos do Desenvolvimento Sustentável.....	19
2.1.2 Ecoeficiência.....	21
2.2. O mercado cervejeiro nacional	24
2.2.1 Cervejarias artesanais	24
2.3 Principais interações ambientais da produção de cerveja	27
2.3.1 Água	28
2.3.2 Energia	32
2.3.3 Subprodutos	35
2.3.3.1 Bagaço de malte	35
2.3.3.2 <i>Trubs</i>	37
2.3.3.3 Excesso de levedura.....	38
2.4 As cervejarias artesanais frente às práticas ambientais institucionalizadas .	40
2.5 Os Arranjos Produtivos Locais e as cervejarias artesanais	42
3 METODOLOGIA.....	44
4 DESENVOLVIMENTO	47
4.1 Produção de cerveja artesanal	47
4.2 Práticas de P+L recomendadas pela Cetesb aplicáveis em cervejarias artesanais e elaboração do modelo a ser investigado	49

4.3 Processo produtivo das cervejarias investigadas	52
4.4 Adesão às práticas de P+L nas cervejarias investigadas	55
4.4.1 Água	56
4.4.2 Energia	61
4.4.3 Subprodutos	64
4.5 Análise geral da ecoeficiência nas cervejarias artesanais	67
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	71
REFERÊNCIAS.....	74
ANEXO I – Práticas recomendadas pela Cetesb (2005).....	85
ANEXO II - Roteiro para a entrevista semiestruturada (primeira versão)	87
ANEXO III – Roteiro para a entrevista semiestruturada (segunda versão)	88
ANEXO IV – Transcrição das entrevistas.....	89
Monstera.....	89
Dracaena	93
Peperomia	97

1 INTRODUÇÃO

1.1 Contextualização

A cerveja é a bebida alcóolica mais consumida no mundo (Mathias, Aguiar, Silva, Mello, & Sérvulo, 2017). O Brasil, além de potencial consumidor, está entre os maiores produtores mundiais de cerveja. Em 2018, o país ocupou o terceiro lugar, com 14,1 bilhões de litros, atrás apenas da China e dos Estados Unidos, com 38,9 e 21,4 bilhões de litros, respectivamente (Kirin Holdings Company, 2019).

A produção de cerveja consome intensivamente recursos, como água e energia, e gera uma elevada quantidade de efluentes e resíduos. Considerando-se que Chen, Chang, Guo, Hong e Wu (2016) apresentam um índice de geração de efluentes em cervejarias que varia de 3 a 10 litros para cada litro produzido, e que os três maiores produtores, conforme Kirin Holdings Company (2019), fabricaram 74,4 bilhões de litros em 2018, estima-se que, em média, foram gerados 483 bilhões de litros (74,4 bi x média de 6,5 litros de água) de efluente naquele ano. Além disso, considerando-se os índices utilizados por Mathias et al. (2017) para os subprodutos gerados, estima-se a geração de cerca de 126 milhões de kg de bagaço de malte, 2,2 milhões de kg de torta de filtração (*trub*) e 17 milhões de kg de levedura residual.

Em vista dos impactos socioambientais causados pela atividade industrial, na qual inclui-se a indústria cervejeira, a institucionalização de práticas de sustentabilidade tem sido demandada, forçando as empresas a direcionarem esforços para equilibrar a relação, aparentemente antagônica, entre o crescimento econômico e a preservação da natureza.

No contexto brasileiro, as grandes cervejarias, Ambev, Heineken Brasil e Grupo Petrópolis, são responsáveis por cerca de 96% da produção nacional, majoritariamente, cervejas populares em larga escala. Entretanto, desde a década de 90, as microcervejarias surgiram para preencher um nicho específico do mercado, composto por consumidores que buscam cervejas de maior qualidade e variedade de sabores (Valadares, Rezende, Antunes, Maglioni, & Neves, 2017; Matos, 2011).

Para se estabelecerem no mercado, as microcervejarias, ou cervejarias artesanais, são forçadas a procurar formas inovadoras para aumentar a eficiência na produção e cortar custos (Pullman, Greene, Liebmman, Ho, & Pedisich, 2015).

Deparam-se, ainda, com o demasiado desperdício de água, alto consumo de energia e geração abundante de resíduos sólidos, comum às indústrias do mesmo segmento.

Empresas inseridas nesse contexto têm incorporado práticas da P+L como uma forma de congregar vantagens econômicas com benefícios ambientais, por meio da inclusão de variáveis ambientais na melhoria das operações (Cetesb, 2005). A aplicação das práticas de P+L busca colaborar para a ecoeficiência do negócio.

A ecoeficiência é uma ferramenta da sustentabilidade que visa a produzir mais, com qualidade e, ao mesmo tempo, com menor impacto ambiental, pautada na redução do consumo de recursos, do impacto na natureza e a melhoria do valor do produto (WBCSD, 2000). Nesse sentido, ela pode direcionar o crescimento sustentável, atender às necessidades financeiras das microcervejarias, bem como reduzir o impacto socioambiental.

Buscando investigar a aplicabilidade de práticas ambientalmente adequadas nas cervejarias artesanais, estudos anteriores foram desenvolvidos considerando, individualmente, o consumo de água e descarte de efluentes (Carrera, 2015; Feng, Wang, Logan, & Lee, 2009; Goode, Asteriadou, Fryer, Picksley, & Robbins, 2010; Goode, 2012; Kunze, 2007; Medeiros, 2017; Olajire, 2012; Schaltegger, Lüdeke-Freund, & Hansen, 2012; Simate et al., 2011; Van der Merwe & Friend, 2002), a geração e o consumo de energia (Gallego & Martins, 1998; Muster-Slawitsch, Weiss, Schnitzer, & Brunner, 2011; Kunze, 2007; Schaltegger et al., 2012; Scheller et al., 2008; Sturm, Hugenschmidt, Joyce, Hofacker, & Roskilly, 2013) e o reuso de subprodutos (Aimaretti & Ybalo, 2012; Batista, 2016; Bedini, Flamini, Girardi, Cosci & Conti, 2015; Djuragic, Levic, & Serdanovic, 2010; Fărcaș et al., 2014; Ferreira, Pinho, Vieira, & Tavarela, 2010; Gonçalves, 2014; Gupta, Abu-Ghannam, & Gallagher, 2010; Huige, 2006; Jakrawatana, Pingmuangleka, & Gheewala, 2015; Kadimaliev et al., 2012; Khattak et al., 2013; Vriesekoop, 2017; Lin, Sanchez, R. Li, & Z. Li, 2014; Marsarioli, 2019; Mussatto, 2009; Mussatto, 2014; Muster-Slawitsch et al., 2011; Palomino, Garcia, Quesada, & Villarejo, 2016; Rosa & Beloborodko, 2015; Russ, Mörtel, & Pittroff, 2005; Sombutyanuchit, Suphantharika, & Verduyn, 2001; Stojceska, Ainsworth, Plunkett, & Ibanoglu, 2008; Sturm, Butcher, Wang, Huang, & Roskilly, 2012). Este estudo se diferencia dos anteriores por congrega todas as variáveis mencionadas, e referentes a empresas pertencentes, a um ambiente organizacional – Arranjo Produtivo Local – que opera para melhor desenvolvimento coletivo.

1.2 Pergunta da pesquisa

Considerando as restrições financeiras das microcervejarias e a necessidade de se consolidarem sustentavelmente no mercado, pretende-se, nesta pesquisa, responder à seguinte questão: **Qual o nível de ecoeficiência das cervejarias artesanais a partir da aderência às práticas de P+L recomendadas pela Cetesb?**

1.3 Objetivo

O objetivo deste estudo consiste em investigar o nível de ecoeficiência das cervejarias artesanais a partir da aderência às práticas de P+L recomendadas pela Cetesb, por meio do estudo de casos múltiplos.

1.3.1 Etapas

Para alcançar o objetivo estabelecido, realizam-se as seguintes etapas:

- i) Identificação das práticas de P+L recomendadas pela Cetesb;
- ii) Identificação das práticas de P+L adotadas pelas cervejarias artesanais;
- iii) Verificação da relação dos gastos com água e energia com as práticas de P+L adotadas.

Esta pesquisa consiste no estudo de casos múltiplos, no qual participam três das oito empresas do Polo Cervejeiro de Ribeirão Preto. A coleta dos dados deu-se por meio de visita técnica e aplicação de entrevistas semiestruturadas aos gestores e/ou responsáveis pelo processo de produção.

Justifica-se pela necessidade crescente de demonstrar que a integração das atividades operacionais com os cuidados para preservação do meio ambiente é fundamental para manter condições adequadas de sobrevivência para a geração presente e futura. Além disso, se as empresas do setor em questão, vinculadas pelo Arranjo Produtivo Local (APL), unirem esforços para o compartilhamento de atividades comuns, o benefício pode ser ampliado, como no caso de tratamento e destinação de resíduos do processo produtivo, bem como na demanda junto aos órgãos municipais para aprimorar a infraestrutura local, visando melhor desenvolvimento da atividade. Fatos estes que podem resultar em extensão de benefícios socioambientais.

Espera-se que a divulgação dos resultados obtidos nessa pesquisa possa incentivar o aumento no nível de adesão às práticas de P+L no subsetor de cervejarias artesanais, o que poderá colaborar para melhores condições de continuidade, agregando impactos econômicos positivos para o negócio e interações ambientais positivas com o planeta.

1.4 Estrutura do trabalho

O presente estudo está estruturado da seguinte forma:

O Capítulo I é dedicado à introdução do estudo, em que se apresentam a contextualização do tema, a pergunta de pesquisa, o objetivo, as etapas necessárias para o seu alcance, a metodologia e a justificativa e contribuições desejadas.

O Capítulo II apresenta o referencial teórico. Nele, apresentam-se os conceitos e discussões referentes à sustentabilidade, ao mercado cervejeiro nacional e às principais interações ambientais da produção de cerveja. Ainda, discute-se a gestão dos aspectos ambientais em pequenas e médias empresas frente às necessidades para com as práticas ambientais institucionalizadas.

O Capítulo III discorre sobre a metodologia utilizada para o alcance do objetivo proposto e sobre o instrumento de coleta de dados.

O Capítulo IV desenvolve o estudo de casos múltiplos, considerando o contexto das microcervejarias e os resultados obtidos pela investigação.

Por fim, o Capítulo V discorre sobre as considerações finais do estudo, frente ao cumprimento do objetivo proposto e à resposta da pergunta de pesquisa. Encerra-se a pesquisa com o referencial bibliográfico e os anexos necessários.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Nesta seção, serão abordadas as discussões teóricas a respeito da sustentabilidade, desenvolvimento sustentável, ecoeficiência e práticas de produção mais limpa, evidenciando o papel das empresas na busca por um mundo mais sustentável. Apresentam-se o mercado cervejeiro nacional e as principais interações ambientais da produção de cerveja, incluindo-se as práticas ambientais aplicáveis nas cervejarias artesanais, objeto de investigação deste estudo. Por fim, discutem-se as circunstâncias desse subsetor frente às práticas ambientais institucionalizadas e o APL como forma de organização para responder às pressões enfrentadas.

2.1 Sustentabilidade

Em 1983, Gro Harlem Brundtland, primeira-ministra da Noruega, indicada pelas Nações Unidas (ONU, na tradução para o português) para chefiar a Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento, coordenou as discussões internacionais, com líderes de todo o mundo, a respeito da necessidade de poupar os recursos naturais a fim de evitar uma catástrofe ambiental. O resultado formal gerou o relatório *Nosso Futuro Comum*, publicado em 1987 (WCED, 1987).

Surgiu, nesse relatório, o conceito de desenvolvimento sustentável. Trata-se de satisfazer as necessidades da geração presente sem comprometer a possibilidade de as gerações futuras atenderem às suas próprias, e pode ser alcançada por meio da adequada orientação de uso e consumo dos recursos naturais, dos investimentos e do progresso tecnológico (WCED, 1987).

Em 1994, Elkington inferiu que solucionar os problemas ambientais e econômicos, do modo como as empresas interpretavam o conceito, na busca do “esverdeamento” dos negócios, não seria suficiente para uma economia sustentável, mas era preciso incluir a justiça social nas discussões. Originou-se, assim, o conceito do *Tripple Bottom Line (TBL)*, como é amplamente conhecido, e que integra os três pilares da sustentabilidade: econômico, ambiental e social (Elkington, 2001).

De acordo com Elkington (2001), o pilar social pondera questões sociais, políticas e éticas, com o objetivo de diminuir o atrito social. O pilar ambiental trata da manutenção do estresse sobre a natureza, isso é, manter a obtenção de recursos naturais abaixo de sua capacidade de regeneração. O pilar econômico,

convencionalmente representado pelo lucro da empresa, considera os aspectos ambiental e social enquanto promove a sustentabilidade dos custos, da demanda e das margens de lucro.

Percebe-se, ao explicitar os pilares do *TBL*, o papel das empresas na busca pelo desenvolvimento sustentável. De acordo com Elkington (2001), a expectativa de que elas contribuam com a sustentabilidade surge do reconhecimento de que os negócios precisam de mercados estáveis para sua continuidade, o que só pode ser alcançado pelo equilíbrio da sustentabilidade dos custos empresariais com os aspectos social e ambiental.

Nesse sentido, a empresa pode desenvolver metas, estratégias, modelos de projeto, reciclagem, redução de resíduos e de modelos de investimento de capital (Parker, 2001), assim como pode considerar o aperfeiçoamento de indicadores de sustentabilidade já existentes, tornando-os mais confiáveis e precisos (Bouma & Van der Veen, 2002; Wilmshurst & Frost, 2001).

Ainda, as empresas podem integrar a sustentabilidade nas suas estratégias e operações para serem competitivas nos dias atuais, o que pode resultar em benefícios não só para o meio ambiente como para elas mesmas, como na redução de custos e riscos de fazer negócios, e no aumento da reputação da marca (Dyllick & Muff, 2016).

Entende-se, portanto, que a sustentabilidade, no ambiente corporativo, almeja alcançar objetivos relacionados ao desenvolvimento sustentável enquanto reconhece, também, a importância do crescimento e rentabilidade da empresa (Wilson, 2003). Isso é, há a necessidade de equacionar o desejo de continuidade e rentabilidade com os gastos necessários para adaptação do processo operacional de forma a reduzir impactos negativos socioambientais, visto que, por mais consciente que seja o gestor, sem condições financeiras adequadas para operar, não é possível ser sustentável.

Apesar disso, segundo Dyllick e Hockerts (2002), os custos futuros causados por degradação ambiental e social tendem a ser desconsiderados pela empresa, em detrimento de ganhos financeiros de curto prazo. Tal realidade ainda pode ser observada na atualidade, contudo, para conseguir manter-se sustentável no mercado, pode haver necessidade de renúncia de ganhos financeiros no curto-prazo e investimento em práticas de longo-prazo. Bebbington, Unerman e O'Dwyer (2014) afirmam que, a curto prazo, a organização pode crescer economicamente enquanto prejudica a sociedade e o meio ambiente; no entanto, a longo prazo, isso é impossível, uma vez que as organizações precisam de condições sociais e ecológicas estáveis

para operar. Além disso, no longo prazo, os efeitos negativos dos impactos socioambientais podem reverter-se contra a empresa na forma de multas e penalidades, bem como no afastamento dos seus consumidores e investidores.

Nota-se que a busca por um equilíbrio entre duas características desejáveis, mas incompatíveis, também chamada de *trade-off*, está presente no dualismo curto e longo-prazo dos custos, como também na hierarquização dos aspectos do TBL, em que o econômico tende a ser mais enfatizado nas empresas.

Percebendo a necessidade de um aprimoramento do conceito do TBL, dada a mentalidade de *trade-off* adotada por muitos adeptos, Elkington (2018) chama a atenção para um primeiro *recall*, 25 anos após a sua criação. Ele sugere que o sucesso ou falha dos objetivos da sustentabilidade não podem ser mensurados apenas por lucros e prejuízos, mas deve considerar o bem-estar de bilhões de pessoas e a saúde ambiental do planeta. Assim, propõe-se que a busca pela sustentabilidade seja feita considerando efeitos de longo-prazo não só nos custos internos, mas também em mudanças climáticas no planeta, além do aspecto espacial, que extrapola o espaço físico da empresa.

Neste sentido, as empresas devem considerar sua responsabilidade social nas questões de sustentabilidade global, por exemplo, possíveis contribuições para a mitigação da pobreza, acesso à água limpa, nutrição saudável e suporte aos pequenos produtores e fornecedores em países em desenvolvimento (Dyllick & Muff, 2016). Entretanto, o alerta feito por Dyllick, em 1989, permanece válido: os ambientes naturais e sociais externos à empresa só terão relevância para ela se políticas públicas e/ou consumidores exigirem que se posicionem (Dyllick, 1989).

É fundamental o papel de governos e outras instituições responsáveis no desenvolvimento e aplicação de políticas que possam dar suporte às atividades empresariais sustentáveis, bem como à população em geral. Para isso, devem considerar o contexto ambiental e social em que a empresa está inserida. Unnerman e Chapman (2014) observam que o custo de oportunidade para a economia de água em uma região árida é diferente, da mesma economia, em uma região que não sofre com problemas hídricos.

Burrit e Schaltegger (2010) afirmam que a descrição e a medição do desempenho da sustentabilidade devem ser concebidas no contexto específico em que cada empresa se encontra, identificando e diferenciando a relevância dos desafios que enfrentam. Desse modo, ainda que atuem no mesmo segmento, as

empresas podem adotar estratégias divergentes, voltadas às principais pressões ambientais que enfrentam e suas limitações técnicas e financeiras.

Visando atenderem às suas necessidades financeiras e exercerem sua responsabilidade socioambiental, isto é, serem mais sustentáveis, as empresas deveriam guiar-se pelos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável.

2.1.1 Objetivos do Desenvolvimento Sustentável

As conferências promovidas pela ONU e suas agências impulsionaram as práticas de gestão socioambiental pelas empresas, estabelecendo princípios que permitiram, a algumas delas, revisar suas visões, missões e valores, colocando-os em conformidade com as propostas do desenvolvimento sustentável (Barbieri & Cajazeira, 2009). Neste momento, os esforços da ONU se traduzem na disseminação das diretrizes dos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável e visam converter cidadãos e empresas em praticantes da sustentabilidade.

Adotada pelas Nações Unidas em 2015, a “Agenda 2030” estabelece um plano de ação para as pessoas, para o planeta e para a prosperidade, a ser alcançado até 2030. Ela integra os três aspectos da sustentabilidade – econômico, social e ambiental – nos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS) (Nações Unidas, 2015).

Atualmente em vigor, os ODS são compostos por 17 objetivos e 169 metas, entre eles, promover a gestão sustentável da água e energia, a industrialização sustentável e inovação, e assegurar padrões de produção e de consumo sustentáveis.

De acordo com as Nações Unidas (2015), os ODS foram desenvolvidos a fim de expandir e completar os Objetivos de Desenvolvimento do Milênio, expirados em 2015. Dentre as novas abordagens, está o objetivo 17, que sugere a cooperação global para o desenvolvimento sustentável, entre governos, pesquisadores e demais participantes, por meio de incentivo e promoção de parcerias públicas, público-privadas e com a sociedade, que podem incluir a mobilização de recursos.

De acordo com os ODS, os agentes devem buscar perceber como os objetivos e metas se relacionam (Costanza, Fioramonti, & Kubiszewski, 2016), visto que existem interações entre elas com efeitos em múltiplos objetivos, e, a partir disso, identificar quais são mais apropriadas aos diferentes contextos.

Essas interações são chamadas de sinergia, quando o progresso em um objetivo favorece o progresso em outro, e de *trade-off*, quando desfavorece (Pradhan, Costa, Rybski, Lucht & Kropp, 2017).

De acordo com Nilsson et al. (2018), aderir às práticas que possuem mais de uma interação positiva possibilita alcançar resultados a custos mais baixos ou com maior impacto. Dentre as interações sinérgicas, o tratamento e descarte adequados dos efluentes, enquanto colabora para a disponibilidade de água limpa (ODS 6), pode reduzir a propagação de doenças infecciosas, promovendo o bem-estar da sociedade (ODS 3) (Nilsson et al., 2018; Watts et al., 2018). Nota-se, a partir do exemplo, não apenas a multilateralidade dos objetivos, mas também como o aspecto social do *TBL* pode ser favorecido por meio de práticas ambientais.

No que se refere aos *trade-offs*, tratando-se de gestão de energia (ODS 7), ela é necessária para aumentar a eficiência da água em processos industriais e aumentar a produção de alimentos, colaborando respectivamente para o ODS 6 e 1, enquanto, por outro lado, o aumento no seu consumo pode degradar o ecossistema, contribuindo para a mudança climática, aspecto negativo (Nerini et al., 2017).

No contexto empresarial, entende-se que, muitas vezes, as Pequenas e Médias Empresas (PMEs), geralmente com menos recursos, não conseguem abordar os ODS como as grandes corporações, mas que, devido o papel significativo que têm na economia, é necessário que haja um esforço por parte delas para abordá-los (Camargo, 2019). Frente à não-universalidade dos ODS, as empresas devem analisar o contexto em que estão inseridas antes de decidirem por quais práticas devem optar.

Para informar e inspirar o setor de alimentos, bebidas e bens de consumo a adotar ações rumo ao alcance dos ODS, a *United Nations Global Compact* e *KPMG Internacional* (2016) propuseram a chamada Matriz da Indústria, que inclui algumas das oportunidades, iniciativas e colaborações referentes aos recursos utilizados e subprodutos gerados. De modo não exaustivo, no que diz respeito à água, sugerem-se práticas voltadas para o reuso de água residual no processo de produção; quanto à energia, a produção de biomassa por meio de resíduos orgânicos, uso de energia renovável e inovação no processo; para assegurar o consumo e produção sustentáveis, recomendam-se aumentar a eficiência energética da produção e reduzir o consumo de água e a geração de resíduos sólidos.

Uma das formas para atingir eficácia no alcance se dá por meio de práticas de controle e monitoramento. Para Lu, Nakicenovic, Visbeck e Stevance (2015), os

agentes devem estabelecer mecanismos de monitoramento que permitem avaliar o progresso dos ODS, quais tipos de dados devem ser coletados e analisados, como e por quem. Na indústria cervejeira, por exemplo, pode-se promover o monitoramento do consumo de água por meio da instalação de medidores de fluxo e vazão nos equipamentos (Cetesb, 2005), que é uma prática alinhada aos ODS que trata de gestão sustentável da água e eficiência de processos industriais.

Este estudo tem como escopo o subsetor de cervejaria artesanal, que enfrenta circunstâncias muito diferentes das grandes cervejarias. Visto ser um negócio em emergência, que pode gerar significativo impacto ambiental, o desenvolvimento consciente e planejado desse segmento, com todas as ponderações mencionadas, pode permitir o crescimento sustentável.

Assim, a ecoeficiência apresenta-se como uma ferramenta de gestão empresarial adequada para que as empresas caminhem rumo ao desenvolvimento sustentável, pois, enquanto atende aos seus interesses financeiros, reduz o consequente impacto ambiental gerado por suas atividades, buscando eficiência.

2.1.2 Ecoeficiência

O livro *Changing Course*, publicado em 1992 pelo *World Business Council for Sustainable Development* (WBCSD), já apresentava novas práticas de administrar empresas que consideravam, além da realidade dos negócios, aspectos ambientais e as necessidades do desenvolvimento humano. Introduziu-se, nele, o conceito de ecoeficiência.

De acordo com o WBCSD (2000), a ecoeficiência é uma filosofia de gestão empresarial criada para incentivar as indústrias a buscarem melhorias ambientais que potencializem, paralelamente, benefícios econômicos. Ela pode ser alcançada pela oferta de bens e serviços a preços competitivos, que satisfaçam as necessidades humanas e contribuam para a qualidade de vida, enquanto reduz progressivamente o impacto ecológico gerado pelas atividades envolvidas (WBCSD, 2000), incluindo a produção.

Segundo o WBCSD (2000), os principais pilares da ecoeficiência são a redução do consumo de recursos, a diminuição do impacto na natureza e a melhoria do valor do produto. Estes abrangem sete elementos: 1. Redução da intensidade material; 2. Redução da intensidade energética; 3. Redução da dispersão de substâncias tóxicas;

4. Aumento da reciclabilidade; 5. Otimização do uso de materiais renováveis; 6. Prolongamento do ciclo de vida do produto e; 7. Aumento da intensidade do serviço.

