

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ**

**GABRIEL PELESKCIS MACHADO  
LEONARDO LOURENÇO SOBRINHO**

**PROPOSTA PARA UTILIZAÇÃO DE RESÍDUO INDUSTRIAL CERVEJEIRO**

**PONTA GROSSA  
2023**

**GABRIEL PELESKCIS MACHADO  
LEONARDO LOURENÇO SOBRINHO**

**PROPOSTA PARA UTILIZAÇÃO DE RESÍDUO INDUSTRIAL CERVEJEIRO**

**Proposal for the use of industrial brewing waste**

Trabalho de conclusão de curso de graduação apresentada como requisito para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Bioprocessos e Biotecnologia da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Orientador(a): Prof<sup>a</sup> Juliana Vitória Messias Bittencourt

**PONTA GROSSA**

**2023**



Esta licença permite compartilhamento, remixe, adaptação e criação a partir do trabalho, mesmo para fins comerciais, desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es). Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.

**GABRIEL PELESKCIS MACHADO  
LEONARDO LOURENÇO SOBRINHO**

**PROPOSTA PARA UTILIZAÇÃO DE RESÍDUO INDUSTRIAL CERVEJEIRO**

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação apresentado como requisito para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Bioprocessos e Biotecnologia da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Data de aprovação: 17/novembro/2023

---

Juliana Vitoria Messias Bittencourt  
Doutorado  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

---

Luis Alberto Chavez Ayala  
Doutorado  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

---

Aline Coqueiro  
Doutorado  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

**PONTA GROSSA  
2023**

## RESUMO

A indústria cervejeira tem grande produção no Brasil, com cerca de 15 bilhões de litros por ano. Seu mercado ainda está em crescimento no país e apesar de contribuir com 2% do PIB nacional este tipo de indústria gera alguns resíduos que podem ser melhor aproveitados: o bagaço de malte, o trub quente e as leveduras úmidas. As leveduras úmidas representam 15% dos subprodutos dessa indústria. É normalmente usada como ingrediente de ração animal pelo seu alto valor nutritivo, sendo fonte de proteínas e fibras e contém vitaminas do complexo B, além de carboidratos e lipídios. Ademais, elas podem ser aplicadas na alimentação humana visto que já existem precedentes de produtos no mercado para venda em flocos, em comprimido ou em pó. A Economia Circular é um modelo onde se aplicam ciclos na cadeia produtiva, utilizando resíduos de um processo como matéria prima do mesmo processo ou de outro. Tem o objetivo de diminuir os impactos ambientais, diminuir a extração de recursos naturais e agregar valor aos resíduos que seriam descartados. O presente trabalho tem como objetivo criar alternativas sustentáveis para resíduos de levedura úmidas, *Saccharomyces cerevisiae*, da indústria cervejeira. Para isto, o trabalho se propõe a: aplicar um método de recuperação e encontrar alternativas para um produto com alto valor agregado a partir do resíduo, leveduras úmidas. A contribuição deste trabalho foi aplicar uma metodologia de lavagem do resíduo, criando um passo a passo para seu desamargamento. Comparar a eficácia de dois tipos de secagem, a secagem em estufa e a liofilização. Propor a utilização do resíduo leveduras úmidas como *vegan protein*, incorporação em alimentos, como farinha para aumentar o valor nutricional de pão, biscoitos, panquecas, snacks, entre outros. Além disso, as leveduras têm o potencial de serem usadas como meio de cultivo, ou como enriquecedor proteico de meio de cultivo para outros microrganismos.

Palavras-chave: levedura úmida; economia circular; bioprodutos; indústria cervejeira.

## ABSTRACT

The beer industry has a significant production presence in Brazil, producing approximately 15 billion liters per year. Despite contributing 2% to the national GDP, this industry generates some by-products that could be better utilized: malt residue, hot trub, and wet yeast. Wet yeast constitutes 15% of the by-products in this industry. Typically used as an ingredient in animal feed due to its high nutritional value—being a source of proteins, fibers, B-complex vitamins, carbohydrates, and lipids—it has potential applications in human nutrition. There are already precedents of yeast products available in the market, such as flakes, tablets, or powder. Circular Economy is a model where cycles are applied in the production chain, utilizing waste from one process as raw material for the same or another process. Its goal is to reduce environmental impacts, decrease the extraction of natural resources, and add value to waste that would otherwise be discarded. This study aims to create sustainable alternatives for wet yeast (*Saccharomyces cerevisiae*) residues from the beer industry. To achieve this, the study proposes to implement a recovery method and find alternatives for a high-value product derived from wet yeast residue. The contribution of this study lies in the application of a residue washing methodology, establishing a step-by-step process for its de-bittering. It compares the efficacy of two drying methods, oven drying, and freeze-drying. Additionally, the study suggests using wet yeast residue as vegan protein, incorporating it into foods such as flour to enhance the nutritional value of bread, cookies, pancakes, snacks, among others. Furthermore, yeast has the potential to be used as a growth medium or as a protein enhancer in the growth medium for other microorganisms.