Segundo o WBCSD (2000), o lema da ecoeficiência é “produzir mais com menos”, o que pode acarretar a redução dos custos associados à produção e também da quantidade de resíduos gerados. Assim, para que a empresa consiga reduzir esses custos e oferecer seus produtos a preços competitivos, Dias (2011) sugere reduzir o consumo de água, energia e matéria-prima, reduzindo também o impacto ambiental por meio da minimização de emissões e resíduos

De acordo com Pereira (2009), a redução de custos associados ao consumo desses recursos e a adoção de processos mais eficientes refletem-se de forma explícita em benefícios financeiros, permitindo que as organizações obtenham mais lucros. Percebe-se, portanto, que a ecoeficiência está tão relacionada com o processo operacional da empresa quanto com a sua valorização e desempenho econômico.

De acordo com Figge, Young e Barkemeyer (2014), para criar valor, a entidade deve reduzir consumo e/ou substituir materiais prejudiciais ao meio ambiente por outros menos nocivos, que, segundo Muster-Slawitsch et al. (2011), pode ser feito pela substituição dos não-renováveis pelos renováveis. Essa estratégia está alinhada ao desenvolvimento sustentável, que requer considerar a disponibilidade de recursos não-renováveis a fim de não deteriorar a Terra além de um limite razoável de recuperação.

Ainda que a ecoeficiência se atente à performance econômica da entidade, refletida pelas práticas ambientais, o aspecto social do *TBL* pode ser implicitamente favorecido. Isso pode ser observado, por exemplo, no fato de medidas bem-sucedidas de redução de emissão de gases poluentes colaborarem para a saúde da comunidade vizinha à indústria (Schrettle, Hinz, Scherrer-Rathje, & Friedli, 2014), além de prevenir a empresa de custos com emissão inadequada de poluentes.

No contexto empresarial, buscar a ecoeficiência envolve adotar procedimentos que levem a melhores resultados, dentre os quais estão as práticas de P+L. Para Van Berkel (2006), os conceitos de P+L e Ecoeficiência são complementares, pois, enquanto a P+L está focada na dimensão operacional, com efeitos diretamente na produção, a ecoeficiência tem como foco a dimensão estratégica no negócio, com a valorização da empresa.

De acordo com Andrade, E., Andrade, F. e Santos (2016), a aplicação de práticas de P+L, ao mesmo tempo que colabora para o meio ambiente, também

agrega à organização em produtividade e em custos. Nesse sentido, entende-se que pode resultar em melhor desempenho financeiro e valorização da empresa, portanto, aumento da ecoeficiência.

A Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (Cetesb) é a agência do Governo do Estado responsável pelo controle, fiscalização, monitoramento e licenciamento de atividades poluidoras, tendo se tornado um centro de referência da Organização das Nações Unidas – ONU para questões ambientais (Cetesb, n.d.). Em seu Guia Técnico Ambiental, propõe práticas de P+L para o setor de bebidas, que consistem em estratégias, práticas e condutas que evitem ou reduzam a emissão de poluentes no meio ambiente, por meio de ações preventivas ou da criação de alternativas para que sejam reutilizados ou reciclados. De acordo com a Cetesb (2005), as indústrias têm incorporado práticas de P+L como uma forma de congregar vantagens econômicas com benefícios ambientais, por meio da inclusão de variáveis ambientais na melhoria das operações.

Dentre os benefícios consequentes da adoção de práticas de P+L na empresa, destacam-se a melhoria da sua imagem, a minimização e mitigação dos impactos ambientais gerados pelo processo produtivo, o aumento da ecoeficiência e da vantagem competitiva, dada pela redução de custos, economia financeira e aumento dos lucros (Oliveira, 2011; UNEP, 2012).

É mais oportuno para a empresa que as ações ambientais preventivas sejam adotadas já na criação dos produtos e serviços, em vez de tratar os resíduos depois que forem criados (Van Berkel, 2006). Contudo, se não for possível evitar a geração do resíduo, o ideal é que ele possa ser reintegrado ao processo de produção, sendo o descarte a última opção (Andrade et al., 2016).

A confrontação dos gastos decorrentes de investimentos em práticas ambientais, e/ou práticas operacionais mais eficazes, com o consumo de recursos, principalmente, água, energia elétrica e matéria-prima, pode gerar um instrumento de controlabilidade maior do negócio e rumo ao desenvolvimento sustentável. Busca-se, assim, equilibrar a relação, aparentemente antagônica, entre crescimento econômico e preservação da natureza.

Nesse sentido, entende-se que a adoção de práticas de P+L pode auxiliar as cervejarias artesanais a atingirem melhores resultados ambientais e financeiros, e, assim, mais elevados níveis de ecoeficiência. Para subsidiar as discussões

posteriores, apresentam-se o mercado cervejeiro nacional, as cervejarias artesanais e as principais interações ambientais da produção de cerveja.

2.2. O mercado cervejeiro nacional

O mercado brasileiro, no que se refere à indústria cervejeira, pode ser considerado um oligopólio (Lima, 2013). Em 2015, grandes cervejarias, representadas pela Ambev, Heineken Brasil, Grupo Petrópolis e Brasil Kirin, foram responsáveis por 96% do mercado nacional (Associação Brasileira da Indústria da Cerveja - CervBrasil, 2016). Desde o início de 2017, o grupo Brasil Kirin foi incorporado pelo Grupo Heineken, reduzindo esse oligopólio a apenas três grandes grupos.

Como mencionado, a produção nacional se polariza entre as grandes cervejarias, que fabricam em larga escala, enquanto as pequenas preenchem um nicho específico de mercado, composto por consumidores que buscam produtos diferenciados (Valadares et al., 2017; Matos, 2011).

Assim, o mercado de cervejas artesanais vem ganhando espaço no cenário brasileiro, impulsionado pela busca do consumidor por um produto diferenciado. Esse novo nicho do mercado fortaleceu o subsetor das microcervejarias, que encontrou na produção de cerveja artesanal uma forma de expansão.

2.2.1 Cervejarias artesanais

As cervejarias artesanais compõem um segmento de mercado que produz em baixa escala e com elevado valor agregado ao produto (Kalnin, Casarotto-Filho, & Castro, 2002). Para isso, segundo o Serviço Brasileiro de Apoio à Micro e Pequena Empresa (Sebrae, s.n.), priorizam a qualidade dos ingredientes e investem em insumos locais, promovendo a identidade do produto final e fortalecendo a economia da região em que estão instalados, além de contribuírem para a geração de emprego.

No Brasil, a cerveja artesanal começou a ser produzida no século XIX, mas, com a crescente industrialização do país, muitas cervejarias menores foram incorporadas por grandes marcas, criando um hiato na produção de cervejas diferenciadas. Foi apenas na década de 90 que a produção das microcervejarias voltou a ganhar força, influenciada pela popularização da bebida nos Estados Unidos (Sebrae, 2018).

Dentre os fatores que subsidiaram a retomada da produção artesanal no Brasil, o aumento de renda do consumidor foi determinante, pois permitiu a compra de produtos de maior qualidade, estilos variados e maior valor agregado (Matos, 2011). Desse modo, as cervejas artesanais passaram a conquistar espaço no mercado, mudando o rumo da produção nacional de cerveja.

O número de estabelecimentos cervejeiros registrados no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa) passou de 889, no ano de 2018, para 1.209, em 2019 (Mapa, 2019), totalizando um aumento de 36% nesse período. O órgão afirma que esse aumento está sendo motivado pelas cervejas artesanais, pois o consumidor está mais exigente, procurando um produto diferenciado.

Comparando-se o mercado brasileiro com o estadunidense, percebe-se que a participação das cervejas artesanais no mercado nacional tem potencial de expansão, pois, enquanto nos Estados Unidos elas representam aproximadamente 13% do volume total (Nielsen, 2017), no Brasil ainda somam menos de 1% (Ayer, 2017).

A produção artesanal é oportuna para as cervejarias menores, pois, uma vez que elas já produzem em escala restrita, agregam-se aspectos de inovação que possibilitam um produto com qualidade. Contudo, essa possibilidade de negócio tem se mostrado atraente também para os líderes já estabilizados que buscam atuar em novas frentes de mercado, e passaram a apostar em receitas especiais e aquisições de pequenas empresas (Alvarenga, 2018).

Entende-se, portanto, que a cerveja artesanal também pode ser produzida por grandes cervejarias. Para Ibanez (2017), as cervejas artesanais, mesmo que inseridas em grandes corporações, são produzidas em escalas restritas dentro de um processo de produção cuidadoso, devendo ser mantida sua denominação. O negócio, para ser considerado artesanal, deve atender a outras características, conforme as definições apresentadas a seguir.

No contexto estadunidense, a Craft Brewer's Association (n.d.) define a cervejaria artesanal como pequena e independente, com produção anual menor que 6 milhões de barris, e que menos de 25% do negócio seja de propriedade, ou controlado, por um membro da indústria que não seja um cervejeiro artesanal. No contexto europeu, de acordo com Brewdog (2013), a cervejaria artesanal deve produzir menos de 500 mil hectolitros (aproximadamente 420 mil barris) por ano, e a propriedade não deve ser superior a 20% de uma cervejaria que não é artesanal.

Ainda, não deve usar ingredientes ou aditivos para reduzir sabor ou custos, havendo transparência sobre os ingredientes usados e onde a cerveja é fabricada.

No contexto brasileiro, o Mapa, por meio da portaria nº142/2012, promoveu uma consulta pública na tentativa de categorizar a cervejaria como artesanal, sendo que ela deveria ter uma produção máxima anual de 30 mil litros, ou então, de 2,5 mil litros mensais. Entretanto, conforme Souza e Lang (2014), essa designação é passível de maiores discussões, visto que muitas cervejarias artesanais fabricam uma quantidade maior do que a estipulada, sendo que em algumas delas a produção de até mesmo um mês pode vir a ultrapassar o limite anual. Nesse sentido, os órgãos responsáveis e diversas associações ainda buscam uma definição mais adequada para o cenário brasileiro.

Considerando-se a disparidade entre as duas frentes de produção de cerveja no mercado nacional, utiliza-se, neste trabalho, a definição proposta por Matos (2011): as grandes cervejarias são líderes de mercado, que produzem cervejas populares em larga escala e atuam em quase todo o território de país, e as pequenas empresas produzem variados estilos de cerveja com elevado valor agregado, atuando em mercados mais regionais, devido à baixa escala de produção.

A falta de definição na legislação brasileira que diferencie a microcervejaria ou cervejaria artesanal dos grandes grupos cervejeiros prejudica os pequenos empreendedores, uma vez que incorre em tratamentos iguais perante as instituições.

Por se tratar de uma indústria muito concentrada, as pequenas empresas se deparam com diversas barreiras de entrada, uma vez que os grandes grupos promovem elevados investimentos em P&D, tecnologia de ponta, máquinas sofisticadas, e têm poder de barganha e rentabilidade elevada, o que permite oferecerem o produto a preços relativamente baixos e, assim, conquistar grande parcela do mercado (Ferreira, 2016).

De acordo com Embry (2018), os consumidores de cerveja artesanal defendem os valores da conservação ambiental e, portanto, anseiam por práticas sustentáveis. Em geral, são a favor de um estilo de vida mais saudável e preferem um produto ecologicamente correto (Santisi, Morando, & Sciacca, 2018), dispendo-se, inclusive, a pagar mais por um produto sustentável, em virtude de possuir mais consciência sobre como o consumo pode afetar o meio ambiente (Carley & Yahng, 2018).

Contudo, entende-se que o preço do produto pode oferecer uma vantagem competitiva para manter os consumidores e para atrair novos. Desse modo, frente às

dificuldades encontradas e buscando diferenciação competitiva, as microcervejarias são forçadas a procurar formas inovadoras para aumentar sua eficiência e cortar custos, enquanto mantêm a qualidade do seu produto (Pullman et al., 2015).

Para Van der Merwe e Friend (2002), com o aumento dos preços da água e a crescente competitividade no mercado, deve-se atentar para os custos referentes ao seu consumo na determinação da lucratividade dos produtos. Nesse sentido, de acordo com Embry (2018), reduzir o consumo de água, bem como de energia elétrica, pode diminuir os custos de utilidade e também servir como vantagem competitiva para essas pequenas empresas, que por meio da promoção e marketing da aplicação dessas práticas, podem atrair e manter consumidores com consciência ambiental.

Além disso, Ferreira (2016) sugere que as cervejarias artesanais firmem parcerias com estabelecimentos locais para a divulgação dos seus produtos, promoção do turismo gastronômico e valorização da imagem local, que, segundo Rosa e Beloborodko (2015), pode resultar em retorno financeiro para a cervejaria.

Percebendo a necessidade das cervejarias artesanais em equacionarem recursos escassos com práticas ecologicamente adequadas, a ecoeficiência se apresenta como uma ferramenta oportuna. Por meio dela, as microcervejarias podem cortar custos e, assim, manter e atrair consumidores, além de colaborar para o meio ambiente. Nesse sentido, na seção seguinte, verificam-se as principais interações ambientais no processo de produção de cerveja.

2.3 Principais interações ambientais da produção de cerveja

A produção de cerveja pode resultar em uma significativa geração de resíduos. Como mencionado na introdução deste trabalho, os três maiores produtores mundiais de cerveja (China, Estados Unidos e Brasil), segundo Mathias et al (2017), consomem, aproximadamente, 143 milhões de kg de grãos, e geram 2,5 milhões de kg de torta de filtração (*trub*) e 19 milhões de kg de levedura residual. Além do intensivo consumo de água, que pode ser maior nas cervejarias menores (Fillaudeau, Blanpain-Avet, & Daufin, 2006).

Em relação ao consumo de energia elétrica, cervejarias europeias otimizadas, que produzem em larga escala, utilizam cerca de 0,10 a 0,12 kWh por litro de cerveja produzida (European Commission, 2006), enquanto as pequenas cervejarias (produção de 125 mil litros por mês) consomem cerca de 0,22 a 0,26 kWh por litro

(Kubule, Zogla, & Rosa, 2016). No contexto das artesanais brasileiras, apresentam consumo mais elevado, de 1,06 kWh/l (Ortiz, 2014).

Frente a isso e visando manter sua competitividade, as grandes cervejarias buscam manter as taxas de evaporação mais baixas possível, recuperar energia de vapores, instalar sistemas de armazenamento de energia, automatizar processos, melhorar o isolamento térmico dos equipamentos e minimizar as perdas de mosto e cerveja (Sturm et al., 2013).

De acordo com os autores supramencionados, percebe-se que o consumo de insumos em cervejarias menores é, proporcionalmente, maior, e, portanto, os custos também, devido, principalmente, às dificuldades encontradas para maior ecoeficiência do processo, que poderia ocorrer com a adesão em práticas de P+L.

Nesse cenário, um diagnóstico das práticas aplicáveis, que direcionem o crescimento sustentável das cervejarias artesanais, pode valorizar ainda mais o produto, contribuir para a continuidade do negócio, reduzindo custos, além de propiciar benefício socioambiental.

2.3.1 Água

A água é substancial para a produção de cerveja. Ela compõe de 90 a 95% do produto final, sendo utilizada em quase todas as etapas do processo de fabricação (Van der Merwe & Friend, 2002), além de ser empregada na limpeza de materiais e equipamentos, gerando uma quantidade significativa de efluente.

O consumo de água pode variar devido a vários fatores, incluindo o tipo de cerveja produzida, o tamanho dos vasilhames, a existência de uma lavadora de garrafas, a forma como a cerveja é embalada e pasteurizada e o sistema usado para a limpeza dos equipamentos (Olajire, 2012).

Para maior controle do consumo de água e também para garantir que ela seja economizada e não desperdiçada, Gebhardt (2018) sugere a instalação de medidores e válvulas de fechamento que cortem o fluxo quando houver irregularidades no processo de produção. Além disso, podem auxiliar na identificação das operações menos eficientes, além de possibilitar medir o progresso no alcance de metas de sustentabilidade pré-estabelecidas (Muster-Slawitsch et al., 2011; Olajire, 2012).

Algumas perdas de água são inevitáveis, como a que ocorre por evaporação no cozimento do mosto cervejeiro, que representam cerca de 4 a 12% de perda no

processo (Olajire, 2012). Além disso, todas as vezes em que a água e a cerveja são transferidas entre os equipamentos, perde-se uma parte que permanece nos equipamentos anteriores (Fillaudeau et al., 2006).

Durante o processo, pode-se ter um consumo de água expressivo no resfriamento do mosto cervejeiro (Braeken, Van der Bruggen, & Vandecasteele, 2004), de aproximadamente 2,5 litros para cada litro de mosto resfriado (Medeiros, 2017), se não aplicadas práticas ambientais adequadas.

A fim de reduzir o consumo e reaproveitar o efluente gerado nessa etapa, Medeiros (2017) sugere adotar sistemas de recirculação de água, investindo em uma caixa d'água para armazenamento do efluente, com tubulações e bomba da caixa, que o retorna para ser novamente utilizado no processo. De outro modo, conforme Olajire (2012), pode-se destinar o efluente gerado nessa etapa, em temperatura elevada, para o preparo de uma nova batelada, conservando energia.

De acordo com a Cetesb (2005), a etapa de envase abrange diversas operações, sendo elas a lavagem das garrafas, o envasamento propriamente dito e a pasteurização, que podem configurar um consumo expressivo na produção.

Em relação à limpeza das garrafas, há uma porção significativa de perdas nessa etapa (Pettigrew et al., 2015), que pode ser evitada com a adoção de um “sistema de reciclagem de água em cascata”, que consiste em utilizar água limpa apenas na última etapa, reutilizando as águas residuais levemente poluídas em etapas anteriores (Schaltegger et al., 2012).

Caso não seja possível aplicá-la, pode-se reutilizar o efluente em outras operações. Feng et al. (2009) demonstraram que um sistema integrado de água, que inclui a destinação da água residual da lavagem de garrafas para outras operações, pode proporcionar uma redução significativa no consumo de água limpa e, consequentemente, no efluente gerado, em cerca de 10%.

A tecnologia empregada nas lavadoras de garrafas impacta de forma relevante o consumo de água da fábrica. Segundo a Cetesb (2005), enquanto as lavadoras mais modernas consomem cerca de 0,3 l de água na lavagem de cada garrafa de 600 ml, lavadoras mais antigas consomem de 1,8 a 2,4 litros.

Referente ao engarrafamento da cerveja, de acordo com Pettigrew et al. (2015), as máquinas envasadoras são dotadas de uma bomba que utiliza a pressão da água para retirar o ar antes da entrada da bebida, expelindo muito líquido junto com o ar que sai das garrafas, que acaba se tornando efluente, quando não reutilizado.

Contudo, enquanto as cervejarias industriais têm seus processos de envase automatizados, nas cervejarias artesanais eles, em geral, são feitos manualmente, acarretando problemas relacionados ao enchimento, quebra de garrafas e derramamento de cerveja, entre outros riscos para os operadores (Agyingi, 2020).

De acordo com Gebhardt (2018), o engarrafamento usa mais água do que o barril ou o enlatamento, porque há mais saneamento envolvido na limpeza dos vasilhames, e por isso, se a cervejaria puder mudar o tipo de embalagem, pode reduzir significativamente o uso de água na fábrica.

A pasteurização da cerveja consiste na mudança brusca de temperatura dos vasilhames, feita por meio de água quente e fria, a fim de aumentar a vida útil do produto (Rosa & Afonso, 2015). De acordo com o Sebrae (s.n.), ela não é tão comum em cervejarias artesanais, não sendo uma etapa obrigatória, pois depende do estilo de produção e do local onde será distribuída a cerveja.

Além da água utilizada na produção, destaca-se o consumo expressivo também em atividades de higienização (Braeken et al., 2004). Essas atividades, como a limpeza de equipamentos, materiais e reservatórios, próprias para não comprometer as características do produto e deixá-lo adequado ao consumo humano, somam 1/3 do consumo total da cervejaria (Fillaudeau et al., 2006).

Van der Merwe e Friend (2002) sugerem algumas práticas para a redução do consumo e desperdício de água em operações de higienização, como a busca pela minimização da água utilizada; o reuso do efluente de limpeza em outras operações, que não necessitam de água limpa pois não entram em contato com o produto e; o armazenamento do efluente, para que seja posteriormente reutilizado.

Para minimizar o efluente gerado nessa etapa, propõe-se a remoção de sólidos grudados nas paredes dos equipamentos manualmente, bem como a adoção de práticas de controle de fluxo e vazão, como instalar bicos de fechamento nas mangueiras para reduzir o uso de água relacionado à limpeza (Olajire, 2012).

Também chamada de *CIP (Clean In Place)*, a limpeza interna de equipamentos, além de consumir água, gera grandes quantidades de efluente, consome energia e produtos químicos. Ela é realizada pela adição de soluções e enxágue, promovidas duas vezes seguidas (Cetesb, 2005).

Nas microcervejarias, as soluções de limpeza representam a maior participação dos custos do CIP (Carrera, 2015; Kunze, 2007; Goode et al., 2010; Goode, 2012), seguidas dos custos de mão-de-obra, devido ao tempo demandado para a atividade

(Carrera, 2015). Para reduzi-los, portanto, podem diminuir o tempo de limpeza e reutilizar as soluções, que são geralmente descartadas após um único uso (Carrera, 2015), mas que, segundo a Cetesb (2005), podem ser reutilizadas em até 30 vezes.

De acordo com o Brewers of Europe (2002), as águas residuais da cervejaria não são altamente tóxicas e não contém quantidades consideráveis de metais pesados. Contudo, Sarfo-Afriye (1999) afirma que, se não tratadas, ou parcialmente tratadas, podem constituir problemas potenciais de poluição para os corpos de água aos quais são destinadas; se tratadas, podem ser reutilizadas em operações diversas.

Segundo Barbosa (2019), a implantação de sistemas de tratamentos de efluentes exigem uma significativa disponibilidade de espaço físico, sendo esse o principal problema identificado para a aplicabilidade em cervejarias artesanais, diferentes dos grandes grupos.

As práticas de P+L, nesse setor, podem incluir a redução da quantidade de água consumida e, conseqüentemente, de efluente gerado pela cervejaria, bem como opções de tratamento de água residual, amenizando o impacto das suas atividades no meio ambiente. Entretanto, nem todas as recomendações são possíveis considerando o contexto das cervejarias artesanais, uma vez que, para a redução dos custos, podem exigir, previamente, a melhoria de processos que demandam investimentos. Observam-se algumas das práticas identificadas no Quadro 1.

Quadro 1 – Práticas para a água encontradas na literatura

Práticas para a água	Referências
Adoção de sistemas de recirculação de água	Medeiros, 2017
Reuso do efluente do resfriamento	Olajire, 2012
Armazenagem do efluente para posterior reuso	Medeiros, 2017; Van der Merwe & Friend, 2002
Remoção a seco dos sólidos nos equipamentos	Olajire, 2012
Controle de fluxo e vazão	Olajire, 2012
Reuso das soluções de limpeza	Carrera, 2015; Goode et al., 2010; Goode, 2012; Kunze, 2007.
Reuso da água residual de limpeza em outras operações que não necessitam de água limpa	Feng et al., 2009; Schaltegger et al., 2012; Van der Merwe & Friend, 2002
Tratamento de efluentes	Simate et al., 2011

Fonte: Próprio autor.

As práticas referentes à água encontradas na literatura são muito similares às recomendadas pela Cetesb (2005), portanto, alinhadas ao conceito de P+L. Tratam-

se de ações preventivas para a minimização de efluentes, como a remoção a seco dos sólidos nos equipamentos (Olajire, 2012), a adoção de sistema de recirculação (Medeiros, 2017) e a minimização do consumo em atividades de limpeza (Van der Merwe & Friend, 2002), bem como da criação de alternativas para que os efluentes sejam reutilizados, como a armazenagem para posterior reuso (Medeiros, 2017), no preparo de nova batelada (Olajire, 2012) ou em atividades que não exigem água limpa (Feng et al., 2009; Van der Merwe & Friend, 2002).

2.3.2 Energia

Como resultado das preocupações ambientais sobre o aumento das emissões de gases de efeito estufa e o rigor dos requisitos ambientais, segundo Sturm et al. (2012), muitas empresas estão buscando soluções para reduzir o consumo, as emissões, os resíduos e os custos de combustíveis fósseis, a fim de tornar seus negócios sustentáveis.

A cogeração de energia é uma alternativa que combina a produção de energia elétrica e calor a partir de um único combustível, portanto, aumentando sua eficiência. Contudo, devido aos altos custos dos equipamentos e o aumento no consumo de gás natural, faz-se necessário que sejam estabelecidas políticas energéticas de incentivo a esta tecnologia, que pode ser feita por meio de tarifas de venda de energia mais atraentes e pelo incentivo à importação ou fabricação de equipamentos necessários no Brasil (Gallego & Martins, 1998). De fato, a cogeração de energia tem sido crescentemente explorada nas atividades econômicas, de forma geral.

O aquecimento das panelas industriais, incluindo-se a fervura, geralmente, é composto por uma caldeira, responsável por gerar energia térmica (calor de vapor), utilizando como fonte de energia combustíveis que podem ser sólidos (carvão), líquidos (óleo), gasosos (GLP – Gás Liquefeito de Petróleo e GN – Gás Natural) ou até uma resistência elétrica (Bastos, 2019).

No caso de se utilizar o gás natural para gerar energia, permite-se uma maior racionalização no consumo desse combustível fóssil, mas não elimina a sua extração na natureza. Portanto, dentre as formas de mitigar o uso de combustíveis fósseis na geração de energia, pode-se substituí-los por fontes renováveis, como a biomassa (Sturm et al., 2012) ou o aquecimento solar (Muster-Slawitsch et al., 2011).

Além de gerar energia, a cervejaria pode adotar práticas de sustentabilidade referentes à redução do consumo, nas suas formas de calor de vapor e elétrica. De acordo com a Cetesb (2005), a baixa eficiência energética do processo está relacionada principalmente à ausência de sistemas de recuperação de energia, bem como equipamentos pouco eficientes e sem isolamento térmico adequado.

Para aumentar a eficiência energética na fábrica, as opções mais comuns de recuperação de energia em forma de calor nas cervejarias incluem recuperação do calor de vapor e a sua condensação, em conexão com o seu armazenamento, que é geralmente destinado para pré-aquecer o mosto antes da fervura (Kunze, 2007; Muster-Slawitsch et al., 2011; Scheller, Michel, & Funk, 2008; Sturm et al., 2013).

O gerenciamento de água quente na cervejaria é um fator chave para a integração de calor residual (Muster-Slawitsch et al., 2011), visto que é necessária em diversas etapas do processo de produção e também em atividades de limpeza, portanto, a recuperação do calor gerado no processo para seu aquecimento pode reduzir significativamente o consumo de energia na fábrica.

Outra forma de produzir água quente sem necessariamente aumentar o consumo na fábrica se dá por meio do aquecimento solar (Muster-Slawitsch et al., 2011; Schaltegger et al., 2012), que pode ser feito, conforme Schaltegger et al. (2012), com o uso de mangueiras pretas no telhado da instalação dos equipamentos, para pré-aquecer a água que pode ser usada no *boiler* para gerar vapor.

Para evitar o desperdício de energia, sugere-se que o calor disponível em alta temperatura seja reutilizado em temperaturas semelhantes, de modo que a energia não seja destruída pela mistura com água fria, mas, para isso, pode ser necessário que as operações integrem os tanques herméticos (Muster-Slawitsch et al., 2011).

De acordo com Sturm et al. (2013), uma prática que exige pouco esforço e faz com que a manutenção do calor seja eficiente é o melhoramento do isolamento térmico dos equipamentos, a fim de evitar vazamentos e perda de calor. Segundo Schaltegger et al. (2012), há um potencial de economia de energia no isolamento adequado de tubulações e tanques ainda maior quando existem grandes diferenças entre a temperatura externa e interna desses equipamentos. Nesse caso, os autores sugerem que os tanques não fiquem expostos à luz solar direta, visto que a cerveja dentro deles deve ser mantida em baixa temperatura.

Em relação ao consumo de energia elétrica, Schaltegger et al. (2012) verificaram que processos auxiliares contribuem de forma significativa para o

consumo, em especial pela caldeira, pelos compressores de ar e pelos dispositivos de refrigeração. De acordo com Galinsky, Martin, Worell e Lehman (2003), os motores elétricos e equipamentos de refrigeração são responsáveis por 46% e 32% do consumo total da fábrica, respectivamente. De acordo com Costa-Júnior (2019), os motores elétricos, responsáveis por transformar a energia elétrica em mecânica, quando eficientes, além de reduzir o consumo de energia, exigem menor esforço do operador e menor tempo de processo.

Além disso, percebe-se que o consumo de energia térmica na cervejaria está diretamente relacionado com o consumo de energia elétrica, uma vez que essa é utilizada nas caldeiras para gerar calor, bem como na refrigeração. Desse modo, entende-se que práticas voltadas para a manutenção do calor nas cervejarias podem resultar em economia de energia elétrica.

Entre os fatores que podem diferenciar o consumo de energia entre cervejarias, tem-se, além do tipo de cerveja produzida, a capacidade de produção da fábrica. De acordo com Sturm et al. (2013), as cervejarias maiores geralmente são mais eficientes em termos energéticos, devido ao aumento na capacidade produtiva resultar em custos unitários mais baixos, ainda que ocorram acréscimos nos custos fixos, devido a instalações, equipamentos e força de trabalho, entre outros.

O Quadro 2 apresenta as práticas para a energia, discutidas anteriormente.

Quadro 2 – Práticas para a energia encontradas na literatura

Práticas para a energia	Referências
Cogeração de energia	Gallego & Martins, 1998
Reintegração do calor gerado na fervura para pré-aquecer o mosto	Kunze, 2007; Muster-Slawitsch et al., 2011; Scheller et al., 2008; Sturm et al., 2013
Produção de água quente por meio de aquecimento solar	Muster-Slawitsch et al., 2011; Schaltegger et al., 2012
Reuso de água quente em temperaturas semelhantes	Muster-Slawitsch et al., 2011
Presença de reservatórios herméticos	Muster-Slawitsch et al., 2011
Isolamento térmico adequado nos equipamentos	Schaltegger et al., 2012
Aquecimento de água por exaustão ao invés de energia elétrica nas caldeiras	Schaltegger et al., 2012

Fonte: Próprio autor.

Verifica-se que as práticas encontradas na literatura também estão alinhadas às recomendações da Cetesb (2005), tratando-se de reintegração do calor gerado no

processo (Sturm et al., 2013; Muster-Slawitsch et al., 2011; Kunze, 2007; Scheller et al., 2008), isolamento térmico adequado nos equipamentos (Schaltegger et al., 2012) e reuso de água quente em temperaturas semelhantes, na presença de reservatórios herméticos (Muster-Slawitsch et al., 2011). Contudo, sugere-se, na literatura (Muster-Slawitsch et al., 2011; Schaltegger et al., 2012), e não consta na Cetesb (2005), produzir água quente por meio do aquecimento solar, que pode ser oportuno para cervejarias menores.

Posteriormente, discutem-se as interações ambientais referentes aos subprodutos gerados no processo, bem como as práticas de sustentabilidade identificadas na literatura.

2.3.3 Subprodutos

Os principais subprodutos ou resíduos sólidos gerados no processo cervejeiro são o bagaço de malte, o *trub* fino e o *trub* grosso, e os secundários, o excesso de levedura, resíduos do envase (pasta celulósica e garrafas quebradas), terra diatomácea e lodo (Cetesb, 2005). Este estudo não tem caráter exaustivo, portanto, investigará o que concerne ao bagaço de malte, *trubs* e excesso de levedura.

2.3.3.1 Bagaço de malte

O bagaço de malte é um resíduo gerado no processo cervejeiro composto pelas cascas de malte obtidas na filtração do mosto. De acordo com Mussatto, Dragone, Teixeira, & Roberto (2008), gera-se cerca de 20 a 30 kg de bagaço de malte a cada 100 litros de cerveja produzida, tornando-o o subproduto da cerveja mais abundante, na proporção de 85% do volume total de subprodutos gerados.

Resíduos agroindustriais, como o bagaço do malte, podem ser utilizados de diversas maneiras por serem baratos e abundantes, e seu uso pode proporcionar benefícios ambientais e econômicos (Mussatto, 2009; Robertson et al., 2010). Algumas práticas podem ser observadas no Quadro 3.

Quadro 3 – Práticas para o bagaço de malte encontradas na literatura

Práticas para o bagaço de malte	Referências
Destinação à alimentação animal	Mussatto, 2009; Kerby & Vriesekoop, 2017
Elaboração de produtos para a alimentação humana	Batista, 2016; Fărcaș et al., 2014; Gonçalves, 2014; Gupta et al., 2010; Kerby & Vriesekoop, 2017; Marsarioli, 2019; Mussatto, 2014; Rosa & Beloborodko, 2015; Stojceska et al., 2008
Compostagem	Kerby & Vriesekoop, 2017
Geração de energia	Kerby & Vriesekoop, 2017; Muster-Slawitsch et al., 2011; Sturm et al., 2012
Aplicações no setor de construção	Palomino et al., 2016; Russ et al., 2005

Fonte: Próprio autor.

A destinação mais comum do dreche, ou bagaço de malte, é a alimentação animal (Mussatto, 2009). Segundo Kerby e Vriesekoop (2017), o bagaço de malte possui um valor nutritivo rico em proteínas e fibras, tornando-o uma alternativa vantajosa para os fazendeiros alimentarem seus gados, por ser de baixo custo quando comparado aos produtos como a soja, utilizada para os mesmos fins.

As características nutritivas e funcionais do bagaço de malte permitem que esse resíduo seja utilizado também na alimentação humana (Fărcaș et al., 2014; Kerby & Vriesekoop, 2017; Mussatto, 2014). Dentre as possibilidades existentes, tem-se a preparação de pão (Gonçalves, 2014; Kerby & Vriesekoop, 2017), flocos, biscoitos, aperitivos (Gupta et al., 2010; Stojceska et al., 2008) e *cookies* (Rosa & Beloborodko, 2015).

De acordo com Rosa e Beloborodko (2015), a fabricação de alimentos diversos pode fomentar parcerias entre cervejarias e padarias, gerando retorno financeiro para ambos os negócios. Ou então, conforme exposto por Marsarioli (2019), a cervejaria pode reutilizá-lo na criação de uma linha de produtos alimentícios, de modo a complementar o portfólio da cervejaria, como petiscos salgados ou barras de cereais.

Segundo Robertson et al. (2010), apesar *do bagaço de malte possuir* potencial econômico para a exploração industrial ainda maior que a destinação como ração animal, a falta de informações sobre segurança microbiológica e sua uniformidade para uso como matéria-prima industrial podem limitar seu uso.

Outro limitante para outras aplicações desse subproduto é o teor de umidade, que torna o material propício para o crescimento de microrganismos indesejáveis (Batista, 2016). Frente a isso, Boffo, Silva, Klagenboech e Tonel (2014) sugerem a secagem do bagaço de malte, que colabora para a conservação do resíduo e para a

armazenagem por um período de tempo maior e redução de custos de transporte, uma vez que pode ser triturado. Segundo Batista (2016), o material seco pode ser usado como farinha para confecção de subprodutos.

De acordo com Kerby e Vriesekoop (2017), os grãos podem ser usados para a compostagem ou para a geração de energia, por meio da combustão direta ou da produção de biogás e bioetanol. De acordo com Sturm et al. (2012), a geração de energia com esses grãos reduz o descarte inadequado de materiais orgânicos e também as emissões de gás carbônico geradas pelo uso de energia não renovável.

Contudo, para transformar os grãos em biomassa, Muster-Slawitsch et al. (2011) demonstram que é necessária a presença de uma tecnologia avançada de secagem, a fim de diminuir a umidade dos grãos e aumentar a eficiência do processo. Desse modo, cervejarias menores podem preferir, devido às infraestruturas existentes, firmar acordo de cooperação com usinas de biogás, além de estabelecer sistemas de tratamento e rede de gás local.

Ainda, por meio de tratamentos específicos, pode-se utilizar o bagaço de malte no setor de construção, na produção de materiais cerâmicos (Palomino et al., 2016) e na fabricação de tijolos (Russ et al., 2005).

2.3.3.2 *Trubs*

De acordo com Olajire (2012), o *trub* é uma mistura obtida durante o processo de fervura do mosto cervejeiro, composta de restos de malte, partículas de lúpulo e proteínas coaguladas. De acordo com Huige (2006), 85% do lúpulo adicionado à cerveja integra esse subproduto e requer destinação. Algumas das possíveis destinações são apresentadas no Quadro 4.

Quadro 4 – Práticas para o *trub* encontradas na literatura

Práticas para o <i>trub</i>	Referências
Destinação à alimentação animal junto ao bagaço de malte	Kerby & Vriesekoop, 2017; Huige, 2006
Produção de fertilizantes ou adubo	Kerby & Vriesekoop, 2017
Produção de repelente de insetos	Bedini et al., 2015

Fonte: Próprio autor.

A prática mais comum é misturar o *trub* ao bagaço de malte e destiná-los para a alimentação animal (Kerby & Vriesekoop, 2017; Huige, 2006). De acordo com Kerby e Vriesekoop (2017), muitas cervejarias fazem essa combinação apenas para descartar o *trub*, pois o amargor residual do lúpulo gasto compromete a qualidade sensorial da ração e muitos animais rejeitam o alimento. Apesar disso, Huige (2006) afirma que esse método é muito conveniente para pequenas cervejarias, visto que é uma prática facilmente aplicável.

O *trub*, sem receber tratamentos específicos, também pode ser utilizado como fertilizante ou adubo (Kerby & Vriesekoop, 2017). Após tratamento industrial, pode ser usado na produção de óleos que servem como repelente de insetos (Bedini et al., 2015).

2.3.3.3 Excesso de levedura

As leveduras são fungos responsáveis por fazer a fermentação, ou seja, a conversão dos açúcares presentes no mosto cervejeiro em álcool. Elas se multiplicam inúmeras vezes durante a fermentação, resultando em uma massa muito maior do que a adicionada inicialmente (Marsarioli, 2019).

Esse é o segundo maior subproduto do processo cervejeiro, depois do bagaço de malte, constituindo de 10 a 14% do volume total de sólidos gerados (Ferreira et al., 2010). Algumas práticas aplicáveis a esse subproduto podem ser observadas no Quadro 5.

Quadro 5 – Práticas para as leveduras encontradas na literatura

Práticas para as leveduras	Referências
Destinação à alimentação animal	Djuragic et al., 2010; Farcas et al., 2014; Ferreira et al., 2010; Kerby & Vriesekoop, 2017
Elaboração de produtos para alimentação humana, extratos e complexos vitamínicos	Ferreira et al., 2010; Sombutyanuchit et al., 2001
Tratamento industrial para a produção de colas e celulose	Kadimaliev et al., 2012; Lin et al., 2014
Produção de bioetanol	Aimaretti & Ybalo, 2012; Jakrawatana et al., 2015; Khattak et al., 2013

Fonte: Próprio autor

De acordo com Santos e Ribeiro (2005), a levedura residual pode ser reutilizada na produção de novas bateladas de cerveja. Contudo, se isso não ocorre, as

cervejarias podem destiná-la à alimentação animal, como fonte de proteínas e vitaminas (Kerby & Vriesekoop, 2017), como é feito com o bagaço de malte e o *trub*.

Alguns artigos (Djuragic et al., 2010; Farcas et al., 2014; Ferreira et al. 2010) examinam o uso desse subproduto também como suplemento alimentar de ruminantes, equinos, aves, suínos e peixes. Contudo, para Ferreira et al. (2010), os resíduos de levedura são subutilizados quando destinados à ração suína ou de peixes, uma vez que há outras possibilidades na indústria alimentícia.

Dentre as diversas aplicações desse subproduto na indústria alimentícia, pode ser destinado para a alimentação humana e produção de complexos vitamínicos, como extrato para auferir sabor (Sombutyanuchit et al., 2001), para a obtenção de gêneros alimentícios aromatizantes, ou ainda para a transformação em tabletes de temperos (Ferreira et al., 2010).

Além das destinações alimentícias para a levedura residual, outras aplicações são possíveis, como a criação de colas e adesivos (Kadimaliev et al., 2012) e a produção de celulose (Lin et al., 2014), por meio de tratamentos químicos. Além disso, ela também pode ser usada na produção de bioetanol (Aimaretti & Ybalo, 2012; Khattak et al., 2013), prática que ainda incorre em altos custos (Jakrawatana et al., 2015).

As práticas identificadas para os resíduos sólidos pela literatura diferem em grande parte das recomendações da Cetesb (2005). Esta, exclusivamente, trata da minimização de perdas, do reuso no preparo de novas bateladas e na remoção a seco da levedura, visando obter maior parcela do subproduto. Dentre as práticas similares, encontradas na literatura, tem-se a destinação dos resíduos para a alimentação animal (Djuragic et al., 2010; Farcas et al., 2014; Ferreira et al., 2010; Huige, 2006; Kerby & Vriesekoop, 2017; Mussatto, 2009) e a venda para a indústria de alimentos (Batista, 2016; Fărcaș et al., 2014; Ferreira et al., 2010; Gonçalves, 2014; Gupta et al., 2010; Kerby & Vriesekoop, 2017; Marsarioli, 2019; Mussatto, 2014; Sombutyanuchit et al., 2001; Stojceska et al., 2008). Além dessas, encontram-se, nos artigos, práticas referentes à geração de combustível e energia, bem como aplicações no setor de construção, dentre outras.

Tendo em vista os principais recursos consumidos e subprodutos gerados pela indústria cervejeira, bem como as práticas de P+L que podem ser adotadas a fim de minimizá-los, apresentam-se, no tópico seguinte, as condições enfrentadas pelas

microcervejarias, na busca por atenderem às suas necessidades financeiras, frente às práticas ambientais institucionalizadas.

2.4 As cervejarias artesanais frente às práticas ambientais institucionalizadas

Diante das preocupações acerca dos impactos econômicos, sociais e ambientais, a gestão e o equilíbrio da sustentabilidade nas suas diferentes frentes são os desafios mais complexos e urgentes que as organizações do setor público e privado enfrentam atualmente, pois compreendem muitos riscos e oportunidades para o seu desempenho (Bebbington et al., 2014).

Dentre os motivos que levam os gestores a avaliarem as ações corporativas relacionadas à sustentabilidade, tem-se a imitação de indústrias do mesmo segmento (Rikhardsson, Bennett, Bouma, & Schaltegger, 2005; Qian & Burrit, 2008), pressões legislativas, como regulamentações institucionais (Adams, 2004; Cooper & Owen, 2007; Murillo-Luna, Garce's-Ayerbe, & Rivera-Torres, 2008; Unerman, 2007), e o potencial econômico (por exemplo, pela redução de custos ou aumento da receita de vendas), por meio de práticas sociais e ambientais (Salzmann, Ionescu-Somers, & Steger, 2005; Schaltegger & Wagner, 2006).

Na empresa, a institucionalização ocorre quando ela incorpora valores sociais externos, além do necessário para o processo produtivo (Guarido-Filho, Machado-da-Silva, & Gonçalves, 2009; Assis, Andrade, Carvalho-Neto, Tanure, & Carrieri, 2010). Tratando-se da institucionalização de conceitos como sustentabilidade, ecoeficiência e P+L, verifica-se quando adotam práticas socioambientais adequadas.

As atividades empreendedoras são promovidas e limitadas pelas instituições (Bruton, Ahlstrom, & Li, 2010). Enquanto elas estimulam a inovação nas empresas, como melhorias em produtos e processos e colaboram para a satisfação dos consumidores, investidores e *stakeholders*, podem também limitá-la, por meio de legislações, subsídios, créditos, financiamentos e outros instrumentos (Garcia, 2017). Desse modo, as organizações podem preferir adotar as práticas socioambientais regulamentadas ao invés de buscarem inovações, visando a aproveitar os recursos oferecidos, bem como não serem sancionadas por descumprimento.

De acordo com Trevisan e Pedroso (2010), o fato de atuarem em cadeia e com normativas sancionadas faz com que as organizações, ao longo do tempo, se submetam a um ambiente que limita sua capacidade de inovação, visto que precisam

considerar a existência e as ações das demais organizações e se manterem competitivas. Portanto, resultando no isomorfismo do segmento.

O isomorfismo é um processo que força uma unidade na população a se assemelhar com outras que enfrentam as mesmas condições ambientais (Dimaggio & Powell, 2005; Inglar, Santos, & Pupo-Junior, 2017), como uma busca progressiva por legitimidade através da reprodução das ações de outras empresas já legitimadas no mesmo campo (Assis et al., 2010). Logo, a homogeneidade das empresas passa a ser um produto do isomorfismo institucional.

Dimaggio e Powell (2005) destacam que nem todo processo mimético deriva de pressões coercitivas, ou seja, devido às regulamentações, mas pode muitas vezes advir de incertezas, como tecnologias incompreendidas e metas ambíguas, tendo como resposta a imitação de práticas já adotadas por outras empresas do segmento. Assim, nas empresas menores, advém da busca para garantir recursos e obter apoio das principais partes interessadas (Korsakienė, Diskienė, & Smaliukienė, 2015).

As cervejarias menores se deparam com a baixa disponibilidade de recursos para investir nas práticas recomendadas (Sorrel et al., 2000), além de que, muitas vezes, as tecnologias recomendadas não são apropriadas para as suas escalas de produção (Embry, 2018). Isso ocorre porque os mecanismos e ferramentas para desenvolvimento sustentável são desenvolvidos, geralmente, para grandes corporações (Jenkins, 2004; Cheng & Yu, 2012; Windolph, Schaltegger, & Herzig, 2014) e podem exigir altos custos para implementação (Martos, Tsay, & Munck, 2012).

De acordo com Korsakienė et al. (2015), as limitações enfrentadas pelas PMEs, como o espaço físico restrito e os recursos limitados, são vistas como uma desvantagem considerável frente às grandes corporações, mas que pode ser superada por um contexto institucional mais favorável. Além disso, a cooperação e o apoio mútuo entre as pequenas empresas podem colaborar para que elas consigam sustentar seus custos e agirem de maneira ambientalmente adequada.

De acordo com Zachow (2012), no Brasil, as PMEs são relevantes em número, mas também em mortalidade, devido às dificuldades de negociação com fornecedores e clientes, quando comparadas às empresas de maior porte. Nesse sentido, os Arranjos Produtivos Locais (APL) colaboram para que empresas menores consigam uma maior representatividade e possam concorrer com as grandes corporações (Sandri, 2019), visto que, individualmente, não conseguiriam com facilidade ou não

alcançariam os resultados pretendidos (Zachow, 2012). E, assim sendo, podem promover o isomorfismo entre as empresas que o compõem, visto o objetivo comum.

2.5 Os Arranjos Produtivos Locais e as cervejarias artesanais

De acordo com Mathias et al. (2017), os cervejeiros artesanais são conhecidos por sua parceria cooperativa e apoio mútuo, frente à competição existente entre os grandes grupos. Assim, organizarem-se em APLs pode ser muito benéfico para que as cervejarias artesanais alcancem melhores resultados.

De acordo com o Sebrae (2014), o APL pode ser definido como uma aglomeração de organizações, que estão localizadas em um mesmo território, que apresentam especialização produtiva e mantêm vínculos de articulação, interação, cooperação e aprendizagem com demais atores locais, por exemplo, com governos, associações empresariais, instituições de crédito, ensino e pesquisa.

Essa aglomeração, segundo Sandri (2019), nada mais é que uma parceria que permite a participação das pequenas empresas em empreendimentos de grande porte, buscando-se além do resultado individual de cada participante.

Assim, para ser um APL, as empresas devem funcionar de maneira organizada, interagindo entre elas e possuindo mecanismos de coordenação. Sem essa coordenação, pode-se dizer que não há propriamente um APL, mas apenas uma aglomeração física de empresas que mantêm encontros casuais (Amaral-Filho, 2005).