Keywords: wet yeasts; circular economy; bioproducts; brewing industry.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Fluxograma de produção de cerveja e seus resíduos produzidos em cada etapa correspondente, em vermelho.....	17
Figura 2 - Modelo de Economia Linear.....	20
Figura 3 - Modelo de Economia Circular.....	22
Figura 4 - Fluxograma do tratamento das leveduras úmidas.....	26
Figura 5 - Anúncio de <i>vegan protein</i> da <i>one nutrion</i> no site da <i>puravida</i> .....	54

## LISTA DE FOTOGRAFIAS

Fotografia 1 - Centrífuga refrigerada Excelsa 4 da Fanem .....	27
Fotografia 2 - Placas de petri com leveduras submetidas a diferentes quantidades de lavagens.....	30
Fotografia 3 - Cadinho com resíduo de levedura úmida tratado.....	31
Fotografia 4 - Liofilizador de Bancada L101 .....	32
Fotografia 5 - Uma das placas que não apresentaram crescimento microbiológico após 48 horas de incubação à esquerda e a placa contaminada à direita .....	36
Fotografia 6 - As oito placas após 7 dias de incubação .....	37
Fotografia 7 - Colônias de <i>Saccharomyces cerevisiae</i> em ágar nutriente .....	37
Fotografia 8 - Tubos de leveduras úmidas inoculadas em caldo BHI após 7 dias de incubação .....	37
Fotografia 9 - Tubos com leveduras úmidas após 5 lavagens.....	39
Fotografia 10 - Tubo após 1 centrifugação e tubo após 10 centrifugações.....	40
Fotografia 11 - Recipientes de armazenamento das leveduras úmidas. Da esquerda após decantação e descarte do sobrenadante e o da direita após homogeneização .....	40
Fotografia 12 - Placa com resíduo de levedura úmida contaminada após incubação.....	45
Fotografia 13 - Resultado da secagem em estufa .....	46
Fotografia 14 - Cadinho com material seco em estufa macerado.....	46
Fotografia 15 - Placas com leveduras de cerveja secas em liofilizador com diferentes quantidades de lavagens.....	48
Fotografia 16 - Leveduras previamente secas e em formato de grânulos suspensas em água .....	51

## LISTA DE QUADROS

<b>Quadro 1 - Empresas fornecedoras de leveduras nutricionais em 2018 .....</b>	<b>24</b>
<b>Quadro 2 - Amostras com diferentes quantidades de lavagens na primeira série .....</b>	<b>28</b>
<b>Quadro 3 - Amostras com diferentes quantidades de lavagens na primeira série .....</b>	<b>29</b>
<b>Quadro 4 - Disposição de tubos com suas respectivas lavagens em cada cadinho.....</b>	<b>31</b>
<b>Quadro 5 - Resultado da suspensão das leveduras secas em água .....</b>	<b>51</b>

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Dados da primeira centrifugação da primeira série de lavagens .....	41
Tabela 2 - Dados da primeira centrifugação da segunda série de lavagens.....	41
Tabela 3 - Rendimento total de cada amostra do início ao fim da primeira série de lavagens.....	42
Tabela 4 - Rendimento total de cada amostra do início ao fim da segunda série de lavagens.....	43
Tabela 5 - Teor de umidade das amostras úmidas que foram secas em liofilizador .....	49

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

BHI	<i>Brain Heart Infusion Broth</i>
FAO	Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
MAPA	Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
ODS	Objetivo de desenvolvimento sustentável
ONU	Organização das Nações Unidas
TCC	Trabalho de Conclusão de Curso
UNU	Universidade das Nações Unidas
UTFPR-PG	Universidade Tecnológica Federal do Paraná Campus Ponta Grossa
WHO	<i>World Health Organization</i>
PER	Quociente de eficiência protéica
NPUa	Utilização líquida aparente da proteína
BSY	Levedura gasta de cerveja