Desde 2018, a Secretaria de Desenvolvimento Econômico, Ciência, Tecnologia e Inovação do Estado de São Paulo reconhece o Polo Cervejeiro de Ribeirão Preto como um APL. No momento em que este estudo foi realizado, o Polo era composto por oito cervejarias artesanais da cidade, que buscam, juntas, promover e consolidar a cultura cervejeira em Ribeirão Preto, e fortalecer sua identidade como polo e individualmente. De acordo com Caetano (2018), a medida deve estimular e facilitar o acesso de microcervejarias a importantes políticas públicas, linhas de crédito, redução de alíquotas, além de incentivos à estrutura e promoção do Polo Cervejeiro.

Para se sustentar no mercado e alcançar as metas almejadas, o APL deve considerar, além do aspecto financeiro, as dimensões social e ambiental, dentre outras (Silva & Martins, 2017). Portanto, a sustentabilidade se faz importante na manutenção e durabilidade dessa forma de organização.

Referente ao aspecto ambiental, esse tipo de organização pode servir para a disseminação de práticas de P+L entre as empresas do grupo, promovendo melhorias ambientais nas suas operações e, assim, reduzindo custos, atingindo-se a ecoeficiência conjunta.

3 METODOLOGIA

Esta pesquisa empírica teve início com o embasamento na literatura sobre desenvolvimento sustentável, sustentabilidade, ecoeficiência e produção mais limpa. Posteriormente, buscou-se, em campo, identificar as principais interações ambientais da produção de cerveja artesanal, os recursos mais consumidos, os subprodutos mais frequentes ao subsetor e informações de custos para embasamento das análises.

Caracteriza-se como exploratória quanto aos objetivos. De acordo com Gil (2008), a pesquisa exploratória é realizada especialmente quando o tema é pouco explorado, a fim de proporcionar uma visão geral, de tipo aproximativo, acerca dele. Habitualmente, segundo o referido autor, as pesquisas exploratórias são desenvolvidas visando colaborar para a atuação prática. Nesse sentido, configura-se como aplicada, visto que a divulgação dos resultados obtidos tem potencial de gerar efeitos práticos para o setor, nesse caso, cervejarias artesanais.

Esse tipo de pesquisa, segundo Gil (2008), pode envolver diversos procedimentos, como o levantamento bibliográfico e documental, entrevistas não padronizadas e estudos de caso, como ocorreu nesta.

Para investigar a adesão das práticas de P+L nas cervejarias artesanais, essa pesquisa foi realizada por meio do estudo de casos múltiplos. De acordo com Gil (2008), o estudo de caso caracteriza-se pela investigação exaustiva de um ou poucos objetos, propiciando um conhecimento amplo e detalhado do cenário. Segundo Alves-Mazzotti (2006), configura-se como estudo de casos múltiplos as investigações simultâneas de várias entidades.

Este estudo consiste em investigar um fenômeno atual no seu contexto, no caso, cervejarias artesanais e ecoeficiência no subsetor, dado que as fronteiras entre eles não estão claramente definidas e que há várias fontes de evidência para exploração (Yin, 2005, p.32).

O critério utilizado para a seleção das empresas participantes compreende a definição de cervejarias artesanais trazida por Matos (2011), ou seja, que se encaixam em pequenas empresas que produzem variados estilos de cerveja com elevado valor agregado, em baixa escala atuando localmente. Desse modo, participam deste estudo três microcervejarias integrantes do Polo Cervejeiro de Ribeirão Preto: Monstera, Peperomia e Dracaena, nomes fictícios. O referido Polo é composto por oito

empresas; todas foram convidadas a participar da pesquisa, entretanto, somente as mencionadas se disponibilizaram.

No que se refere ao tempo de vida das cervejarias analisadas, a Dracaena inaugurou suas atividades no início de 2015, um ano antes da cervejaria Monstera. Já a cervejaria Peperomia abriu suas portas no final de 2018, passando por mudança de local e reestruturação da fábrica durante o ano de 2019, portanto, ainda se encontrava em fase de abertura, tendo iniciado suas atividades recentemente.

Como técnicas de coleta de dados, utilizam-se a observação direta nas fábricas das cervejarias participantes e a entrevista semiestruturada, aplicada aos gestores e/ou responsáveis pelo processo de produção, de modo que as perguntas possam gerar novas contribuições e questionamentos à medida em que são respondidas. Por se tratar de um cenário pouco explorado, esse tipo de entrevista pode colaborar para a identificação de situações que não foram previamente abordadas no estudo.

Para a construção do roteiro da entrevista, utilizou-se a pesquisa bibliográfica e documental, além do contato com um engenheiro de produção especializado em regulamentações ambientais, sem vínculo com as empresas participantes. Segundo Raupp e Beuren (2006), a pesquisa documental consiste em utilizar informações que não receberam tratamento analítico ou que podem ser reelaboradas de acordo com os objetivos da pesquisa. Por meio dela, fez-se um levantamento das práticas de P+L recomendadas para cervejarias no Guia Técnico Ambiental da Cetesb (2005), adaptando-as conforme o contexto das cervejarias artesanais. A fim de investigar a aderência dessas práticas no subsetor, elaboraram-se quadros a serem preenchidos com os resultados das entrevistas.

Considerando-se a relevância do conhecimento sobre a fabricação de cerveja para identificar o nível de adesão às práticas recomendadas pela Cetesb (2005), foram convidados gestores com conhecimento sobre o processo operacional e/ou mestres cervejeiros. Nesse sentido, colaboraram com a pesquisa cinco participantes, sendo quatro gestores e um mestre-cervejeiro, dispostos da seguinte maneira: dois gestores da Dracaena, um gestor da Peperomia e um gestor e um mestre-cervejeiro da Monstera.

Para a viabilização das entrevistas, o estudo foi submetido ao Comitê de Ética, na Plataforma Brasil do Ministério da Saúde. Pautou-se, portanto, na assinatura dos gestores na Manifestação de Concordância da Instituição Co-participante e de todos os participantes entrevistados no Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.

Foi realizada, pelo menos, uma entrevista por empresa, que durou, em média, uma hora cada. À medida em que as perguntas foram respondidas, e novos questionamentos foram necessários, o roteiro da entrevista foi aperfeiçoado. A primeira e a segunda versão do roteiro constam nos Anexos II e III deste estudo.

Além das entrevistas, visitaram-se as fábricas das cervejarias para que se pudesse observar aspectos físicos e operacionais, para a melhor compreensão e análise das informações obtidas junto aos entrevistados. Ocorreram 3 visitas técnicas, sendo duas à cervejaria Monstera e uma à cervejaria Peperomia, que duraram, aproximadamente, uma hora e meia cada.

Após a coleta dos dados, deu-se a transcrição das entrevistas e das observações, que se encontram no Anexo IV deste estudo. Posteriormente, as informações obtidas foram analisadas e interpretadas, incluindo-se o preenchimento dos quadros, visando trazer as discussões a respeito da adesão das práticas de P+L no subsetor, e, a partir delas, analisou-se o nível de ecoeficiência das entidades envolvidas.

4 DESENVOLVIMENTO

Nesta seção, serão apresentados o processo produtivo de cerveja artesanal e as práticas de P+L recomendadas pela Cetesb (2005), em seu Guia Técnico Ambiental, para a água, energia e subprodutos, na produção de cerveja. Posteriormente, apresentam-se as empresas participantes, a fim de caracterizá-las e também conhecer suas limitações operacionais. Em seguida, discute-se a aderência às práticas de P+L durante o processo operacional, explicitando as possibilidades em que elas podem ser promovidas, as dificuldades encontradas e também, quando possível, os resultados financeiros que podem originar.

4.1 Produção de cerveja artesanal

O processo de produção de cerveja artesanal pode apresentar variações devido aos diferentes tipos de cervejas produzidas, mas, neste trabalho, sintetiza-se pelo uso de água, malte, lúpulo e levedura. Apresentam-se, na Figura 1, as etapas da produção, destacando-se os insumos utilizados e os subprodutos gerados.

O processo tem seu início com a moagem dos grãos de malte, que é feita para expor o amido que se encontra no interior dos grãos. Posteriormente, na etapa chamada mostura, misturam-se os grãos com água, a fim de que o amido possa adocicar o, agora chamado, mosto cervejeiro. Em seguida, adiciona-se mais água para clarificar o mosto e colaborar também para separar as cascas de malte do mosto cervejeiro. As cascas segregadas nessa etapa compõem o resíduo sólido chamado bagaço de malte ou dreche. Posteriormente, ocorre a fervura do mosto, em que é adicionado lúpulo a fim de auferir amargor. Quando finalizada, separam-se os resíduos de lúpulo, chamados *trub*.

O mosto é resfriado e destinado aos tanques de fermentação, onde se adiciona levedura, que irá transformar o açúcar presente no mosto em álcool e gás carbônico, e adiciona-se lúpulo, opcionalmente, quando se almeja auferir aroma. Para um bom desempenho na fermentação do mosto cervejeiro, é necessário que a temperatura dos tanques se mantenha constante. Para isso, possuem um controle de temperatura integrado que pode resfriá-los, visto que a fermentação é um processo que gera calor.

Figura 1 - Fluxograma da produção de cerveja

Fonte: Próprio autor, com base nas visitas técnicas.

Ao final da fermentação, inicia-se a etapa de maturação, composta pelo descanso da cerveja por um período de tempo, até que as leveduras excedentes decantem no fundo dos tanques. O excesso de levedura é segregado do mosto e compõe outro resíduo sólido foco deste estudo.

Posteriormente, a cerveja é destinada ao envase, que pode ser feito em barris, muitas vezes para consumo no bar da própria fábrica, ou em garrafas e latas. Por fim, faz-se a pasteurização da cerveja, que é a variação brusca de temperatura a fim de aumentar o tempo de prateleira, ou vida útil, do produto.

No contexto das artesanais, especificamente quando o bar da cervejaria é acoplado à fábrica, o produto a ser consumido nas torneiras de chope do bar não é pasteurizado, pois, além de conservar as características do produto, a escala de produção permite que ele seja consumido em um período curto de tempo.

4.2 Práticas de P+L recomendadas pela Cetesb aplicáveis em cervejarias artesanais e elaboração do modelo a ser investigado

A Cetesb (2005) propõe medidas para a redução da poluição gerada no processo cervejeiro, dentre as quais este estudo se restringe a investigar o uso eficiente de água e minimização de efluentes, o uso racional de energia (em forma de calor e elétrica) e o aproveitamento de resíduos, sendo eles o bagaço de malte, os *trubs* e a levedura excedente.

Para fins deste estudo, as práticas para a água foram adaptadas e segregadas em água do processo e de limpeza. Considera-se a água do processo aquela consumida e descartada nas etapas de resfriamento e pasteurização; água de limpeza, aquela consumida e descartada na limpeza de equipamentos e materiais.

Apresenta-se o Quadro 6, referente à água do processo, a ser preenchido com as observações feitas nas cervejarias artesanais.

Quadro 6 – Práticas de P+L para a água do processo

Práticas para a água do processo	Cervejaria Artesanal 1	Cervejaria Artesanal 2	Cervejaria Artesanal 3
Controle de fluxo e vazão da água de processo			
Etapa de Resfriamento			
☐ Fechamento de circuito			
☐ Armazenagem do efluente para posterior reuso			
☐ Reuso do efluente no preparo de nova batelada			
☐ Reuso do efluente em outros locais da planta			
Etapa de Pasteurização			
☐ Fechamento de circuito			
☐ Armazenagem do efluente para posterior reuso			
☐ Reuso do efluente em outros locais da planta			

Fonte: Próprio autor, com base no Guia Técnico Ambiental da Cetesb (2005).

Práticas de controle de fluxo e vazão referem-se à instalação de medidores de vazão e totalizadores de fluxo, bem como restritores, *timers* e válvulas de controle de fluxo automático, junto à realização de um programa de manutenção que objetive eliminar ou reduzir vazamentos. Investigam-se tais práticas para a água do processo, bem como para a água de limpeza, em atividades de higienização, dos equipamentos e vasilhames (Cetesb, 2005).

Durante a produção, as cervejarias podem adotar os sistemas de recirculação de água no envase (Cetesb, 2005), mas não é o caso das cervejarias artesanais, uma vez que elas contam com envasadoras manuais, conforme Agyingi (2020) e constatação nas visitas. Nesse sentido, a recirculação não será investigada nessas cervejarias nessa etapa, mas sim, nas etapas de pasteurização (Cetesb, 2005), quando realizada, e no resfriamento do mosto, conforme proposto por Medeiros (2017). Na ausência desses sistemas, investiga-se o reuso dos efluentes gerados, integrando, para isso, reservatórios para a armazenagem de água.

A Figura 2 ilustra, em forma de fluxograma, as medidas que podem ser adotadas para as etapas de resfriamento e de pasteurização. Na presença de sistemas de recirculação de água, não é gerado efluente, por outro lado, se gerado, pode ser reincorporado na linha de produção ou em outras operações.

Figura 2 – Práticas de P+L para as etapas de resfriamento e pasteurização

Fonte: Próprio autor, com base em Cetesb (2005) e Mathias et al. (2017).

Referente às práticas para a água de limpeza propostas pela Cetesb (2005), além do controle de fluxo e vazão, investiga-se a realização de limpeza a seco antes do uso de soluções, a fim de minimizar a geração de efluentes, bem como o reaproveitamento das soluções e dos efluentes gerados. Por fim, no que se refere aos efluentes gerados, busca-se verificar se eles são tratados, de modo que possam ser reutilizados nas cervejarias. Apresentam-se, no Quadro 7, as práticas de P+L para a água de limpeza, a serem investigadas.

Quadro 7 – Práticas de P+L para a água de limpeza

Práticas para a água de limpeza	Cervejaria Artesanal 1	Cervejaria Artesanal 2	Cervejaria Artesanal 3
Controle de fluxo e vazão da água de limpeza			
Limpeza a seco antes do uso de soluções de limpeza nos equipamentos			
Reaproveitamento de soluções de limpeza			
Reuso do efluente de limpeza			
Tratamento de efluentes para reuso			

Fonte: Próprio autor, com base no Guia Técnico Ambiental da Cetesb (2005).

O Quadro 8 apresenta as práticas de P+L para a energia, recomendadas pela Cetesb (2005), que incluem a adoção de sistemas de cogeração, que permitem gerar calor e eletricidade com apenas uma fonte de combustível, bem como práticas voltadas para a manutenção do calor gerado nas etapas de resfriamento e fervura do mosto. Portanto, investiga-se se promovem a conservação de calor e a reintegração deste no processo, quando possível. Por fim, se os motores e equipamentos elétricos utilizados possuem desempenho adequado.

Quadro 8 – Práticas de P+L para a energia

Práticas para a energia	Cervejaria Artesanal 1	Cervejaria Artesanal 2	Cervejaria Artesanal 3
Sistema de cogeração de energia			
Isolamento térmico adequado nos equipamentos			
Produção de água quente no trocador de calor e reuso em operações que exigem água quente			
Circuito fechado de vapor e condensado na fervura do mosto			
Recuperação do calor do vapor gerado na fervura para pré-aquecer o mosto			
Presença de motores elétricos com bom desempenho			

Fonte: Próprio autor, com base no Guia Técnico Ambiental da Cetesb (2005).

Posteriormente, apresentam-se as práticas de P+L recomendadas para os subprodutos do processo, sendo eles, o bagaço de malte, o *trub* e a levedura excedente, que poderão ser tratados em conjunto ou separadamente.

Para minimizar as perdas no processo, a Cetesb (2005) recomenda identificar se os processos de moagem e maceração são satisfatórios, bem como, se o projeto da caldeira de mostura e a sua operação são adequados. Quanto aos resíduos

gerados, quando não reintegrados à linha de produção, podem ser destinados para a indústria de alimentos e para a alimentação animal. A Cetesb (2005) ainda sugere a remoção a seco da levedura nos equipamentos, a fim de evitar o desperdício do subproduto e o consumo de água, que de outra forma seria utilizada para remover os materiais na limpeza interna dos equipamentos, conhecida por CIP (*Clean in Place*).

Quadro 9 – Práticas de P+L para os subprodutos gerados

Práticas para os subprodutos gerados	Cervejaria Artesanal 1	Cervejaria Artesanal 2	Cervejaria Artesanal 3
Minimização de perdas no processo			
Reuso no preparo de nova batelada			
Venda para indústrias de alimentos			
Destinação para a alimentação animal			
Remoção a seco da levedura residual do interior dos equipamentos			

Fonte: Próprio autor, com base no Guia Técnico Ambiental da Cetesb (2005).

4.3 Processo produtivo das cervejarias investigadas

Tendo em vista as variações que podem existir nesse segmento, apresentam-se os processos produtivos das cervejarias artesanais investigadas, incluindo suas capacidades produtivas, produção mensal, e os sistemas de reuso de água e de recuperação de energia em forma de calor, bem como os subprodutos gerados.

A Figura 3 ilustra o processo produtivo da cervejaria Monstera, que é composto por três painéis industriais para a brassagem, clarificação e fervura, com capacidades de mil litros cada, e por 5 tanques de fermentação, com capacidade de 3 mil litros cada, que produzem, em média, um total de 19 mil litros por mês.

Figura 3 - Modelo de produção na Monstera

Fonte: Próprio autor, com base nas visitas técnicas.

A Figura 4 ilustra o modelo de produção da cervejaria Peperomia. Tem-se três painéis industriais, que comportam 500 litros cada, e o tanque de fermentação, com capacidade de 1,2 mil litros. São produzidos cerca de mil litros de cerveja por mês.

Figura 4 - Modelo de Produção da Peperomia

Fonte: Próprio autor, com base nas visitas técnicas.

O modelo de produção da cervejaria Dracaena está representado pela Figura 5. Sua cozinha é composta por duas panelas industriais, com capacidade de 300 litros cada, e cinco tanques de fermentação, dos quais quatro têm capacidade de 250 litros cada, e o outro de 500 litros. A produção é de, aproximadamente, 2,5 mil litros mensais, consumidos principalmente no próprio bar. Diferente das outras cervejarias, utiliza-se aquecimento elétrico em vez de calor de vapor. Assim, uma das panelas, utilizada na mostura e fervura, é aquecida por esse sistema, enquanto a outra, sem aquecimento, é utilizada na clarificação do mosto cervejeiro.

As cervejarias Peperomia e Dracaena configuram-se como *brewpub* e, assim, têm seus bares juntos das fábricas. Por esse motivo, não promovem a pasteurização dos produtos, envasando apenas em barris para serem consumidos no local.

Figura 5 - Modelo de Produção da Dracaena

Fonte: Próprio autor, com base nas visitas técnicas.

O Quadro 10 apresenta uma síntese da produção média das cervejarias em estudo e os índices de consumo de água e energia¹, bem como de geração de subprodutos, para cada litro de cerveja produzida. No tópico seguinte, discutem-se esses índices, relacionando-os com o nível de adesão às práticas de P+L.

Quadro 10 – Taxas de consumo de recursos e geração de subprodutos

Cervejarias	Monstera	Peperomia	Dracaena
Produção mensal de cerveja (em l)	19.500	1.000	2.500
Consumo de água (em l/l)	4,4	5	16
Consumo de energia (em kWh/l)	0,3	2	2,6
Geração de bagaço de malte (em kg/l)	0,2	0,3	0,24

Fonte: Próprio autor, a partir de dados informados pelas cervejarias artesanais investigadas.

4.4 Adesão às práticas de P+L nas cervejarias investigadas

Investiga-se, neste tópico, a aderência das práticas nas cervejarias artesanais do estudo. O preenchimento dos quadros, que sintetizam as discussões, ocorreu de

¹ A cervejaria Peperomia informou o valor aproximado do gasto mensal com energia elétrica. Para o cálculo da taxa de consumo físico, utilizou-se o índice de 0,73 reais por kWh, encontrado por meio dos valores informados pela cervejaria Monstera.

três formas: “Sim”, para quando a prática é adotada; “Não”, para a situação contrária; e “Não se aplica”, para situações em que não é aplicável.

4.4.1 Água

Nos Quadros 11 e o 12, apresenta-se a adesão das cervejarias às práticas de P+L para a água do processo e na limpeza, respectivamente, bem como a produção média mensal e o consumo de água por litro de cerveja produzida, já apresentados no Quadro 10, para efeito de análise conjunta.

Observa-se que as cervejarias Monstera e Peperomia apresentam índices próximos, de 4,4 e 5, respectivamente, e a Dracaena apresenta um índice de 16 litros. As duas primeiras estão de acordo com a estimativa apresentada por Fillaudeau et al. (2006), que era de 4 a 10 litros de água para cada litro de cerveja produzida, prevendo-se índices ainda maiores em cervejarias menores.

Quadro 11 – Adesão às práticas de P+L para a água de processo

Indicadores de produção e consumo	Monstera	Peperomia	Dracaena
Produção média mensal (em l)	19.500	1.000	2.500
Consumo de água (em l/l)	4,4	5	16
Práticas para a água do processo			
Controle de fluxo e vazão da água	Não	Não	Não
Etapa de Resfriamento			
Circuito fechado de recirculação de água	Não	Sim	Não
Armazenagem do efluente para posterior reuso	Sim	Não se aplica	Não
Reuso do efluente no preparo de nova batelada	Sim	Não se aplica	Não
Reuso do efluente em outros locais da planta	Sim	Não se aplica	Sim
Etapa de Pasteurização			
Circuito fechado de recirculação de água	Não	Não se aplica	Não se aplica
Armazenagem do efluente para posterior reuso	Sim	Não se aplica	Não se aplica
Reuso do efluente em outros locais da planta	Sim	Não se aplica	Não se aplica

Fonte: Dados da pesquisa.

O Quadro 11 demonstra que a maior produção está na Monstera, como também o menor consumo de água e, destacadamente, a maior quantidade de práticas para redução e consumo no processo produtivo. Em contrapartida, os dados apurados da companhia Dracaena são opostos, em razão de que esta não adota

sistemas de recirculação e nem reutiliza o efluente do resfriamento no preparo de nova batelada, resultando em diferenças de consumo de água significativas. Ignorando outros aspectos que podem afetar o contexto, as posições extremas evidenciam que a adoção das mencionadas práticas como instrumento para diminuir o consumo de matéria-prima e de produção de resíduos podem conduzir à ecoeficiência, tal como mencionado por *United Nations Global Compact* e *KPMG Internacional* (2016).

De acordo com autores retro mencionados, práticas de reuso de água residual no processo de produção (circuitos de recirculação de água e reuso do efluente do resfriamento, por exemplo) são ações que podem ser adotadas rumo ao desenvolvimento sustentável.

De acordo com Medeiros (2017), consome-se 2,5 litros de água para resfriar um litro de cerveja, e assim, na ausência das práticas anteriormente mencionadas, presume-se que a Dracaena descarta, mensalmente, cerca de 6,25 mil litros ($2,5 \times 2.500$) de água nesse processo, conforme índice apresentado pelo autor. Frente aos 40 mil consumidos na produção, representa uma perda de 16% ($6.250 / 40.000$).

O armazenamento da água quente para posterior reuso é uma prática que demanda baixo investimento, quando comparada às outras investigadas, e não exige demasiado espaço físico. Contudo, pode não ser facilmente aplicável em cervejarias nas quais o espaço da fábrica é mais restrito, como é o caso da Dracaena. Se a fábrica conseguisse reestruturar sua planta, essa prática poderia reduzir o consumo de água e também de energia, que, de outro modo, seria utilizada para esquentá-la.

É relevante ressaltar que as deficiências na empresa Dracaena foram atribuídas à limitação de espaço físico para instalação de sistema de recirculação, bem como de reservatórios para armazenagem do efluente gerado e, ainda, ao abastecimento irregular de água pela companhia municipal responsável. Portanto, no caso, há um fator econômico limitando a adoção de práticas que contribuiriam para maior nível de ecoeficiência, conforme previamente evidenciado por Sorrel et al. (2000) e Korsakiene et al. (2015).

As práticas não aplicáveis na Peperomia, referentes ao resfriamento, ocorre porque ela adota um sistema fechado de recirculação, e, portanto, não gera efluente. Ao contrário dela, a Monstera não tem sistema fechado, mas adota todas as outras práticas sugeridas para essa etapa.