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>13</b>
<b>2</b>	<b>OBJETIVOS .....</b>	<b>15</b>
<b>2.1</b>	<b>Objetivo geral.....</b>	<b>15</b>
<b>2.2</b>	<b>Objetivos específicos.....</b>	<b>15</b>
<b>3</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO.....</b>	<b>16</b>
<b>3.1</b>	<b>Indústria cervejeira.....</b>	<b>16</b>
<b>3.2</b>	<b>Resíduos gerados pela indústria cervejeira .....</b>	<b>17</b>
<b>3.3</b>	<b>Potencial das leveduras úmidas .....</b>	<b>18</b>
<b>3.4</b>	<b>Parque industrial da região .....</b>	<b>19</b>
<b>3.5</b>	<b>Economia circular .....</b>	<b>20</b>
<b>3.6</b>	<b>Desenvolvimento de bioprodutos.....</b>	<b>22</b>
<b>3.7</b>	<b>Secagem e os métodos a serem comparados neste trabalho.....</b>	<b>24</b>
3.7.1	Estufa .....	25
3.7.2	Liofilizador .....	25
<b>4</b>	<b>MATERIAIS E MÉTODOS .....</b>	<b>26</b>
<b>4.1</b>	<b>Teste Microbiológico.....</b>	<b>26</b>
<b>4.2</b>	<b>Desamargamento .....</b>	<b>27</b>
<b>4.3</b>	<b>Meio de cultivo de leveduras úmidas .....</b>	<b>29</b>
<b>4.4</b>	<b>Metodologias para secagem das leveduras úmidas .....</b>	<b>30</b>
4.4.1	Secagem em Estufa .....	30
4.4.2	Secagem no Liofilizador .....	32
<b>4.5</b>	<b>Ensaio de solubilização .....</b>	<b>33</b>
<b>5</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÕES .....</b>	<b>35</b>
<b>5.1</b>	<b>Teste Microbiológico.....</b>	<b>35</b>
<b>5.2</b>	<b>Desamargamento .....</b>	<b>38</b>
<b>5.3</b>	<b>Meio de cultivo de leveduras úmidas .....</b>	<b>44</b>
<b>5.4</b>	<b>Secagem.....</b>	<b>46</b>
5.4.1	Secagem em Estufa .....	46
5.4.2	Secagem no Liofilizador .....	47
<b>5.5</b>	<b>Solubilização.....</b>	<b>49</b>
5.5.1	Solubilização das leveduras secas em estufa .....	52
5.5.2	Solubilização das leveduras secas no liofilizador .....	52
<b>5.6</b>	<b>Produtos no mercado e propostas .....</b>	<b>52</b>

<b>6</b>	<b>CONCLUSÃO .....</b>	<b>55</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>57</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A indústria cervejeira é uma das mais lucrativas do mundo. De acordo com a Associação Brasileira da Indústria da Cerveja, a produção nacional é de, aproximadamente, 14 bilhões de litros por ano e representa 2% do Produto Interno Bruto, com faturamento de R\$107 bilhões por ano e geração de 2,7 milhões de empregos. A cada R\$1,00 investido no setor, gera R\$2,50 reais na economia, é importante salientar que estes números levam em consideração as grandes cervejarias afiliadas ao CervBrasil, sendo elas a Cervejaria Petrópolis, Ambev, Heineken e Brasil Kirin, não incluindo as microcervejarias (CERVBRASIL, 2017).

No Brasil, nos últimos dois anos, o crescimento do mercado cervejeiro ficou entre 12 a 14% (BRASIL, 2022). Esse aumento reflete na busca e no interesse pela produção nacional de cevada e de lúpulo, visto que essa última matéria-prima tem sido importada quase 100% pela indústria cervejeira. O Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, por meio da Secretaria de Agricultura Familiar, iniciou um projeto de incentivo com o objetivo de desenvolver subsídios para fortalecer uma cadeia produtiva e elaborar um plano de viabilidade técnica e econômica para produção de lúpulo no país. De acordo com Aloísio Vilarinho, pesquisador em Genética e Melhoramento da Embrapa Trigo, a cevada, no entanto, já é produzida no Brasil, mas, devido ao déficit hídrico, à geada tardia e às incertezas trazidas pela pandemia, foi possível produzir apenas 32% desse produto, sendo necessário importar 68% para complementar a demanda total (BRASIL, 2021).

Frente a esses cenários, de crescimento na produção cervejeira, se faz necessária a criação de alternativas de reuso dos resíduos produzidos. O descarte indevido impacta diretamente no meio ambiente, o qual é foco em discussões governamentais e não governamentais de todo mundo, o que é fundamental para promover o desenvolvimento sem causar danos ambientais. A obtenção de práticas sustentáveis é uma das principais razões para diminuir os impactos causados pelo ser humano no meio ambiente. A ONU, em 2015, propôs a Agenda 2030, a qual é composta por 17 objetivos que visam o desenvolvimento sustentável (ODS). Com isso, começaram a surgir novos métodos e estratégias de cunho sustentável que mudaram a forma vigente de economia linear, baseado, assim, em uma economia circular, que produz mais bens com menos recursos, gerando o mínimo descarte de resíduos (VERDE *et al.*, 2019).