Atenta-se que a etapa de envase abrange a limpeza dos vasilhames, o envase propriamente dito e a pasteurização. De acordo com Gebhardt (2018), o consumo de

água no envase é expressivo devido, principalmente, ao saneamento envolvido na limpeza das garrafas. No entanto, as cervejarias Peperomia e Dracaena, configuradas como *brewpubs*, fazem o envase apenas em barris e, assim, não pasteurizam seus produtos, o que leva a uma redução no consumo de água nessa etapa. A Monstera promove a pasteurização, e ainda que aplique esse procedimento a mais e não possua sistema fechado de recirculação de água nessa etapa, adota as outras práticas recomendadas e, portanto, destina adequadamente os efluentes gerados.

Quadro 12 – Adesão às práticas de P+L para a água de limpeza

Indicadores de produção e consumo	Monstera	Peperomia	Dracaena
Produção média mensal (em l)	19.500	1.000	2.500
Consumo de água (em l/l)	4,4	5	16
Práticas para a água de limpeza			
Controle de fluxo e vazão da água de limpeza	Não	Não	Não
Limpeza a seco antes do uso de soluções de limpeza nos equipamentos	Não	Não	Não
Reaproveitamento de soluções de limpeza	Não	Não	Sim
Reuso do efluente de limpeza	Sim	Sim	Não
Tratamento de efluentes para reuso	Não se aplica	Não se aplica	Não se aplica

Fonte: Dados da pesquisa.

No que se refere ao controle de fluxo e vazão em atividades de limpeza, percebe-se que, nas cervejarias investigadas, há mangueiras com pressurizadores, bem como equipamentos, inerentes ao processo, que cortam o fluxo de água quando não mais necessária. Entretanto, o conjunto de práticas adotadas, tanto nas atividades de limpeza como nas atividades de processo, não fornecem aos gestores o monitoramento quantitativo e, portanto, não lhes permite a percepção do nível de eficiência no consumo de água. Assim, não se configuram como controle quantitativo.

A ausência de sistemas de controle mais específicos para a água dificulta a identificação de operações menos eficientes e, portanto, pode comprometer a mensuração do progresso em ecoeficiência e no alcance dos ODS que tratam de gestão sustentável da água e eficiência de processos industriais, dentre outros, conforme verificado por Lu et al., (2015). Além disso, considerando-se o contexto entre cervejarias, o controle de fluxo e vazão permitiria levantar dados comparativos entre elas, permitindo um maior isomorfismo do setor no que se refere às práticas de P+L.

De forma geral, observa-se que os procedimentos recomendados para redução do consumo de água nas operações de limpeza são pouco adotados pelas três companhias. Mesmo na indicação de reuso não há consenso. Considerando-se que esse é o estágio da produção que mais interage com o meio ambiente, os esforços para diminuir a geração de efluentes seriam bastante relevantes. Conforme Van der Merwe e Friend (2002), o reuso de água e de soluções de limpeza em cervejarias artesanais faria com que esse recurso fosse descartado em menor quantidade, evitando o impacto socioambiental, além de permitir a economia de custos de produtos de limpeza e de tratamento de efluentes.

Uma prática que poderia colaborar para reduzir a necessidade de água e soluções na higienização de equipamentos é, previamente, limpá-lo a seco, conforme também recomendado por Olajire (2012). Entretanto, verificou-se, nas três cervejarias, que essa prática possui baixa adesão por exigir força de trabalho braçal por um tempo em demasia. Portanto, constata-se que a análise restrita do custo do consumo da água, comparativamente, ao custo da mão-de-obra, leva à decisão da manutenção dos procedimentos menos adequados sob o ponto de vista da ecoeficiência.

O consumo de água para a limpeza interna dos equipamentos (CIP) apresenta variações dentre as cervejarias, na quantidade de enxágues e no montante de água e soluções utilizadas. Enquanto a Peperomia apresenta uma taxa de consumo de 1,2 litros de água para a capacidade do equipamento, na cervejaria Dracaena essa taxa é de 0,54 e, na Monstera, é de 0,1, conforme estimativas informadas pelos gestores.

Percebe-se que, na Monstera, em que a escala de produção é significativamente maior, a taxa de consumo de água é menor nessa atividade. Isso pode ocorrer, dentre outros motivos, pelas soluções utilizadas, que podem ter maior rendimento e precisar de menos água para diluição, ou pelo desconhecimento dos outros gestores, o que faz com que consumam água acima do necessário.

Para reduzir os custos associados ao consumo de água e ao tratamento dos efluentes gerados em atividades de limpeza, a cervejaria deve buscar minimizar a água consumida nelas, conforme Van Merwe e Friend (2002). Em vista das variações no consumo de água no CIP dos equipamentos, essa prática poderia ser oportuna para que as cervejarias Dracaena e Peperomia reduzissem a taxa utilizada e, assim, os custos associados a essa atividade, atingindo maior índice de ecoeficiência.

Em relação às soluções utilizadas no CIP dos equipamentos, cervejarias menores, como é o caso da Dracaena, buscam reaproveita-las, devido aos altos

custos que elas têm no mercado, principalmente quando comparadas ao do consumo de água, conforme previsto por alguns autores (Carrera, 2015; Kunze, 2007; Goode et al., 2010; Goode, 2012). Observa-se que, na Dracaena, essa prática é benéfica à sustentabilidade originada de uma decisão econômica. Por outro lado, no caso da Monstera, os custos com essas soluções não se mostraram tão representativos, podendo ser a razão pela qual a cervejaria não promove o reaproveitamento delas.

Assim como na limpeza interna dos equipamentos, a higienização das garrafas é uma atividade que pode consumir um montante significativo de água, quando na ausência de lavadoras eficientes ou de práticas de reuso. Na Monstera, a higienização dos vasilhames do envase, que vêm previamente sanitizados de fábrica, consome cerca de 0,06 litros de água por garrafa, que é um índice ainda mais baixo do que o apresentado pela Cetesb (2005) para uma lavadora eficiente, de 0,3 litros por garrafa. Em vista disso, existem duas possibilidades, dado que o baixo índice pode ocorrer pela cervejaria possuir equipamentos modernos e eficientes, bem como pelos vasilhames serem adquiridos previamente sanitizados, uma vez que não há práticas de reuso de água nessa operação. Nas outras cervejarias, não foi possível observar esses índices. Em relação ao efluente gerado nessa atividade, entende-se que o seu reuso é pouco explorado, uma vez que não ocorre em nenhuma das três cervejarias.

A dificuldade em se reutilizar os efluentes de limpeza, seja dos equipamentos ou dos vasilhames, se dá, principalmente, por possuírem restos de soluções e uma considerável carga de matéria orgânica, conforme também observado por Brewers of Europe (2002). Sem o tratamento adequado, como é feito internamente nas grandes cervejarias, esse efluente é pouco aproveitado nas artesanais.

Por não possuírem Estações de Tratamento de Efluentes (ETEs) incorporadas às suas fábricas, mas visando atender às regulamentações ambientais, as artesanais firmam contratos com empresas terceirizadas para o tratamento dos efluentes, com a justificativa de que são processos muito complexos e que demandam altos investimentos, e, por essa razão, não conseguem reutiliza-los em outras operações. Isso está de acordo com Simate et al. (2011), que concluiu que essa prática exige a integração de diversos métodos que demandam grande dispêndio financeiro, por ser uma atividade relativamente complexa na cervejaria. Além disso, Barbosa (2019) atenta para a disponibilidade de espaço físico necessária para a aplicação.

A Figura 6 ilustra o nível de atendimento das práticas de P+L para a água e o respectivo consumo da cervejaria. Reforçando o demonstrado nos Quadros 11 e 12,

percebe-se que, quanto maior a aderência das práticas recomendadas, menor é o índice de consumo desse recurso.

Figura 6 – Nível de aderência x Consumo de água

Fonte: Dados da pesquisa.

4.4.2 Energia

O Quadro 13 apresenta a aderência das cervejarias artesanais às práticas de P+L em relação à energia, bem como a produção média mensal e o consumo de energia elétrica, em kWh por litro produzido.

Quadro 13 – Adesão às práticas de P+L para a energia

Indicadores de produção e consumo	Monstera	Peperomia	Dracaena
Produção média mensal (em l)	19.500	1.000	2.500
Consumo de energia elétrica (em kWh/l)	0,3	2	2,6
Práticas para a energia			
Sistema de cogeração de energia	Não	Não	Não
Isolamento térmico adequado nos equipamentos	Sim	Sim	Sim
Produção de água quente no trocador de calor e reuso em operações que exigem água quente	Sim	Não	Não
Circuito fechado de vapor na fervura do mosto	Sim	Sim	Não se aplica
Recuperação do calor do vapor gerado na fervura para pré-aquecer o mosto	Não	Não	Não se aplica
Presença de motores elétricos com bom desempenho	Sim	Sim	Sim

Fonte: Dados da pesquisa.

Segundo Kubule et al. (2016), o consumo de energia elétrica nas cervejarias europeias é de 0,24 KWh por litro; no Brasil, conforme Ortiz (2014), este índice é de 1,06 KWh/l. As empresas da amostra apresentaram índices de consumo de energia elétrica bem variados, de 0,3 kWh por litro produzido na Monstera, 2 KWh/l na Peperomia e de 2,6 kWh/l na Dracaena. Os indicadores não podem ser comparados com as cervejarias artesanais europeias, que produzem mensalmente 125 mil litros e que estão em um contexto bem diferente do brasileiro. Mas, enquanto uma delas apresenta um indicador bem mais favorável do que a média apurada por Ortiz (2014), outras duas mostraram consumo superior.

De acordo com os dados apresentados, percebe-se um consumo de energia expressivamente menor na empresa com maior nível de adoção das práticas recomendadas sob o ponto de vista de uma produção ambientalmente correta, dando-lhe, portanto, maior destaque em termos de ecoeficiência. Os resultados se realizam por meio da utilização de tecnologias que permitem a reintegração de calor, evitando os gastos do reprocessamento. Conforme verificado por Sturm et al. (2013), quanto maior a escala de produção das cervejarias, mais eficientes em termos energéticos, devido ao aumento na capacidade produtiva resultar em custos unitários mais baixos.

Em relação à cogeração de energia, entende-se que essa prática se mostra inviável para as cervejarias artesanais, visto que os equipamentos necessários demandam altos investimentos, o que foi verificado junto aos gestores entrevistados, demonstrando que as dificuldades discutidas por Gallego e Martins (1998) ainda se mantêm válidas nos dias de hoje.

Quanto ao isolamento térmico dos equipamentos, os gestores das três cervejarias afirmaram que os equipamentos nunca apresentaram problemas, sendo uma especificação assegurada pelos fabricantes. Extrapolando-se para onde eles estão instalados, a fim de evitar elevada discrepância entre as temperaturas interna e externa, todas as cervejarias investigadas mantêm seus equipamentos sob sombra, sem luz solar direta, alinhado ao que é sugerido por Schaltegger et al. (2012).

A produção de água quente e reuso no processo, em temperatura similar, é a prática responsável pela discrepância no nível de atendimento das cervejarias Monstera e Peperomia, e, conseqüentemente, nos níveis de consumo de energia. Enquanto a Monstera adota essa prática, reutilizando a água quente gerada na própria linha de produção, ela não é aplicada pela cervejaria Peperomia, visto que possui sistema de recirculação de água nessa etapa e, portanto, não produz água quente; na

Dracaena, a água quente produzida não é reutilizada no processo. De acordo com Muster-Slawitsch et al. (2011), a integração de calor residual em operações que exigem seu reuso em temperaturas semelhantes pode reduzir significativamente o consumo na fábrica, conforme se observa neste estudo.

Além disso, observa-se que, para que essa prática fosse possível na Dracaena, far-se-ia necessária a instalação de um tanque hermético para armazenagem de água quente, o que exigiria uma reestruturação na planta da fábrica, uma vez que não há espaço disponível, conforme informado pelos gestores.

As recomendações para o fechamento de circuito de calor de vapor não se aplicam à Dracaena, que utiliza sistemas de aquecimento elétrico nas panelas, mencionados pelos gestores como oportunos para sua escala de produção. No entanto, ainda que evite os custos que o aquecimento a vapor acarretaria, o aquecimento elétrico nas panelas, fonte não-renovável de energia, pode colaborar para o consumo elevado na fábrica, visto que esta apresenta o índice mais elevado dentre as três cervejarias investigadas. As demais cervejarias aplicam o sistema de recirculação de calor de vapor, que pareceram inerentes ao processo de produção.

Quanto à recuperação do calor de vapor gerado na fervura, não é aplicado pelas cervejarias que fazem o aquecimento das panelas com esse recurso, assim como pela Dracaena, que não possui equipamentos adequados que permitam reutilizar esse calor de vapor no aquecimento do mosto.

Em relação aos motores elétricos, a percepção é de que possuem desempenho adequado nas cervejarias, possibilitando a redução de tempo de processo e menor esforço físico, portanto, menor necessidade de intervenção do operador, conforme proposto por Costa-Júnior (2019). Embora possam apresentar variações de desempenho entre as cervejarias, interferindo nas taxas observadas, a redução do tempo de processo resulta em maior eficiência e menor consumo de energia, colaborando com o aspecto ambiental e econômico da sustentabilidade. Ainda, diminuir a necessidade de intervenções propicia melhor qualidade de trabalho aos operadores, exemplo de como o aspecto social do *TBL* pode ser favorecido com a ecoeficiência, conforme também verificado por Schrettle et al. (2014).

A Figura 7 ilustra o nível de aderência das práticas para a energia elétrica *versus* o consumo. Percebe-se, assim como nas práticas referentes à água, que quanto maior o nível de adesão, menor o consumo, portanto, melhor a ecoeficiência.

Figura 7 – Nível de aderência x Consumo de energia

Fonte: Dados da pesquisa.

4.4.3 Subprodutos

Além do consumo de água e energia, o processo operacional também gera uma quantidade significativa de subprodutos, os quais, quando aplicável, poderiam ser reincorporados na linha de produção ou destinados para outros fins, visando seu descarte correto e menor impacto ambiental. O Quadro 14 apresenta a adesão às práticas recomendadas nas cervejarias artesanais.

Quadro 14 – Adesão às práticas de P+L para os subprodutos gerados

Indicadores de produção e geração de subprodutos	Monstera	Peperomia	Dracaena
Produção média mensal (em l)	19.500	1.000	2.500
Geração de bagaço de malte (em kg/l)	0,2	0,3	0,24
Práticas para os subprodutos gerados			
Minimização de perdas	Sim	Sim	Sim
Reuso no preparo de nova batelada	Não	Não	Não
Venda para indústrias de alimentos	Não	Não	Não
Destinação para a alimentação animal	Sim	Sim	Sim
Remoção a seco da levedura residual do interior dos equipamentos	Não	Não	Não

Fonte: Dados da pesquisa.

As cervejarias artesanais investigadas apresentam índices de geração de bagaço de malte, em quilos por litro produzido, de 0,2 na Monstera, 0,24 na Dracaena

e 0,3 na *Peperomia*. Todos os índices encontrados estão em conformidade com os apresentados por Mussatto et al. (2008), que variam de 0,2 a 0,3.

Tratando-se de um subsetor que produz em baixa escala, que se preocupa com a qualidade do produto e do processo, entende-se que práticas que visem minimizar as perdas de malte são preocupações das cervejarias artesanais. Verifica-se, também, pelo cuidado dos mestres-ervejeiros para com a operação e pelos índices de geração dos subprodutos, que se mostraram próximos ao indicado pela literatura.

Como a matéria-prima utilizada para a produção de cerveja é a mesma nas cervejarias, que seguem procedimentos padrões na produção, as taxas de resíduo gerado, por litro produzido, também são próximas. Uma vez que o bagaço de malte não é reutilizável na linha de produção, o que se busca não é reduzir a taxa encontrada, mas destinar corretamente o montante gerado.

Tratando-se dos subprodutos, como a produção nessas cervejarias é reduzida e não é regular, o reaproveitamento do *trub* e da levedura na linha de produção não se mostrou aplicável, uma vez que, para isso, teria que ser armazenado, e o elevado teor de umidade poderia tornar o material propício para o crescimento de microrganismos indesejáveis, limitação também identificada por Batista (2016).

Busca-se, quando há o casamento entre o fim de uma fermentação com o início de outra, reutilizar a levedura residual em uma nova produção. Entretanto, essa não é uma situação recorrente, devido à capacidade de produção somada à dificuldade de armazenagem.

Destaca-se, ainda, que a baixa escala de geração, a dificuldade de conservação por um período maior e a falta de controle sobre as características dos subprodutos, que podem variar devido aos diferentes tipos de cerveja produzida, restringem a diversificação na sua aplicação e limita a obtenção de retorno financeiro sobre eles, conforme constatado nas entrevistas e, verificado anteriormente por Robertson et al. (2010) e Boffo et al. (2014). Dadas essas dificuldades e para diversificar a aplicação desse subproduto, a cervejaria poderia verificar a viabilidade de secá-lo e triturá-lo, conforme proposto por Batista (2016).

Logo, a medida usual entre as empresas é a doação. As cervejarias investigadas fazem a destinação dos subprodutos, na maioria das vezes, misturados, aos fazendeiros locais, que reutilizam para a alimentação bovina. Segundo Kerby e Vriesekoop (2017) e Huige (2006), a mistura de outros subprodutos com o bagaço de

malte, para a alimentação animal, é muito conveniente para pequenas cervejarias, uma vez que é facilmente aplicável.

A doação de subprodutos aos produtores locais se configura como uma prática que está além do processo produtivo, e não apenas inerentes a ele. Quando isso ocorre, ou seja, quando incorporam valores externos que não são essenciais para a produção, pode demonstrar a existência de institucionalização no subsetor, conforme Guarido Filho et al. (2009) e Assis et al. (2010).

Nesse sentido, verifica-se que, mesmo sendo a doação uma medida de conveniência para se livrar dos subprodutos, as cervejarias acabam contribuindo para a sustentabilidade, além de seus negócios, ou seja, para o desenvolvimento da região em que estão inseridas, conforme recomendado por Dyllick e Muff (2016).

Percebe-se, também, que não são movidas apenas por lucros e prejuízos na adoção de tais práticas, conforme fortemente sugerido por Elkington (2018). Beneficiam-se por deixarem de ter custos e responsabilidades inerentes ao descarte, uma vez que os fazendeiros fazem a coleta desses subprodutos, geralmente misturados, em barris retornáveis. Contudo, as informações sobre doação não são controladas e contabilizadas.

A remoção a seco da levedura residual do interior dos equipamentos não se mostrou aplicável, uma vez que exige força de trabalho braçal e consome tempo demasiado para ser realizada.

Tratando-se de um cenário específico em que as cervejarias investigadas fazem parte de um APL, a cooperação entre elas poderia permitir o desenvolvimento e implantação, em conjunto, de um sistema de tratamento dos subprodutos e/ou sua destinação, reduzindo os impactos ambientais e sociais. Tal fato, melhoraria os indicadores de ecoeficiência referentes aos subprodutos do grupo como um todo.

4.5 Análise geral da ecoeficiência nas cervejarias artesanais

Este estudo identificou a aderência das práticas de P+L recomendadas pela Cetesb (2005) em três cervejarias artesanais, o que permitiu avaliar o nível de ecoeficiência delas. O Quadro 15 apresenta de forma consolidada o nível de aderência das práticas para a água, energia e subprodutos, bem como a taxa de consumo desses recursos e geração de subprodutos para cada litro produzido. O nível de aderência reflete a proporcionalidade de atendimento das práticas elencadas e a taxa de consumo é a relação entre o volume dos recursos consumidos e a quantidade de cerveja produzida mensalmente.

Quadro 15 – Ecoeficiência: nível de aderência em práticas de P+L x taxas de consumo/ geração de subprodutos por litro produzido

Cervejarias	Nível de aderência P+L	Taxa de consumo/geração
<u>Monstera</u>		
Água	50%	4,4
Energia	66%	0,3
Subprodutos	40%	0,2
<u>Peperomia</u>		
Água	40%	5,0
Energia	50%	2,0
Subprodutos	40%	0,3
<u>Dracaena</u>		
Água	27%	16
Energia	50%	2,6
Subprodutos	40%	0,24

Fonte: Dados da pesquisa.

Entre os dados analisados das cervejarias da amostra, destaca-se o nível de ecoeficiência da Monstera, visto que apresentou percentuais de aderência às práticas para a água e energia maiores do que as demais e os menores indicadores de consumo, refletindo que quanto maior o nível de aderência em práticas de P+L, menor o consumo de recursos e geração de subprodutos, portanto, menor o custo que se tem com eles. Enquanto isso, exceto pelos indicadores relativos aos subprodutos, o desempenho da Peperomia ocupou a segunda posição entre empenho e consumo. Portanto, restando à Dracaena a terceira posição, sendo o fator principal a não

observância de práticas de reuso de água do processo. Logo, observa-se que a aderência às referidas práticas contribui para melhoria da eficiência operacional, beneficiando as empresas, em termos de redução de gastos na manutenção das operações, e a comunidade, pela diminuição dos impactos socioambientais.

Dentre as diversas práticas recomendadas, atenta-se para a ausência do controle de fluxo e vazão da água, que permitiria identificar quais operações acarretam maiores desperdícios e, assim, adotar ações específicas para os processos ineficientes, aumentando a ecoeficiência. Além disso, poderiam colaborar para uma maior confiabilidade e comparabilidade no consumo dos recursos obtido entre as operações da cervejaria, bem como entre as empresas do Polo Cervejeiro.

Por outro lado, destaca-se a aplicabilidade de práticas como os circuitos fechados de vapor no aquecimento das panelas industriais, adotado pelas cervejarias Monstera e Peperomia, os sistemas de recirculação de água no resfriamento, adotada pela Peperomia, e o reuso da água quente gerada nessa etapa, aplicada pela Monstera, que contribuem para a redução do consumo de recursos e a geração efluentes, possibilitando alcançar níveis mais elevados de ecoeficiência. Enfim, todas as medidas que poupem a utilização e/ou consumo de recursos naturais é benéfica ao meio ambiente, visto que os recursos em estado natural são preciosos e, ainda, não passíveis de reconstituição pela ação humana.

Verifica-se que a cervejaria com maior volume médio de produção e maior nível de adesão às práticas de P+L apresenta os melhores indicadores, confirmando-se que as cervejarias menores, com menor adesão, ocasionada por não terem condições de adquirir melhores tecnologias, consomem mais recursos, conforme encontrado em Fillaudeau et al. (2006), no que se refere ao consumo de água e, em Kubule et al. (2016) e Ortiz (2014), ao consumo de energia. De forma geral, julgando-se que o volume de produção esteja associado ao porte da empresa, nos casos em questão, quanto maior a disponibilidade de recursos financeiros, maior a aplicação em tecnologias capazes de reduzir consumo e, portanto, impactos socioambientais, ainda que outros fatores possam influenciar nessa decisão de investimento.

O contato com os representantes permitiu perceber o interesse em oferecer um produto diferenciado ao consumidor, inclusive, quanto à intensificação dos investimentos em práticas de P+L, o que pode propiciar a valorização dos produtos e, conseqüentemente, da empresa. Os principais motivos atestados pelos gestores para os baixos níveis de adesão às práticas de P+L foram os mesmos observados por

Korsakiene et al. (2015) em pequenas empresas, que dizem respeito às limitações financeiras e de espaço físico.

O observado é que a adoção das práticas de P+L está condicionada à existência de maior porte e, portanto, de recursos financeiros para investimento no parque operacional, fato que ficou demonstrado nos resultados das empresas analisadas. Ressalta-se que a conscientização dos gestores também pode ser um fator fundamental na tomada de decisões rumo à sustentabilidade.

Destaca-se que a cervejaria Peperomia se encontra em fase de incipiência, porém já adota diversas práticas visando estabelecer suas atividades de modo sustentável, seja do ponto de vista econômico ou ambiental, como a aquisição de tecnologias como o aquecimento das painéis industriais por calor de vapor, integrado ao fechamento de circuito. Enquanto isso, a cervejaria Dracaena, que produz, atualmente, mais do que a Peperomia, aparenta ter procedimentos já padronizados e estabelecidos, mas poucos associados à P+L, além de restrição de espaço, que limita a expansão da estrutura já implantada; tal cenário reflete indicadores de ecoeficiência menos adequados do que as demais.

A busca por inovação desde o início de suas atividades faz com que a Peperomia apresente índice de consumo de água próximo ao da Monstera, que tem quase 3 anos a mais no mercado e capacidade produtiva consideravelmente maior. Considerando-se que, conforme Sturm et al. (2013), o aumento na capacidade produtiva de cervejarias resulta em custos unitários mais baixos, o plano de expansão da cervejaria Peperomia, atrelado a processos mais eficientes, pode colaborar para o alcance de um nível de ecoeficiência ainda maior.

Atenta-se para o fato de que, no passado, a cervejaria Dracaena adotava o aquecimento solar por meio de uma caixa d'água no telhado da fábrica, o que permitia atender parte significativa de suas necessidades de água quente, portanto, com redução de consumo de energia e de custos. Contudo, os gestores afirmam que, devido às dificuldades no abastecimento de água pelo órgão municipal, essa prática foi interrompida, evidenciando o papel de governos e outras instituições responsáveis no suporte às atividades empresariais sustentáveis.

Em relação aos subprodutos gerados no processo cervejeiro, há diversas possibilidades de reuso, mas as cervejarias investigadas seguem a tendência verificada na literatura (Mussatto, 2009; Kerby & Vriesekoop, 2017; Farcas et al., 2014; Djuragic et al., 2010; Ferreira et al., 2010) de destiná-los aos fazendeiros locais para

a alimentação de animais, dado que a relação custo-benefício do aproveitamento na elaboração de outro produto ainda não é verificável. Deve-se ressaltar que a prática adotada pelas cervejarias do estudo evita a deposição inadequada desse resíduo no meio ambiente, ao mesmo tempo que elimina os custos de tratamento e destinação.

Observa-se que, além do cenário individual das empresas, algumas hipóteses podem ser cogitadas, como vender os subprodutos para a elaboração de produtos alimentícios (Kerby & Vriesekoop, 2017; Fărcaș et al., 2014; Mussatto, 2014; Gonçalves, 2014; Gupta et al., 2010; Stojceska et al., 2008; Marsarioli, 2019; Sombutyanuchit et al., 2001; Ferreira et al., 2010), mas condicionado ao volume produzido e à tecnologia disponível. No contexto em que estão inseridas, poderia ser feito pelo firmamento de parcerias com estabelecimentos locais, como padarias, conforme proposto por Rosa e Beloborodko (2015), o que poderia resultar na divulgação de seus produtos e valorização da imagem local, conforme Ferreira (2016). Ainda, reutilizar os subprodutos na criação de produtos alimentícios poderia complementar o portfólio da cervejaria, conforme Marsarioli (2019).

Estarem organizadas em um APL possibilita que as cervejarias unam forças para conseguirem melhores condições para operar, e assim, alcancem melhores níveis de ecoeficiência juntas. Podem, dentre outras formas, destinar de maneira organizada os resíduos sólidos e efluentes, firmando parcerias com estabelecimentos locais; com isso poderiam tentar negociar melhores preços. Além disso, podem ganhar força para pressionar as instituições responsáveis para melhoria da infraestrutura local, como no caso do abastecimento regular de água.

A observação das práticas de P+L em uso permitiu notar o encadeamento da cadeia da sustentabilidade, pois, a partir delas, a ecoeficiência pode se fazer presente e, com isso, contribui-se para atingir o desenvolvimento sustentável, que é a meta dos ODS estabelecidos pela ONU e, devido às gerações presentes e futuras. Ressalta-se, ainda, que a adoção de práticas de P+L pode acarretar, muitas vezes, sinergias e *trade-offs* entre as metas estabelecidas pelos ODS, conforme os achados em Nerini et al. (2017), Nilsson et al. (2018) e Watts et al. (2018).

O grande empecilho neste fluxo está na restrição financeira, considerando que os gestores se mostraram interessados em oferecer um produto diferenciado, inclusive, no que tange à qualidade do processo operacional, o que implica em evitar os impactos socioambientais; a concentração nesta escassez reduz a capacidade de ver as oportunidades de busca conjunta de oportunidades para melhoria do grupo.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo investigou o nível de ecoeficiência das cervejarias artesanais a partir da aderência às práticas de P+L recomendadas pela Cetesb. Para isso, realizou-se um estudo de casos múltiplos, no qual participaram três cervejarias artesanais integrantes do Polo Cervejeiro da cidade de Ribeirão Preto.

As cervejarias artesanais representam empreendimentos criados por pequenos empresários com o propósito de fornecer produtos diferenciados e com maior valor agregado, depreendendo-se que devem incluir a preservação do meio ambiente, seja pela otimização do uso de recursos para evitar desperdícios e externalidades negativas.

O diagnóstico identificado permitiu constatar que o nível de ecoeficiência é proporcional ao nível de adoção de práticas de P+L, sendo alto quando diversas práticas são adotadas e baixo quando pouco aplicadas. A empresa de maior destaque é a que mais adere às práticas recomendadas pela Cetesb, e, assim, produz mais com menos, demonstrando maior nível de ecoeficiência considerando os dados analisados. As demais estiveram em posição menos vantajosa. Os gastos com o consumo de água e de energia ajudam a refletir o nível de ecoeficiência das empresas investigadas.

As práticas de P+L identificadas por este estudo tratam, primeiramente, da reintegração dos recursos já utilizados no processo, e, apenas quando isso não é possível, da destinação ambientalmente correta que, em relação aos efluentes, é feita por empresa terceirizada, e, quanto aos resíduos, destinados aos fazendeiros locais, ambas promovidas por todas as empresas analisadas. Percebeu-se que as práticas referentes ao reuso de recursos no processo têm efeitos diretos na redução de custos, contudo, não existem controles físicos ou contábeis que permitam fazer inferência dos impactos econômicos da destinação dos efluentes e resíduos. Quanto aos resíduos, a doação para o reaproveitamento por terceiros evita os custos de tratamento.

Nesse sentido, incluir a ecoeficiência nos objetivos do APL pode possibilitar a aplicação de práticas conjuntas para tratamento de efluentes e a venda dos subprodutos, inclusive, considerando parcerias com outros estabelecimentos locais. Entretanto, percebe-se que o APL ainda não exerce essa função, mas tem potencial para isso, incluindo os aspectos da sustentabilidade nos seus objetivos e metas.

Embora os objetivos deste estudo estejam voltados para a investigação do nível de ecoeficiência em cervejarias artesanais, algumas relações entre os ODS também podem ser abordadas a partir das práticas de P+L verificadas. Esse estudo contribui com a identificação dos efeitos de algumas práticas adotadas pelas cervejarias artesanais, como a reintegração da água quente gerada no processo, que promove a sinergia entre a economia de água (ODS 9), de energia (ODS 10) e a eficiência operacional (ODS 12). Por outro lado, adotar o sistema de recirculação de água no resfriamento, por mais que promova a economia de água (ODS 9), pode ocasionar o aumento do consumo de energia elétrica (prejudicando o alcance do ODS 10), e, portanto, o *trade-off* entre eles.

A partir dos dados observados, percebe-se que empresas com características semelhantes às cervejarias artesanais poderiam ser alvo de maior atenção dos governos e de outras instituições responsáveis, incluindo-se a Cetesb, no sentido de contribuírem para a criação de políticas públicas para estímulo do desenvolvimento destas. Isso poderia ser feito, por exemplo, com a criação de uma linha de crédito especial para aquisição de tecnologias avançadas e adequadas ao desenvolvimento sustentável. Assim, elas poderiam aplicar as práticas recomendadas sem terem que se sujeitar ao *trade-off* entre sustentabilidade econômica e ambiental, fato que é recorrente no subsetor: investir volumes significativos de capital, proporcionalmente aos seus portes, em práticas de P+L, e correr o risco de ficar sem recursos financeiros disponíveis no curto-prazo para as demais necessidades. Portanto, o pequeno negócio deveria dispor de incentivos governamentais, incluindo treinamentos empresariais e acompanhamento no uso de recursos, para se desenvolver de forma ecologicamente responsável.

No caso de as limitações enfrentadas pelo negócio não permitirem a adesão às diversas práticas recomendadas, deve priorizar aquelas voltadas aos aspectos mais críticos que enfrenta, por exemplo, em vista da irregularidade no fornecimento de água pelo serviço público, práticas de reuso desse recurso, como a adoção de um sistema de recirculação no resfriamento, compra de água reprocessada e aproveitamento da água da chuva, podem amenizar os efeitos causados.

As cervejarias artesanais têm se desenvolvido com o discurso do produto diferenciado e inovador, com a preocupação de agradar o consumidor. Desse modo, torna-se maior a necessidade de as empresas do subsetor se adequarem para melhorarem seus processos operacionais e, assim, agregarem valor ao produto.

Práticas de P+L são executadas, mas um esforço ainda maior é requerido. Nesse sentido, a ação conjunta pode ser um facilitador para angariar atenção e providências dos setores governamentais interessados em promover o desenvolvimento econômico sustentável.

Entende-se que o diagnóstico identificado, se disseminado no subsetor, pode incentivar ações de isomorfismo entre as empresas, no que se refere às práticas de P+L, bem como pode ser utilizado pelo APL para a reivindicação de benefícios conjunto para o desenvolvimento do grupo.

Como limitação desta pesquisa, ressalta-se que as análises foram feitas com dados restritos à água, energia e resíduos, de três das oito empresas do Polo Cervejeiro de Ribeirão Preto, que aceitaram participar da pesquisa, apesar de todas terem sido convidadas. Além disso, as empresas que se disponibilizaram a colaborar não possuem estruturas de controle operacional que permitam fazer análises mais profundas de ecoeficiência.

Tendo em vista que o tema tratado neste estudo é bastante amplo, várias abordagens podem ser feitas em futuras pesquisas, como melhorias no levantamento dos índices de ecoeficiência e, também, inclusões de outras variáveis, como emissões de gases de efeito estufa.

REFERÊNCIAS

- Agyingi, C. (2020). *Environmental impacts of small breweries* (Thesis, Centria University of Applied Sciences). Recuperado de https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/334726/Agyingi_CedricAgyingi.pdf?sequence=2&isAllowed=y
- Aimaretti, N., & Ybalo, C. (2012). Valorization of carrot and yeast discards for the obtention of ethanol. *Biomass and Bioenergy*, 42, 18-23.
- Alvarenga, D. (2018). Número de cervejarias no Brasil quase dobra em 3 anos e setor volta a criar empregos. G1. Recuperado de <https://g1.globo.com/economia/pme/noticia/numero-de-cervejarias-no-brasil-quase-dobra-em-3-anos-e-setor-volta-criar-empregos.ghtml>
- Amaral-Filho, J. (2005). Arranjo Produtivo Local: modo ou moda? *Jornal O Povo*. Fortaleza, CE. Recuperado de http://www.ric.ufc.br/biblioteca/jair_l.pdf.
- Andrade, E. M., Andrade, F. C., & Santos, J. M. (2016). Produção Mais Limpa e Ecoeficiência como ferramenta do engenheiro. *Anais do VIII Simpósio de Engenharia de Produção de Sergipe*. Recuperado de <https://ri.ufs.br/bitstream/riufs/7630/2/ProducaoMaisLimpa.pdf>.
- Assis, L. B., Andrade, J. O., Neto, A. C., Tanure, B., & Carrieri, A. P. O. (2010). Isomorfismo entre Executivos nas Maiores Empresas Brasileiras. Gerais: *Revista Interinstitucional de Psicologia*, 3, 95-107.
- Associação Brasileira da Indústria da Cerveja. (2016). *Anuário 2016*. Recuperado de http://www.cervbrasil.org.br/arquivos/anuario2016/161130_CervBrasil-Anuario2016_WEB.pdf.
- Ayer, F. (2017). Com 15 cervejarias artesanais, Grande BH se consolida como o 'cinturão da cevada' em MG. Estado de Minas, Economia. Recuperado de https://www.em.com.br/app/noticia/economia/2017/04/02/internas_economia,859102/cerveja-artesanal-cresce-producao-em-minas-e-grande-bh.shtml
- Barbieri, J., & Cajazeira, J. (2009). Responsabilidade social empresarial sustentável: da teoria à prática. São Paulo, SP: Saraiva.
- Barbosa, L. A. G. (2019). *Caracterização e análise do processo de tratamento de efluente de cervejaria para potencial reuso - comparação entre uma indústria de grande porte e uma cervejaria artesanal*. (Trabalho de Conclusão de Curso, Departamento de Ciência e Tecnologia Ambiental, Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais). Recuperado de http://www.dcta.cefetmg.br/wp-content/uploads/sites/21/2020/02/201422080366_Laura-Araujo.pdf.
- Bastos, V. R. S. (2019). *Concepção e dimensionamento de uma microcervejaria*. (Trabalho de Conclusão de Curso, Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Uberlândia). Recuperado de <https://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/26814/1/ConcepcaoDimensionamentoMicrocervejaria.pdf>
- Batista, E. A. (2016). *Estudo do processo de secagem do resíduo de malte gerado na produção de cerveja* (Trabalho de Conclusão de Curso, Centro de Ciências e

- Tecnologia, Universidade Estadual da Paraíba). Recuperado de <http://dspace.bc.uepb.edu.br/jspui/bitstream/123456789/12256/1/PDF%20-%20Evandro%20Alves%20Batista.pdf>
- Bebbington, J., Unerman, J., & O'Dwyer, B. (2014). *Sustainability Accounting and Accountability* (2nd ed.). Londres, Inglaterra: Routledge.
- Bedini, S., Flamini, G., Girardi, J., Cosci, F., & Conti, B. (2015). Not just for beer: Evaluation of spent hops (*Humulus lupulus* L.) as a source of eco-friendly repellents for insect pests of stored foods. *Journal of Pest Science*, 88, 583–592.
- Boffo, E. V., Silva, G. M. C., Klagenboech, R., & Tonel, J. J. (2014). Modelagem matemática para descrição da cinética de secagem da mistura de bagaço de malte e levedura (*Saccharomyces Cerevisiae*). Trabalho apresentado no XX Congresso de Engenharia Química. Florianópolis, SC.
- Bouma, J. J., & Van der Veen, M. (2002). Wanted: a theory for environmental management accounting. In Bennett, M., Bouma, J. J., & Wolters, T. (Eds). *Environmental Management Accounting: Informational and Institutional Developments* (pp. 279-290). Boston, MA: Kluwer Academic Publishers.
- Braeken, L., Van der Bruggen, B., & Vandecasteele, C. (2004). Regeneration of brewery wastewater using nanofiltration, *Water Research*, 38(13), 3075–3082.
- Brewdog. (2013). Defining craft beer. Recuperado de <https://www.brewdog.com/blog/defining-craft-beer>.
- Brewers of Europe. (2002). Guidance Note for Establishing BAT in the Brewing Industry (1st ed.). Recuperado de <https://www.yumpu.com/en/document/read/11527330/guidance-note-for-establishing-bat-the-brewers-of-europe>
- Bruton, G. D., Ahlstrom, D., & Li, H. (2010). Institutional theory and entrepreneurship: Where are we now and where do we need to move in the future?. *Entrepreneurship Theory and Practice*, 34(3), 421–440.
- Burrit, R., & Schaltegger, S. (2010). Sustainability accounting and reporting: fad or trend? *Sustainability accounting and reporting*, 23(7), 829-846.
- Camargo, R. F. (2019). Pensamento estratégico e os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da ONU [blog]. Recuperado de <https://www.glicfas.com.br/desenvolvimento-sustentavel/>.
- Carley S., & Yahng L. (2018). Willingness-to-pay for sustainable beer. *PLOS ONE*, 13(10), 1-18. doi: 10.1371/journal.pone.0204917.
- Carrera, S. C. (2015). *Validação do processo CIP como ferramenta para melhorar a qualidade e a produtividade: estudo de caso em microcervejaria* (Dissertação de Mestrado, Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina). Recuperado de <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/136331>.
- Chen, H., Chang, S., Guo, Q., Hong, Y., & Wu, P. (2016). Brewery wastewater treatment using an anaerobic membrane bioreactor. *Biochemical Engineering Journal*, 105, 321-331. doi: 10.1016/j.bej.2015.10.006.

- Cheng, H., & Yu, C. J. (2012). Adoption of Practices by Subsidiaries and Institutional Interaction within Internationalised Small-and Medium-Sized Enterprises. *Management International Review*, 52, 81–105.
- Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. (s.n.). Recuperado de <https://Cetesb.sp.gov.br/historico/>.
- Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. (2005). *Guia técnico ambiental*. Recuperado de http://www.crq4.org.br/downloads/cervejas_refrigerantes.pdf.
- Costa-Júnior, Eduardo Braga. (2019). *Aumento da eficiência de uma fabricação artesanal de cerveja* (Trabalho de Conclusão de Curso, Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro). Recuperado de <http://monografias.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10030524.pdf>.
- Costanza, R., Fioramonti, L., & Kubiszewski, I. (2016). Editorial. The UN Sustainable Development Goals and the dynamics of well-being. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 14, 59. doi: 10.1002/fee.1231.
- Dias, R. (2011). *Gestão ambiental: responsabilidade social e sustentabilidade* (2a ed., pp. 232). São Paulo, SP: Atlas.
- Dimaggio, P. J., & Powell, W. W. (2005). A gaiola de ferro revisitada: isomorfismo institucional e racionalidade coletiva nos campos organizacionais. *Revista de Administração de Empresas*, 45(2), 72-89. Recuperado de <http://bibliotecadigital.fgv.br/ojs/index.php/rae/article/viewFile/37123/35894>
- Djuragic, O., Levic, J., & Serdanovic, S. (2010). Use of new feed from brewery by-products for breeding layers. *Romanian Biotechnol*, 15, 5559–5565.
- Dyllick T. (1989). *Management der Umweltbeziehungen*. Gabler: Wiesbaden.
- Dyllick, T., & Hockerts, K. (2002). Beyond the business case for corporate sustainability. *Business Strategy and the Environment*, 11, 130-141. doi: 10.1002/bse.323.
- Dyllick, T., & Muff, K. (2016). Clarifying the meaning of sustainable business: introducing a typology from business-as-usual to true business sustainability. *Organization & Environment*, 29, 156-174. doi: 10.1177/1086026615575176.
- Elkington, J. (2001). *Canibais com garfo e faca*. São Paulo, SP: Makron Books.
- Elkington, J. (2018, 25 de junho). 25 years ago i coined the phrase “Tripple Bottom Line”. Here’s why it’s time to rethink it. *Harvard Business Review*. Recuperado de <https://hbr.org/2018/06/25-years-ago-i-coined-the-phrase-triple-bottom-line-heres-why-im-giving-up-on-it>.
- Embry, E. A. (2018). Green Beer: Why small to medium sized enterprises adopt sustainable practices. *Academy of Management*, 2018(1), 1-6.
- European Commission (2006). Integrated Pollution Prevention and Control. *Best Available Techniques in the Food, Drink and Milk Industries*. Recuperado de https://eippcb.jrc.ec.europa.eu/sites/default/files/2020-01/sa_bref_0505.pdf
- Feng, Y., Wang, X., Logan, B. E., & Lee, H. (2009). Brewery wastewater treatment using air-cathode microbial fuel cells. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 78, 873–880.

- Ferreira, G. da S. (2016). *Análise da Estrutura de Mercado da Cerveja: A Competitividade e Estratégias de Mercado da Indústria Cervejeira do Brasil e Microcervejarias* (Trabalho de Conclusão de Curso, Centro Sócio-Econômico, Universidade Federal de Santa Catarina). Recuperado de <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/174323>.
- Ferreira, I. M. L. L. V. O, Pinho, O., Vieira, E., & Tavarela, J. G. (2010). Brewer's *Saccharomyces* yeast biomass: characteristics and potential applications. *Trends in Food Science & Techonology*, 21, 77-84. doi: 10.1016/j.tifs.2009.10.008.
- Figge, F., Young, W., & Barkemeyer, R. (2014). Sufficiency or efficiency to achieve lower resource consumption and emissions? The role of the rebound effect. *Journal of Cleaner Production*, 69, 216-224. doi: 10.1016/j.jclepro.2014.01.031.
- Fillaudeau, L., Blanpain-Avet, P., & Daufin, G. (2006). Water, wastewater management in brewing industries. *Journal of Cleaner Production*, 14, 463-471. doi: j.jclepro.2005.01.002.
- Galinsky, C., Martin, N., Worell, E., & Lehman, B. (2003). Energy efficiency improvement and cost saving opportunities in breweries: an energy star guide for energy and plant managers. University of California. Berkley, CA. Recuperado de <https://www.energystar.gov/sites/default/files/buildings/tools/LBNL-50934.pdf>
- Gallego, A. G., & Martins, G. (1998). Uso da cogeração na indústria cervejeira: análise térmica e econômica de propostas. *Associação Brasileira de Engenharia de Produção*. Recuperado de http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep1998_art495.pdf.
- Garcia, A. S. (2017). *Associações entre desempenhos financeiro e socioambiental: um estudo das circunstâncias em que vale a pena ser verde* (Tese de Doutorado, Escola de Administração de Empresas de São Paulo, Fundação Getúlio Vargas). Recuperado de <http://bibliotecadigital.fgv.br/dspace/handle/10438/18261>.
- Gebhardt, S. L. (2018). *Sustainable Beer: An overview of sustainable practices in Southern California craft breweries* (Master thesis, California State Polytechnic University). Recuperado de http://broncoscholar.library.cpp.edu/bitstream/handle/10211.3/205315/GebhardtStephanie_Thesis2018.pdf?sequence=3.
- Gil, A. C. (2008). *Métodos e Técnicas de Pesquisa Social*. São Paulo, SP: Atlas.
- Goode, K. (2012). *Characterising the cleaning behaviour of brewery foulants. To minimise the Cost of Cleaning In Place Operations*. (Doctoral Thesis, College of Engineering and Physical Sciences, University of Birmingham). Recuperado de <https://core.ac.uk/reader/9837696>.
- Goode, K. R., Asteriadou, K., Fryer, P. J., Picksley, M., & Robbins, P. T. (2010). Characterising the cleaning mechanisms of yeast and the implications for Cleaning In Place (CIP). *Journal of Food and Bioproducts processing*, 88, 365-374. doi: 10.1016/j.fbp.2010.08.005.
- Guarido-Filho, E. R., Machado-Da-Silva, C. L., & Goncalves, S. A. (2009). Institucionalização da teoria institucional no contexto dos estudos

organizacionais no Brasil. Trabalho apresentado no XXXIII Encontro da ANPAD (EnANPAD). São Paulo, SP.

- Gupta, M., Abu-Ghannam, N., & Gallagher, E. (2010). Barley for brewing: characteristic changes during malting, brewing and applications of its by-products. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 9, 318-328. doi: 10.1111/j.1541-4337.2010.00112.x.
- Huige, N. (2006). Brewery by-products and effluents. In Priest, F. G., & Stewart, G. G. (Eds). *Handbook of Brewing* (pp. 656–707). Boca Raton, FL: Taylor & Francis Group.
- Ibanez, M. (2017). *Defina, de uma vez por todas, o que é cerveja artesanal* [blog]. Recuperado de <http://www.ocaneco.com.br/o-que-e-cerveja-artesanal/>.
- Inglar, L. P. S., Santos, E. T. P., & Pupo-Junior, C. (2017). Isomorfismo normativo: influência das instituições na construção do perfil do Administrador. *Revista Foco*, 10(2), 11-28.
- Jakrawatana, N., Pingmuangleka, P., & Gheewala, S. H. (2015). Material flow management and cleaner production of cassava processing for future food, feed and fuel in Thailand. *Journal of Cleaner Production*, 134, 1-9.
- Jenkins, H. (2004). A critique of conventional CSR theory: an SME perspective. *Journal of General Management*, 9(4), 55–75.
- Kadimaliev, D., Telyatnik, V., Revin, V., Parshin, A., Allahverdi, S., Gunduz, G., Kezina, E., & Asik, N. (2012). Optimization of the conditions required for chemical and biological modification of the yeast waste from beer manufacturing to produce adhesive compositions. *BioResources*, 7(2), 1984-1993.
- Kalnin, J. L., Casarotto-Filho, N., & Castro, J. E. E. (2002). Análise estratégica para a implementação de empresas de pequeno porte: cervejarias artesanais. *Revista Produção*, 2(1), 1-11.
- Kerby, C., & Vriesekoop, F. (2017). An overview of the utilisation of brewery by-products as generated by british craft breweries. *Beverages*, 3(24), 1-12. doi: 10.3390/beverages3020024.
- Khattak, W. A., Khan, T., Ha, J. H., Islam, M. U., Kang, M.K., & Park, J. K. (2013). Enhanced production of bioethanol from waste of beer fermentation broth at high temperature through consecutive batch strategy by simultaneous saccharification and fermentation. *Enzyme and Microbial Technology*, 53, 322-330.
- Kirin Holdings Company. (2019). *Kirin Beer University report global beer production by country in 2018*. Recuperado de https://www.kirinholdings.co.jp/english/news/2019/1003_01.html
- Korsakienė, R.; Diskienė, D., & Smaliukienė, R. (2015). Institutional theory perspective and internationalization of firms. How institutional context influences internationalization of SMEs? *The International Journal Entrepreneurship and Sustainability Issues*, 3(2), 142-153.
- Kubule, A., Zogla, L., & Rosa, M. (2016). Resource and energy efficiency in small and medium breweries. *Energy Procedia*, 95, 223-229.