No Brasil é gerado, aproximadamente, 2,5 milhões de toneladas, por ano, de resíduos decorrentes da indústria cervejeira, os quais causam danos ambientais relevantes ao serem descartados inadequadamente no ambiente. Um desses resíduos gerados é a levedura úmida que contém propriedades nutricionais. Pesquisadores realizaram estudos para obtenção do extrato protéico presente nesses microrganismos, como fonte nutricional para produção de alimentos funcionais para consumo humano e ração animal (DIAS EC *et al.*, 2018).

A levedura úmida, fonte não convencional proteica, se mostra cada vez mais em destaque, não só pelo fato de estarem ligadas à preparação de alimentos e de bebidas fermentadas, como também por sua versatilidade e facilidade de rápido crescimento em uma ampla variedade de substratos (CABALLERO-CÓRDOBA; PACHECO; SGARBIERI, 1997).

Neste contexto, o presente trabalho estudou meios para a utilização da levedura úmida, resíduo cervejeiro, a fim de trazer propostas para utilização de seu valor nutricional e, por consequência, suprir uma demanda mundial em fontes alternativas proteicas, visando, também, diminuir os problemas mundiais de impacto ambiental.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo geral**

O presente trabalho tem como objetivo aplicar uma metodologia de desamargamento das leveduras úmidas, *Saccharomyces cerevisiae*, resíduo gerado do processo de produção de cerveja numa indústria dos Campos Gerais que produz 800 toneladas por mês do referido resíduo; e propor o desenvolvimento de bioprodutos com alto valor agregado, a partir do produto obtido do seu tratamento e secagem.

### **2.2 Objetivos específicos**

- Realizar análise microbiológica das leveduras úmidas;
- Aplicar estratégia para desamargamento;
- Comparar duas metodologias de secagem das leveduras úmidas;
- Analisar solubilidade do produto obtido;
- Propor possíveis finalidades e aplicações do produto obtido.

### **3 REFERENCIAL TEÓRICO**

#### **3.1 Indústria cervejeira**

A indústria cervejeira é um setor que se dedica à produção de cerveja em larga escala. Ela engloba várias etapas, desde o cultivo de ingredientes, como malte e lúpulo, até o processo de fabricação, engarrafamento, distribuição e comercialização da cerveja.

O Brasil é o terceiro maior produtor de cerveja do mundo, ficando atrás apenas de Estados Unidos e China. No século XX, o Brasil contou com políticas de substituição de importações para industrializar a produção e com um extenso mercado interno, aquecido pelo crescimento do poder aquisitivo da população fortaleceu ainda mais a indústria cervejeira. Outro fator que agregou no crescimento da indústria cervejeira foi a liberação, por meio da legislação, do uso de cereais não maltados, por exemplo, o milho já que a cevada era adquirida no mercado externo (LIMBERGER; ESPÍNDOLA, 2019).

Em 2021, o número de estabelecimentos produtores de cervejas teve um aumento de 12% em relação ao ano anterior, foram 200 registros de novas cervejarias, frente a 34 cervejarias que cancelaram seus registros. Essa evolução, com crescimento consistente e constante, demonstra resiliência às crises e a importância deste mercado no Brasil. Diante deste crescimento, segundo o Sindicato Nacional da Indústria da Cerveja, o Brasil se mostra como o terceiro maior produtor de cerveja do mundo (BRASIL, 2022).

Ainda, de acordo com o Sindicato, com base nos dados até o ano de 2016, o país teve produção anual de 13,3 bilhões de litros, foi responsável por movimentar mais de R\$77 bilhões por ano, equivalente a 2% do PIB, e gerar 2 milhões de empregos diretos. A maior parte das cervejarias brasileiras estão concentradas nas regiões Sul e Sudeste, com um percentual de 85,8% do total no país (SINDICERV, 2020). Atualmente a previsão do volume de vendas é de 16 bilhões de litros, até o fim do ano de 2023, sendo 4,5% maior que em 2022, segundo os dados da empresa de mercado Euromonitor para o Sindicato Nacional da Indústria da Cerveja (BRASIL, 2023b).