- Kunze, W. (2007). *Technology of Malting and Brewing*. (9^a ed). Berlim, Alemanha: Versuchsunstalt fr Brauerei.
- Lima, F. L. de S. (2013). Como montar uma Microcervejaria. *Ideias de Negcios*. Recuperado de <http://www.sebrae.com.br/sites/PortalSebrae/ideias/Como-montar-uma-microcervejaria>
- Lin, D., Sanchez, P. L., Li, R., & Li, Z. (2014). Production of bacterial cellulose by *Gluconacetobacter hansenii* CGMCC 3917 using only waste beer as nutrient source. *Biosource Technology*, 151, 113-119.
- Lu, Y., Nakicenovic, N., Visbeck, M., & Stevance, A. (2015). Five priorities for the UN Sustainable Development Goals. *Nature*, 520, 432-433. doi: 10.1038/520432a.
- Marsarioli, M. (2019). *Identificao e avaliao de gerao de resduos em processo de produo de cerveja em microcervejaria e proposio de reutilizao* (Dissertao de Mestrado, Universidade do Vale do Taquari). Recuperado de <https://www.univates.br/bdu/bitstream/10737/2627/1/2019MauricioMarsarioli.pdf>
- Martos, S. R., Tsay, G. S., & Munck, L. (2012). Institucionalizao da Gesto Ambiental em Pequenas Empresas: Um Estudo em Empresas Norte Paranaenses. Trabalho apresentado no *Simpsio de Administrao da Produo, Logstica e Operaes Internacionais*. So Paulo, SP.
- Mathias, T. R. S., Aguiar, P. F., Silva, J. B. A., Mello, P. P. M., & Srvulo, E. F. C. (2017). Brewery waste reuse for protease production by lactic acid fermentation. *Food Technology and Biotechnology*, 55(2), 218-224. doi: 10.17113/ftb.55.02.17.4378.
- Matos, R. A. G. (2011). *Cerveja: panorama do mercado, produo artesanal, e avaliao de aceitao e preferncia* (Trabalho de Concluso de Curso, Universidade Federal de Santa Catarina). Recuperado de <http://repositorio.ufsc.br/xmlui/handle/123456789/25472>.
- Medeiros, A. F. (2017). *Gesto Ambiental em uma Unidade de Produo Artesanal de Cerveja* (Trabalho de Concluso de Curso, Engenharia Sanitria e Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina). Recuperado de <https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/176151/TCC%20-%20Augusto%20Francisco%20Medeiros.pdf?sequence=1>
- Ministrio da Agricultura, Pecuria e Abastecimento. (2012). Portaria n142/2012.
- Ministrio da Agricultura, Pecuria e Abastecimento. (2019). A cada dois dias uma nova cervejaria abre as portas no Brasil. Recuperado de <http://www.agricultura.gov.br/noticias/a-cada-dois-dias-uma-nova-cervejaria-abre-as-portas-no-brasil>
- Ministrio da Agricultura, Pecuria e Abastecimento. (2020). Anurio da Cerveja 2019. Recuperado de <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/inspecao/produtos-vegetal/publicacoes/anuario-da-cerveja-2019/view>
- Mussatto, S. I. (2009). Biotechnological potential of brewing industry by-products. In Nigam, P. S., & Pandey, A. (Eds). *Biotechnology-Agro-Industrial Residues Utilisation: Utilisation of Agro-Residues* (pp. 313-327). Braga, Portugal: Springer.

- Mussatto, S. I. (2014). Brewer's spent grain: A valuable feedstock for industrial applications. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 94, 1264–1275. doi: 10.1002/jsfa.6486.
- Mussatto, S. I., Dragone, G., Teixeira, J. A., & Roberto, I. C. (2008). Total reuse of brewer's spent grain and biotechnological processes for the production of added-value compounds. Trabalho apresentado em *Bioenergy: challenges and opportunities*. Recuperado de <http://hdl.handle.net/1822/8380>.
- Muster-Slawitsch, B., Weiss, W., Schnitzer, H., & Brunner, C. (2011). The green brewery concept - Energy efficiency and the use of renewable energy resources in breweries. *Applied Thermal Engineering*, 31, 2123–2134. doi: 10.1016/j.applthermaleng.2011.03.033.
- Nações Unidas. (2015). *Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development*. Recuperado de <https://sustainabledevelopment.un.org/post2015/transformingourworld>.
- Nerini, F. F., Tomei, J., To, L. S., Bisaga, I., Parikh, P., Black, M., ... & Mulugetta, Y. (2017). Mapping synergies and trade-offs between energy and the Sustainable Development Goals. *Nature Energy*, 3(1), 10–15. doi: 10.1038/s41560-017-0036-5.
- Nielsen. (2017). *The state of the U.S. beer market*. Report. Recuperado de <https://www.nielsen.com/us/en/insights/report/2017/the-state-of-the-us-beer-market/>
- Nilsson, M., Chisholm, E., Griggs, D., Howden-Chapman, P., McCollum, D., Messerli, P., ... Stafford-Smith, M. (2018). Mapping interactions between the sustainable development goals: lessons learned and ways forward. *Sustainability Science*, 13(6), 1489–1503. doi: 10.1007/s11625-018-0604-z.
- Olajire, A. A. (2012). The brewing industry and environmental challenges. *Journal of Cleaner Production*, 256, 102817. doi:10.1016/j.jclepro.2012.03.003.
- Oliveira, J. A. (2011). *Um estudo sobre a relação dos Sistema de Gestão Ambiental ISO 14001 com a adoção de procedimentos de Produção Mais Limpa em empresas industriais brasileiras* (Dissertação de Mestrado, Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista). Recuperado de <https://repositorio.unesp.br/handle/11449/93006>.
- Ortiz, P. R. B. (2014). *Análise do consumo energético do processo de produção de cerveja artesanal por bateladas* (Trabalho de Conclusão de Curso, Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul). Recuperado de <https://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/109697>.
- Palomino, M. T. C., Garcia, C. M., Quesada, D. E., & Villarejo, L. P. (2016). Production of ceramic material using wastes from brewing industry. *Key Engineering Materials*, 663, 94-104.
- Parker, L. D. (2001). Back to the future: the broadening accounting trajectory. *British Accounting Review*, 33(4), 421-453. doi: 10.1006/bare.2001.0173.

- Pradhan, P., Costa, L., Rybski, D., Lucht, W., & Kropp, J. P. (2017). A Systematic Study of Sustainable Development Goal (SDG) Interactions. *Earth's Future*, 5, 1169–1179. doi: 10.1002/2017EF000632.
- Pullman, M., Greene, J., Liebmann, D., Ho, N., & Pedisich, X. (2015). Hopworks Urban Brewery: A Case of Sustainable Beer. *Business Administration Faculty Publications and Presentations*, 30. Recuperado de https://pdxscholar.library.pdx.edu/busadmin_fac/30/?utm_source=pdxscholar.library.pdx.edu%2Fbusadmin_fac%2F30&utm_medium=PDF&utm_campaign=PDFCoverPages.
- Raupp, F. M., & Beuren, I. M. (2006). Metodologia da pesquisa aplicável às ciências sociais. In I. M. Beuren (Org.). *Como elaborar trabalhos monográficos em contabilidade: teoria e prática* (pp.76-97). São Paulo, SP: Atlas.
- Robertson, J. A., l'anson, K. J. A., Treimo, J., Faulds, C. B., Brocklehurst, T. F., Eijnsink, V. G. H. E., & Waldron, K. W. (2010). Profiling brewers' spent grain for composition and microbial ecology at the site of production. *LWT-Food Science and Technology*, 43, 890-896. doi: 10.1016/j.lwt.2010.01.019.
- Rosa, M., & Beloborodko, A. (2015). A decision support method for development of industrial synergies: case studies of Latvian brewery and wood-processing industries. *Journal of Cleaner Production*, 105, 461-470.
- Rosa, N. A., & Afonso, J. C. (2015). A Química da Cerveja. *Química e Sociedade*, 37 (2), 98-105. doi: 10.5935/0104-8899.20150030
- Russ, W., Mörtel, H., & Pittroff, R. M. (2005). Application of spent grains to increase porosity in bricks. *Construction and Building Materials*, 19(2), 117-126.
- Sandri, E. C. (2019). *Práticas sustentáveis de tecnologia da informação verde: estudo de caso no arranjo produtivo local iguassu it* (Dissertação de Mestrado, Centro de Ciências Sociais Aplicadas, Universidade Estadual do Oeste do Paraná). Recuperado de <http://tede.unioeste.br/handle/tede/4327>.
- Santisi, G., Morando, M., & Sciacca, A. (2018). Craft beer and intensity of purchase: A psychological analysis of consumer intentions. *Quality - Access to Success*, 19(1), 451-457.
- Sarfo-Afriye, Y. (1999). A Study of Industrial Waste Management in Kumasi (Case Study). Kumasi Breweries Limited, The Coca-Cola Bottling Company of Ghana.
- Schaltegger, S., Lüdeke-Freund, F., & Hansen, E. (2012). Business Cases for Sustainability: The Role of Business Model Innovation for Corporate Sustainability. *International Journal of Innovation and Sustainable Development*, 6, 95–119.
- Scheller, L., Michel, R., & Funk, U. (2008). Efficient use of energy in the brewhouse. *Master Brewers Association of the Americas Technical Quarterly*, 45(3), 263-267.
- Schrettle, S., Hinz, A., Scherrer-Rathje, M., & Friedli, T. (2014). Turning sustainability into action: Explaining firms' sustainability efforts and their impact on firm performance. *International Journal of Production Economics*, 147, 73-84. doi: 10.1016/j.ijpe.2013.02.030.

- Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas. (2014). Arranjos Produtivos Locais. Recuperado de [http://www.bibliotecas.sebrae.com.br/chronus/ARQUIVOS_CHRONUS/bds/bds.nsf/b8126fa768f69929a146f38122da570b/\\$File/5197.pdf](http://www.bibliotecas.sebrae.com.br/chronus/ARQUIVOS_CHRONUS/bds/bds.nsf/b8126fa768f69929a146f38122da570b/$File/5197.pdf)
- Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas. (s.n.). Microcervejarias. Recuperado de [http://www.bibliotecas.sebrae.com.br/chronus/ARQUIVOS_CHRONUS/bds/bds.nsf/8818d2954be64fcd8628defef1f70f8/\\$File/7503.pdf](http://www.bibliotecas.sebrae.com.br/chronus/ARQUIVOS_CHRONUS/bds/bds.nsf/8818d2954be64fcd8628defef1f70f8/$File/7503.pdf)
- Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas. (2018). O mercado de cervejas artesanais no Brasil e em Santa Catarina. Alimentos e bebidas [blog]. Recuperado de <http://simmmebnegocios.com.br/images/simmmebnegocios.com.br/noticias/OMercadoDeCervejasArtesanais.pdf>
- Silva, E. A., & Martins, P. C. R. (2017). A Sustentabilidade de Um Arranjo Produtivo Local no Polo Moveleiro de Arapongas. *Revista Gestão.Org*, 15(1), 86-98.
- Simate, G. S., Cluett, J., Iyuke, S. E., Musapatika, E. T., Ndlovu, S., Walubita, L. F., & Alvarez, A. E. (2011). The treatment of brewery wastewater for reuse: State of the art. *Desalination*, 273, 235-247.
- Sombutyanuchit, P., Suphantharika, M., & Verduyn, C. (2001). Preparation of 50-GMP-rich yeast extracts from spent brewer's yeast. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 17, 163-168.
- Souza, M. V. A., & Lang, R. A. S. (2014). *Plano de negócios de uma cervejaria artesanal na cidade do Rio de Janeiro* (Trabalho de Conclusão de Curso, Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro). Recuperado de <http://monografias.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10012520.pdf>.
- Stojceska, V., Ainsworth, P., Plunkett, A., & Ibanoglu, S. (2008). The recycling of brewer's processing by-product into ready-to-eat snacks using extrusion technology. *Journal of Cereal Science*, 47, 469-479.
- Sturm, B., Butcher, M., Wang, Y., Huang, Y., & Roskilly, T. (2012). The feasibility of the sustainable energy supply from bio wastes for a small scale brewery: A case study. *Applied Thermal Engineering*, 39, 45-52.
- Sturm, B., Hugenschmidt, S., Joyce, S., Hofacker, W., Roskilly, A. P. (2013). Opportunities and barriers for efficient energy use in a medium-sized brewery. *Applied Thermal Engineering*, 53, 397-404.
- Trevisan, M., & Pedrozo, E. A. (2010). O desenvolvimento sustentável, a institucionalização organizacional e a base da pirâmide: articulando sociedade, organização e indivíduo. Trabalho apresentado no 48º Congresso Sober – Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural. Porto Alegre, RS.
- UNEP. (2012). Global Environment Outlook-5: Environment for the future we want (GEO-5). Recuperado de https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/8021/GEO5_report_full_en.pdf?sequence=5&isAllowed=y

- United Nations Global Compact Project Team, & KPMG International. (2016). *SDG Industry Matrix: Food, Beverage & Consumer Goods*. Recuperado de https://d306pr3pise04h.cloudfront.net/docs/issues_doc%2Fdevelopment%2FSDGMatrix-ConsumerGoods.pdf
- Unnerman, J., & Chapman, C. (2014). Academic contributions to enhancing accounting for sustainable development. *Accounting, Organizations and Society*, 39, 385-394. doi: 10.1016/j.aos.2014.07.003.
- Valadares, G. C., Rezende, D. C., Antunes, I. S., Maglioni, T. B., & Neves, A. L. (2017). *Perfil do consumidor de cervejas artesanais no Brasil*. Trabalho apresentado no XX SemeAd - Seminários em Administração. Recuperado de <http://login.semead.com.br/20semead/arquivos/1606.pdf>.
- Van Berkel, R. (2006). Cleaner production and eco-efficiency. In Marinova, D., Annandale, D., & Phillimore, J. *The International Handbook on Environmental Technology Management* (pp. 67-92). Massachusetts, Estados Unidos: Edward Elgar.
- Van der Merwe, A. I., & Friend, J. F. C. (2002). Water management at a malted barley brewery. *Water SA*, 28(3), 313-318.
- Watts, N., Amann, M., Ayeb-Karlsson, S., Belesova, K., Bouley, T., Boykoff, M., ... Costello, A. (2018). The Lancet Countdown on health and climate change: from 25 years of inaction to a global transformation for public health. *The Lancet*, 391(10120), 581–630. [https://doi.org/10.1016/s0140-6736\(17\)32464-9](https://doi.org/10.1016/s0140-6736(17)32464-9)
- Wilmshurst, T., & Frost, G. R. (2001). The role of accounting and the accountant in the environmental management system. *Business Strategy and the Environment*, 10(3), 135-147. doi: 10.1002/bse.283.
- Wilson, M. (2003). Corporate sustainability: What is it and where does it come from? *Ivey Business Journal*, 2003, 1-5. Recuperado de <https://iveybusinessjournal.com/publication/corporate-sustainability-what-is-it-and-where-does-it-come-from/>
- Windolph, S. E., Schaltegger, S., & Herzig, C. (2014). Implementing corporate sustainability: What drives the application of sustainability management tools in Germany. *Sustainability Accounting, Management and Policy Journal*, 5, 378–404.
- World Business Council for Sustainable Development. (2000). *Measuring Eco-efficiency. A guide to reporting company performance*. Recuperado de <http://www.gdrc.org/sustbiz/measuring.pdf>.
- World Commission on Environment and Development - WCED. (1987). *Report of the World Commission on Environment and Development: Our Common Future*. Oxford, Inglaterra: Oxford University Press. Recuperado de http://mom.gov.af/Content/files/Brundtland_Report.pdf.
- Yin, R. K. (2005). *Estudo de caso: planejamento e métodos*. 3 ed., Porto Alegre: Bookman.
- Zachow, M. (2012). *Análise da Evolução e Competitividade das Empresas de Tecnologia da Informação e Comunicação do APL Iguassu-IT no Oeste do*

Paraná (Dissertação de Mestrado, Centro de Ciências Sociais Aplicadas, Universidade Estadual do Oeste do Paraná). Recuperado de <http://tede.unioeste.br/handle/tede/2311>.

ANEXO I – Práticas recomendadas pela Cetesb (2005)

ÁGUA

1. Instalação de medidores de vazão e totalizadores de fluxo nos equipamentos de maior consumo.
2. Realização um programa de manutenção que objetive eliminar ou reduzir vazamentos em dutos, cotovelos, junções, registros e válvulas.
3. Instalação de restritores, *timers* e válvulas de controle de fluxo automático.
4. Destinação de efluentes de limpeza segregados para a ETE.
5. Etapa de Lavagem de Garrafas.
 - 5.1. Instalação de válvulas automáticas que cortem o fluxo quando houver paradas.
 - 5.2. Uso de aspersores mais eficientes, de menor consumo de água.
 - 5.3. Controle de pressão de água, para evitar vazões maiores que as necessárias.
 - 5.4. Circulação da água em contra-corrente.
 - 5.5. Utilização do efluente de lavagem de garrafas na lavagem de engradados.
6. Etapa de Pasteurização.
 - 6.1. Fechamento do circuito utilizando uma torre de resfriamento ou sistema que reduza a temperatura da água.
 - 6.2. Reuso da água quente de saída do pasteurizador em outros locais da planta, como na limpeza de pisos, resfriamento de outros equipamentos.
 - 6.3. Tanque de armazenagem para a água de saída do pasteurizador.
7. Limpeza de Equipamentos.
 - 7.1. Limpeza a seco antes do uso de soluções de limpeza nos equipamentos.
 - 7.2. Reaproveitamento de soluções de limpeza em ciclos anteriores de limpezas subsequentes.
8. Etapa de Envase.
 - 8.1. Instalação de um tanque de recirculação, que retorna a água extraída do equipamento para o topo do mesmo.
9. Utilização de equipamentos de limpeza de alta pressão na limpeza de pisos.
10. Utilização de parte do efluente tratado na ETE para realizar a lavagem da peneira do desaguidor de lodo na própria ETE.
11. Reuso do efluente de lavagem do sistema dos filtros de areia da ETA.

ENERGIA

12. Garantia de bom isolamento térmico de tubulações, dornas, tanques e conexões.
13. Produção de água quente do processo no trocador de calor.
 - 13.1. Armazenagem em tanques hermeticamente isolados.
 - 13.2. Reuso no preparo de nova batelada.
 - 13.3. Reuso em outras operações, incluindo limpeza CIP ou envase.
14. Circuito fechado de vapor e condensado na fervura do mosto.
15. Recuperação do calor do vapor gerado na fervura para pré-aquecer o mosto.
16. Substituição dos motores elétricos em uso por outros equivalentes e de melhor desempenho.
17. Uso de lâmpadas que fornecem maior luminosidade que tenham maior durabilidade e menor consumo.
18. Instalação de interruptores de detecção de presença onde não há necessidade de iluminação ininterrupta.
19. Instalação e limpeza periódica de telhas translúcidas.

SUBPRODUTOS

20. Redução das perdas de malte, por meio de boas práticas e eficiência do processo.
21. Destinação do bagaço de malte para uso em alimentação animal.
22. Destinação do *trub* para uso em alimentação animal, junto ou não ao bagaço de malte.
23. Reuso do *trub* no preparo de nova batelada.
24. Reuso da levedura excedente no preparo de nova batelada.
25. Venda da levedura excedente para indústrias de alimentos.
26. Remoção a seco da levedura residual do fundo dos equipamentos.

ANEXO II - Roteiro para a entrevista semiestruturada (primeira versão)

1. ÁGUA

- 1.1. Quais são suas políticas de tratamento da água?
- 1.2. Quais são as práticas para economia de água adotadas na fábrica?
- 1.3. Como você percebe que os funcionários enxergam essas práticas?
- 1.4. Quais as práticas de reuso de água adotadas pela empresa?
- 1.5. Em quais etapas do processo isso pode ser observado?
- 1.6. Quantas vezes, em média, a água do processo consegue ser reaproveitada?
- 1.7. Se existir água residual do processo operacional, qual sua destinação?
- 1.8. Quais as práticas que a empresa adota diretamente para com a sociedade?

2. ENERGIA

- 2.1. Quais os tipos de energia utilizados pela fábrica?
- 2.2. Como essa energia é obtida?
- 2.3. Quais as práticas para redução do consumo de energia em forma de calor?
- 2.4. Em quais etapas do processo o calor do vapor é reutilizado?
- 2.5. Quais as práticas para redução do consumo de energia elétrica?
- 2.6. Como era a fábrica antes dessas práticas serem adotadas?

3. SUBPRODUTOS

- 3.1. Quais as políticas adotadas pela cervejaria quanto à eficiência no uso das matérias-primas e/ou geração de subprodutos?
- 3.2. Quais práticas essa política promove?
- 3.3. Quais as destinações dos subprodutos da linha de produção?
- 3.4. Quais os impactos de não se aplicar a destinação adequada a esses subprodutos?

4. RESÍDUOS DE ENVASE

- 4.1. Qual a frequência de geração de resíduos no processo de envase?
- 4.2. Quais as práticas adotadas para esses resíduos?
- 4.3. Qual é o impacto ao não se aplicarem essas práticas?

5. OUTRAS PRÁTICAS

- 5.1. Quais práticas de sustentabilidade são desenvolvidas diretamente com a sociedade?
- 5.2. Qual o impacto para a empresa se essas práticas não fossem aplicadas?

ANEXO III – Roteiro para a entrevista semiestruturada (segunda versão)

1. ÁGUA

- 1.1. Quais as práticas adotadas para controle de fluxo e vazão da água? Existem pressurizadores nas mangueiras, válvulas que cortam o fluxo automaticamente, medidores de fluxo e vazão ou outros equipamentos?
- 1.2. Qual é o fluxo da água utilizada no resfriamento? De onde vem e qual a destinação? Existe sistema de recirculação?
- 1.3. Qual é o fluxo da água utilizada na pasteurização? De onde vem e qual a destinação? Existe sistema de recirculação?
- 1.4. Qual a destinação da água utilizada na lavagem das garrafas?
- 1.5. Existe reservatório para armazenagem de água? Quais efluentes são armazenados? Qual capacidade?
- 1.6. Promove-se o tratamento de efluente para conservação ou reuso?
- 1.7. Como é feito o CIP? Quantas etapas? Promove-se o reaproveitamento da solução? Qual o destino do efluente do CIP?
- 1.8. Promove-se a limpeza a seco antes de soluções de limpeza?
- 1.9. Estima-se a utilização de quantos litros de água para 1 litro de cerveja?

2. ENERGIA

- 2.1. Como é o isolamento térmico dos equipamentos?
- 2.2. Como é o aquecimento das panelas da brassagem? Elétrico ou a vapor?
- 2.3. Se por vapor, o mosto também é aquecido antes da fervura?
- 2.4. Se por vapor, produz água para ser utilizada na clarificação?
- 2.5. Entende-se que os motores elétricos têm bom desempenho?
- 2.6. Existem tanques herméticos para a armazenagem de água quente?

3. SUBPRODUTOS

- 3.1. Quantos kg de dreche são gerados por litro produzido? Qual a destinação?
- 3.2. Quantos kg de levedura excedente nos tanques de fermentação são gerados por litro produzido? Qual a destinação?
- 3.3. Promove-se o reuso de subprodutos na produção?
- 3.4. Quais os motivos para não os vender para empresas de alimentos?

4. PRODUÇÃO

- 4.1. Qual a capacidade de produção das panelas industriais?
- 4.2. Qual a produção média mensal?

ANEXO IV – Transcrição das entrevistas

Monstera

Água

A produção mensal da cervejaria Monstera é de, em média, 19,5 mil litros, e o consumo médio de água é de 85 m³, ou 85 mil litros, que resultam numa taxa de consumo de 4,4 litros de água para cada litro de cerveja produzida.

O modelo de produção se configura como tribloco, ou seja, possui três painéis para a brassagem e uma panela extra para armazenamento de água quente, a ser adicionada na segunda panela, para a clarificação do mosto. Após a fervura, o mosto entra e é resfriado pelo trocador de calor (*chiller* de placas), pelo qual o mosto e o fluido (mistura de glicol e água) trocam calor entre si. Além disso, possui dois reservatórios no chão de fábrica, com capacidades de mil e 6 mil litros, que armazenam efluentes de outras etapas do processo.

Inicialmente, o modelo de produção da fábrica incluía um sistema fechado de recirculação de água no resfriamento do mosto. Desse modo, após resfriá-lo, a água quente de saída do trocador de calor retornava para um galão de armazenagem e, posteriormente, era reutilizada na mesma operação.

No momento atual da fábrica, esse sistema não é mais fechado. Assim, o efluente do trocador de calor é armazenado em um reservatório de água hermético, com capacidade de mil litros, e é posteriormente destinado para a primeira panela de água quente, para ser utilizada na produção, ou então para outros processos que exigem água em temperatura elevada, como em operações de higienização dos equipamentos. Esse sistema propicia a redução do consumo de água e de energia.

Caso a quantidade de água destinada para a panela de água quente seja inferior à quantidade armazenada, ela pode ser destinada para outros processos que exigem água em temperatura elevada, como em operações de higienização dos equipamentos. Se, ainda assim, o uso não for imediato, a água é destinada para um segundo reservatório de água, com capacidade de 6 mil litros, que se encontra na fábrica, próximo aos equipamentos da produção. A água armazenada nesse galão, nomeado aqui como “reservatório 2”, é posteriormente reutilizada em outras operações, como na pasteurização e na limpeza da fábrica ou dos barris. O reservatório 2 não é hermético e, portanto, não conserva a temperatura do efluente.

Três produções na cozinha são necessárias para encher um tanque de fermentação, que tem capacidade de 3 mil litros. Nas duas primeiras produções, para resfriar o mosto após a fervura, usa-se água da rede no trocador de calor; na terceira, usa-se a água do reservatório hermético, para evitar o consumo de água limpa, já que não será destinada imediatamente para a composição do mosto. Após o reuso dessa água, ela é novamente armazenada no reservatório.

O controle de temperatura nos tanques de fermentação, geralmente para o resfriamento do mosto, ocorre pela troca de calor com o fluido, que segue por serpentina na camada dupla que reveste a parede dos tanques. Esse fluido é composto por água e propilenoglicol, para permitir que a sua temperatura de congelamento seja inferior à da água, além de reduzir a toxicidade e lubrificar o sistema, facilitando o bombeamento e, portanto, gerando economia.

A operação é sistematizada, e assim, quando a temperatura no interior do tanque é atingida, corta-se automaticamente o fluxo de água um uso para resfriar. Além disso, tem-se um sistema totalmente fechado de recirculação da mistura, que integra um tanque de armazenagem.

De acordo com os entrevistados, a pasteurização não é feita na maioria dos produtos, a fim de evitar a perda de aroma e sabor. Entretanto, quando realizada, busca-se utilizar água dos dois reservatórios: o de água quente, que armazena água do trocador de calor, e outro de água fria ou natural, que armazena a água que foi anteriormente destinada à panela de água quente e que não foi utilizada. Na primeira visita, a água utilizada nesse processo era limpa da rede, mas informaram que, atualmente, utilizam-se as fontes mencionadas. Após utilizada, a água é novamente armazenada no reservatório 2.

Segundo o mestre-ervejeiro da Monstera, como na pasteurização ocorre o contato da água com outros materiais, o reuso do efluente armazenado no reservatório 2 se limita a operações que não exigem água limpa. Assim, enquanto a água limpa e quente do reservatório hermético pode compor, inclusive, o mosto cervejeiro, a água no reservatório de água fria é geralmente destinada a operações que não entram em contato com o produto e com baixo risco de contaminações.

A limpeza interna dos equipamentos, por meio de um processo conhecido como CIP (*clean in place*), é realizada nessas cervejarias pelas etapas de enxágue, detergente, enxágue novamente, ácido peracético e, se for produto acabado, CO₂. Nesse sistema, utiliza-se água potável, a fim de evitar possíveis contaminações, que

é posteriormente descartada, ainda que o sistema implantado na cervejaria permita o reuso do efluente do trocador de calor para essa operação. Consome-se, aproximadamente, 300 litros de água para um equipamento de 3 mil litros (0,1).

Quanto ao reaproveitamento da solução de limpeza utilizada no CIP, há a dificuldade de armazenagem, pois a produção não é constante. Além disso, tem-se a percepção de que o custo da solução é baixo, considerando a quantidade utilizada e o porte da cervejaria. Esse sistema não conta com medidor de vazão e, portanto, não permite identificar, exatamente, qual o consumo na operação.

De acordo com os entrevistados, a remoção a seco da levedura residual da parede dos tanques consiste em um trabalho braçal e exaustivo, o que levaria muitas horas para ser realizado. Contudo, a fim de evitar que os resíduos grudem nos tanques, dá-se início ao processo de higienização logo que a cerveja é retirada do equipamento. A higienização cessa e volta a ser finalizada momentos antes da entrada de uma nova cerveja, a fim de evitar contaminações nesse meio tempo.

A limpeza das garrafas é feita apenas para assegurar que elas estejam realmente sanitizadas. A lavadora de garrafas utiliza um sistema automatizado de fluxo de água, o que configura o controle de fluxo e vazão da água de limpeza. Entretanto, esse efluente, especificamente, não é reutilizado, devido à quantidade gerada ser pouco significativa. O equipamento consome 30 litros de água limpa, suficientes para higienizar por volta de 500 garrafas de 600 ml, o que resulta em uma taxa de consumo de 0,06 litros por garrafa. Após o uso, a água é descartada.

Quanto à limpeza da fábrica, incluindo a higienização externa dos equipamentos, identificou-se a utilização de pressurizadores nas mangueiras, que permitem controlar o fluxo da água, mas, alguns deles apresentavam vazamento.

Por não possuírem um sistema de tratamento de água, que permite realizar a filtragem específica, incluindo o controle de pH da água, a água do reservatório 2 não é reutilizada no preparo de uma nova batelada de cerveja. O tratamento dela é feito apenas com cloro, para melhor conservação.

Energia

Conforme observado, a cogeração de energia não é promovida. Em relação à energia elétrica, a cervejaria informou o consumo médio de 6.584 kWh, que dividido

pela produção mensal de cerveja resulta em um consumo de 0,3 kWh por litro de cerveja produzida.

O aquecimento das panelas industriais, incluindo a quarta panela, utilizada na clarificação, é feito por um sistema de recirculação de calor de vapor, que aquece o mosto por meio de serpentinas no interior da parede dupla das panelas. Após trocar calor com o mosto, esse vapor condensa e retorna condensado para um tanque hermético, comumente chamado *boiler*, para ser novamente utilizado no processo.

Enquanto isso, o vapor gerado na fervura, pela evaporação do mosto cervejeiro, não é recuperado. Conforme informado, esse vapor contém uma substância que pode comprometer as características sensoriais da cerveja, por isso é importante que ele seja descartado do processo produtivo.

Perguntados sobre a possibilidade de instalar uma cozinha com aquecimento elétrico ao invés de vapor, informaram que, para isso, a capacidade das panelas deve ser de, no máximo, 500 litros. Na cervejaria em questão, as panelas têm capacidade de mil litros, o que justifica a utilização de um sistema de aquecimento a vapor.

Subprodutos

Referente ao bagaço de malte, informou-se que a quantidade de resíduo gerado varia dependendo do tipo de cerveja produzida. Contudo, estima-se que, para cada mil litros de cerveja produzida, 200 kg de bagaço são gerados.

Esse subproduto é doado para um fazendeiro, que o utiliza para a alimentação do seu gado. Entre as dificuldades para a venda do dreche, destacam-se a falta de padronização, devido aos variados tipos de cerveja produzidas, a dificuldade de armazenagem e a inconstância na produção.

Trata-se de um material orgânico, devendo ser consumido preferencialmente no mesmo dia para evitar a proliferação de microrganismos indesejados. Além disso, como a produção não mantém um ritmo linear e constante, a geração do subproduto também não, o que, somado ao baixo período de armazenagem, dificulta a negociação. Portanto, o que se ganha com a doação para os fazendeiros locais é sua retirada da fábrica em barris retornáveis, que reduz os custos e responsabilidades adicionais com o descarte.

Assim como o bagaço de malte, os *trubs* poderiam ser destinados para a alimentação animal, bem como serem utilizados no preparo de uma nova batelada de

cerveja, o que não ocorre. Explicou-se que, por se tratar também de organismos vivos, sensíveis à temperatura e sujeitos a contaminações, prefere-se utilizar uma nova levedura do que correr o risco de comprometer uma batelada inteira. Desse modo, são misturados ao bagaço para destinação aos fazendeiros locais.

Em relação à levedura, é geralmente descartada, também devido ao baixo período de armazenagem. Informaram que, caso haja o casamento entre o começo de uma fermentação com o final de outra, pode-se reutilizar a levedura excedente do final do processo no início do outro. Entretanto, essa situação dificilmente ocorre na cervejaria investigada.

Dracaena

Água

A cervejaria se configura como *brewpub*, ou seja, tem o bar junto à sua fábrica, que produz aproximadamente 2,5 mil litros de cerveja no mês. A fábrica é composta por uma cozinha com duas panelas industriais, com capacidades de 300 litros, e cinco tanques de fermentação. Desses tanques, quatro têm capacidade de 250 litros e produzem a cada 15 dias, enquanto o outro tem capacidade de 500 litros e produz a cada 30 dias. Além disso, possui um reservatório, com capacidade de 300 litros, utilizado para resfriar o líquido a ser aproveitado nos processos de resfriamento, entretanto, que não integra sistemas de recirculação e também não armazena a água que já foi utilizada no processo, para destinar a outras operações.

A cervejaria tem um consumo mensal de 65 mil litros de água, dos quais 40 mil litros são referentes à produção. Esse montante, dividido pela produção mensal, resulta na taxa de consumo de 16 litros de água para cada litro de cerveja produzido, que é uma estimativa próxima à informada pelo mestre cervejeiro.

Em relação ao consumo de água, informou-se que o monitoramento do consumo de água na produção não é feito, mas que trabalham com estimativas a partir da quantidade de cerveja produzida. Dentre as dificuldades encontradas para monitorar esse consumo, apontaram-se a fábrica ser acoplada ao bar e, ainda, a escala da produção ser pequena.

Referente à etapa de resfriamento, verifica-se que não há sistemas de recirculação de água, ocasionando que utilize água limpa de rede a cada vez que é

feita a operação. A cervejaria conta com um tanque com capacidade de 300 litros em que a água é resfriada para ser utilizada no trocador de calor e, após seu uso, ela é parcialmente destinada para a limpeza do chão da fábrica, quando necessário, mas em sua maioria descartada.

De acordo com os gestores, a adoção de práticas ambientais para a água, como a recirculação do líquido nessa etapa, está comprometida devido a problemas no abastecimento de água na região onde a fábrica está instalada. Quando possuíam um fornecimento de água regular, faziam o reaproveitamento da água do resfriamento que, após passar pelo trocador de calor, era armazenada em uma caixa d'água para ser posteriormente reutilizada. Com a escassez na região, informou-se que a pressão da água é baixa e ela não consegue retornar para o reservatório. Portanto, a recirculação da água não é realizada e, assim, o efluente do resfriamento é parcialmente destinado à limpeza da fábrica, quando necessária.

Informou-se que, além de não haver espaço físico para a instalação de um sistema de recirculação, o custo para montar um reservatório e instalar uma bomba que retorne a água para a caixa d'água de reuso é muito alto quando comparado com o consumo e consequente descarte da água desse resfriamento.

A cervejaria não promove as etapas de engarrafamento e pasteurização, uma vez que só trabalha com a venda de chopes no próprio bar. Ela atua apenas com a produção de chope, que é envasado e servido nas torneiras do próprio bar, para consumo no local, ou então para enchimento de *growlers* (recipiente para armazenamento de chope), que permitem consumi-lo em outros ambientes.

Conforme informado, não se faz o reuso de água de outras etapas do processo para a limpeza interna dos equipamentos (CIP), pois, ainda que adicionada a soluções de limpeza, essa água pode comprometer toda a batelada se houver contaminações, onerando as cervejarias em um valor muito superior ao do consumo de água necessário. Portanto, utiliza-se água limpa na operação, numa taxa de 134 litros para a higienização de um equipamento de 250 litros (0,54). Quanto aos efluentes gerados, são descartados, uma vez que encontram dificuldades para os reutilizarem por conterem soda diluída ou peracético.

Eles explicaram que o ciclo de CIP se dá em duas fases, pela lavagem com solução de limpeza e pelo enxágue. Consome-se, nos tanques menores com capacidade de 250 litros, 17 litros de água na solução de soda e aproximadamente 50 litros para enxague do tanque; no tanque maior, com capacidade de 500 litros, o

enxágue consome 100 litros. Devido à soda estar muito diluída no efluente do enxágue, ele não consegue ser reaproveitado. Por outro lado, buscam reutilizar, mais do que a água do enxágue, a solução de limpeza, devido aos elevados custos que esses produtos têm no mercado.

A limpeza a seco antes da aplicação de soluções de limpeza não é realizada.

Mencionou-se o uso consciente da água, voltado principalmente para a economia dos produtos. Sugere-se que o cervejeiro meça a presença de soda no equipamento conforme a operação é realizada, ao invés de utilizar uma quantidade exata de água para o enxágue, que pode ser superior à necessária.

Por fim, consideram o reuso de água muito difícil em pequenas cervejarias, quando comparadas com as grandes, que possuem Estações de Tratamento de Água (ETA) e Esgoto (ETE) que permitem reutilizar a água, tanto do processo quanto da limpeza, depois de tratá-la.

Energia

Conforme as estimativas utilizadas pelos gestores, segregam-se os consumos de energia na produção e no bar na proporção de 70 e 30%, respectivamente. Informou-se o consumo médio de 4.463 kWh mensais na produção, que dividido pela produção mensal resulta em um índice de 2,6 kWh por litro produzido.

A energia elétrica utilizada na fábrica é abastecida pelo órgão local, uma vez que não é gerada energia internamente. Informou-se que, em galpões ou espaços maiores, é possível gerar energia por meio de painéis solares, o que não é o caso dessa. Mencionaram, ainda, a utilização da biomassa proveniente do bagaço do malte para gerar energia, quando a cervejaria se utiliza de caldeira a lenha na produção, mas não têm conhecimento se essa prática é viável em cervejarias artesanais.

Enquanto nas outras cervejarias que compõem o Polo Cervejeiro as panelas da cozinha de brassagem são aquecidas por calor de vapor, nessa se utiliza apenas a energia elétrica. Assim, as panelas são compostas por paredes duplas com fitas metálicas aquecidas por energia elétrica ao invés de calor de vapor. Esse modelo é possível de ser aplicado devido ao tamanho das panelas industriais, que têm menor capacidade. Conforme informado pelos gestores, a cozinha elétrica reduz o consumo de energia que seria utilizada para gerar vapor e, conseqüentemente, as despesas financeiras da cervejaria

Em relação ao isolamento térmico dos equipamentos, informaram que não é rotina verificar se está adequado, uma vez que é padrão das empresas que os fabricam, sendo realizada apenas na primeira vez de uso. Além disso, serve tanto para a segurança dos funcionários como também para a conservação de calor.

Há um projeto de aquecimento solar de água, com a montagem de uma armação no telhado, mas para o qual não se deu continuidade. Conforme o planejado, essa prática promoveria uma economia de energia no começo da produção, pois a água utilizada na clarificação do mosto já estaria quente. Segundo os gestores, o custo cotado para essa prática, que inclui duas caixas d'água de capacidade de 500 litros, foi razoavelmente baixo, considerando o tamanho da cervejaria.

Subprodutos

Conforme informado, o peso do bagaço de malte é muito próximo ao peso inicial dos grãos de malte usados no preparo do mosto, pois, após os grãos liberarem o amido no mosto, encharcam-se de água. Estima-se que a cervejaria gere cerca de 600 kg de bagaço de malte por mês.

De acordo com os gestores, a umidade e a alta temperatura (78°C) em que o bagaço se encontra, ao ser segregado do mosto, junto ao açúcar residual, torna o ambiente propício para a proliferação de bactérias, fungos e outros micro-organismos.

Portanto, fazem a doação para um fazendeiro local assim que gerado, uma ou duas vezes por semana, que faz o uso na alimentação animal. Informou-se que esse subproduto pode entrar na forragem, para dar quantidade, junto com o milho e com a palha, e também contribuindo com proteínas e fibras, apesar de o processo já ter extraído parte delas. Entende-se que os fazendeiros têm interesse pelo bagaço de malte pois é bem aceito pelo gado e ainda porque tem um custo quase nulo, geralmente onerando apenas o deslocamento do produto.

O descarte do bagaço de malte é visto como um problema para os gestores, uma vez que, caso não o destine ao fazendeiro, teriam que descartar por volta de 70kg do subproduto, duas vezes por semana, dividindo-os em sacos de 10kg para possibilitar a coleta. Assim, ter uma pessoa que recolhe o produto sem custo adicional poupa a cervejaria de custos adicionais de descarte.

Apesar de poucas cervejarias fazerem a venda desse produto, informou-se que algumas podem cobrar até 70 reais por aproximadamente 300kg do bagaço de malte.

Junto ao bagaço de malte, adiciona-se o *trub* e o excesso de levedura, quando não reutilizada na linha de produção. A mistura da levedura no bagaço de malte proporciona mais fontes de proteínas e substâncias benéficas para o gado.

Quando possível, destina-se parte da levedura residual para o preparo de novas bateadas. Para isso, faz-se a separação das leveduras que decantaram e as que estão boiando no mosto, utilizando-se apenas a parte central em uma nova produção. Isso ocorre para selecionar as leveduras com melhores cargas genéticas, uma vez que a levedura decantada trabalhou rápido demais e agora está inativa e a levedura que está boiando demorou demais para fermentar.

Peperomia

Água

Tratando-se da capacidade da fábrica, tem-se três painéis industriais, que comportam 500 litros cada, e um tanque de fermentação, com capacidade de 1.000 litros. Já foram solicitados mais dois tanques, os quais ainda não haviam chegado no momento da entrevista. A produção é de mil litros mensais.

A cervejaria estima a taxa de consumo de água em 5 litros por litro produzido, resultando no consumo de 5 mil litros de água por mês. Apesar da cervejaria Peperomia se configurar como *brewpub*, no momento da investigação ela ainda não havia consolidado suas atividades com o funcionamento do bar. Assim, considerou-se que todo o consumo do estabelecimento é referente ao processo de produção de cerveja.

No resfriamento do mosto, a água está em um sistema de recirculação, o qual inclui um reservatório com capacidade de 1,5 mil litros. Quando se fala em água estocada para resfriamento, fala-se em uma mistura de glicol e água, nesse caso, 40% e 60% respectivamente. Como essa água está em um sistema fechado em que recircula, não é gerado efluente na etapa de resfriamento do mosto.

Assim como nas outras cervejarias, o controle de temperatura dos tanques de fermentação é automático, em que a mistura resfria o mosto por meio de uma parede dupla no equipamento, em um sistema fechado de recirculação do líquido. Para isso, armazena a mistura em um reservatório de 500 litros.

A pasteurização não é promovida na cervejaria, uma vez que oferece apenas chope, servido nas torneiras da fábrica para consumo no local, ou então para enchimento de *growlers*, assim como a cervejaria Dracaena. Contudo, está nos planos da cervejaria engarrafar seus produtos, fazendo com que a pasteurização seja promovida futuramente. Entretanto, por ainda não trabalhar com essa operação, não se tem conhecimento de práticas de reuso de água nessa operação.

Quanto à lavagem dos barris no envase, informou-se que o procedimento consiste no enxágue com água, descarte, mais uma lavagem, descarte, duas lavagens com soda, a qual na segunda vez pode voltar para o recipiente para uma próxima lavagem e, por fim, o peracético, que é descartado. Portanto, percebe-se que não se reutiliza o efluente de enxágue gerado nessa operação.

Em relação ao *CIP* dos equipamentos, informou-se que, para lavar uma panela de 500 litros, consome-se, pelo menos, 500 litros de água, com ou sem mistura. O procedimento adotado na cervejaria é composto por 4 etapas, que consomem 150 litros cada, sendo elas o enxágue com água, a lavagem com mistura de água e soda, o enxágue com água e, por fim, a lavagem com mistura de água e peracético. Estima-se, portanto, o consumo de 600 litros de água e soluções para a higienização de um equipamento de 500 litros (1,2). Parte da água de enxágue é destinada para a limpeza do chão da fábrica.

Quanto à limpeza a seco dos equipamentos, informou-se que o produto utilizado no CIP é agressivo o suficiente para não precisar desse procedimento.

Energia

Informou-se um consumo mensal de energia elétrica por volta de 1,5 mil reais, que dividida por 0,73, resultou em um consumo mensal de 2,045 mil kWh por mês. Dividido pela produção de mil litros, resultou no índice de 2 kWh por litro de cerveja produzida.

Em relação ao isolamento térmico dos equipamentos, informou-se que nunca precisou fazer manutenção, pois funciona bem.

O aquecimento das placas industriais, exceto aquela utilizada na clarificação do mosto, é feito por meio do calor de vapor, em um sistema fechado de recirculação, em que é condensado e novamente utilizado no processo. Para armazenagem desse condensado, ainda em temperatura elevada, há um reservatório de água quente (*boiler*) na fábrica, com capacidades de 200 litros. Há, ainda, um boiler maior, com

capacidade de 500 litros, que armazena água quente para ser usada na panela referente à clarificação do mosto. Segundo a gestora, utilizar água quente na clarificação faz com que o tempo da fervura diminua.

Entretanto, observou-se vazamento de água no sistema de recirculação do vapor da fervura. Informou-se que o gerador de vapor estava produzindo mais vapor do que a capacidade do boiler, que acarretava o descarte (dito como relevante, mas sem estimativa de mensuração) de água limpa. Para evitar o desperdício, informou-se que a capacidade do boiler nesse sistema deveria ser superior, de pelo menos 500 litros. A fábrica não promove o reuso dessa água, que é descartada. Ainda, se houvesse um reservatório de água para destiná-la, poderia reaproveitá-la posteriormente.

Em relação à energia elétrica consumida, o principal uso se dá para manter as bombas funcionando e promover o resfriamento dos equipamentos.

Conforme informado, o consumo elevado nos motores elétricos se dá quando o motor utilizado é menor do que o necessário, forçando o equipamento. Nessa cervejaria, fizeram-se cálculos para avaliar a necessidade dos equipamentos elétricos e optaram por aqueles com capacidade acima da necessária para a produção atual.

Subprodutos

São gerados, mensalmente, por volta de 300 kg de bagaço de malte, que são doados para um fazendeiro local, que faz o uso para a alimentação do seu gado. Em relação às dificuldades encontradas para obter retorno financeiro com a venda desses subprodutos, informou-se que, como nunca pensou em cobrar, não saberia responder.

A levedura não é separada na cervejaria. De outro modo, poderia ser feita com o propósito de reuso em outro tanque de fermentação, em um prazo curto de tempo, entretanto, como possui apenas um, não é aplicável. Informou-se que, em um tanque de 500 litros, é possível reutilizar aproximadamente 17 litros de levedura, que decantam no equipamento.