### 3.2 Resíduos gerados pela indústria cervejeira

Os resíduos estão intrinsecamente em qualquer processo industrial, mesmo com avanços tecnológicos a redução a zero ainda é difícil. Nas cervejarias, os resíduos são responsáveis pela perda de, aproximadamente, 20 litros, a cada 100 litros de água cervejeira utilizada no processo. Essa perda se dá pelo elevado teor de umidade na composição dos resíduos, entre 80 e 90%, promovendo grande arraste de mosto e perda de extrato, a depender da fase em que o resíduo é retirado, o que acarreta a geração de significativas quantidades de efluentes (PRIEST & STEWART, 2006).

Na Figura 1 é exposto as etapas da produção da cerveja em que são gerados resíduos. Os resíduos sólidos principais obtidos no processo cervejeiro são: o bagaço de malte, o trub quente e as leveduras (BONATO, 2016).

**Figura 1 - Fluxograma de produção de cerveja e seus resíduos produzidos em cada etapa correspondente, em vermelho**



Fonte: Adaptado de Bonato (2016)

O bagaço do malte é gerado após a etapa de produção do mosto e esgotamento dos grãos de maltes representados na Figura 1, que já passaram pela extração de todos os compostos solúveis. Esses compostos são obtidos por ação enzimática e controlados por rampas de temperaturas ideais e variadas, e cada temperatura irá ativar certas enzimas, produzindo um mosto rico em açúcares. Nesse processo o bagaço exerce importante papel como torta filtrante. No processo cervejeiro o bagaço do malte é o resíduo gerado em maior quantidade, equivalente a 85% do total. Apresenta grande valor nutricional, e é de baixo ou sem nenhum custo para a compra, tendo em vista que é produzido em grande volume todos os anos.

Portanto, a cada hectolitro de cerveja produzido, cerca de 14 a 20 quilos de bagaço são gerados (MATHIAS; MELLO; SÉRVULO, 2014).

O trub é o lúpulo e contém substâncias como resinas, óleos essenciais e polifenóis. Aproximadamente, 85% dos componentes presentes no lúpulo não são solubilizados no mosto e podem estar precipitando juntamente com outros componentes fenólicos e com proteínas, e serem removidos com o trub, conforme apresentado na Figura 1. O trub quente tem caráter grosso (viscoso) e retirado após a fervura, é responsável por 0,2 a 0,4 quilos de resíduo a cada 100 litros de cerveja produzida. Sua composição varia, podendo generalizar que o trub é constituído de: 50 a 70% de proteínas, 10 a 20% de substâncias não solubilizadas do lúpulo, 5 a 10% de polifenóis, 4 a 8% de carboidratos, 3 a 5% de minerais e 3 a 5% de ácidos graxos (DO PRADO, 2021).

A levedura *Saccharomyces cerevisiae* é o microrganismo responsável pela conversão do mosto em chopp, que após a pasteurização se transforma em cerveja. Durante essa etapa de fermentação, a levedura pode multiplicar-se entre 3 e 5 vezes no reator (BRIGGS *et al.*, 2004).

Portanto, devido seu fator de crescimento essa biomassa formada é o segundo maior subproduto do processo cervejeiro, as leveduras úmidas, representando no máximo 15% de subprodutos gerados. Essa biomassa são organismos unicelulares, que pode ser recuperada e utilizada até seis vezes para fermentação. A levedura úmida é recuperada por sedimentação antes do estágio final da segunda fermentação e maturação, gerando perdas de cerveja na faixa de 1,5 a 3% do volume total de cerveja produzido (RACHWAL *et al.*, 2020).

### **3.3 Potencial das leveduras úmidas**

De acordo com Glenys M. Caballero-Córdoba, Maria Teresa B. Pacheco e Valdemiro C. Sgarbieri em seu estudo da composição da biomassa de levedura integral, ela consiste predominantemente em proteínas (48,52%) e o restante em carboidratos (32,92%), minerais (8,32%), RNA (7,52%) e lipídios totais (3,4%). O perfil de seus aminoácidos é adequado para nutrição humana e superam as recomendações da FAO, WHO e UNU de aminoácidos essenciais. Rica em lisina, que é indicada para complementar proteína de cereais. Através de ensaios biológicos foi concluído que a biomassa da levedura de cerveja estabelece uma fonte de proteína de bom valor nutritivo entre 70 a 80% comparado à caseína.

De acordo com Rachwal *et al.* (2020, p. 6-7, tradução nossa) em sua revisão bibliográfica:

A levedura excedente é frequentemente vendida aos agricultores, principalmente na forma úmida, como um aditivo barato para ração animal. A alta digestibilidade da levedura foi confirmada em animais como ratos, porcos e salmão. Terrestre e outros, 2013). Este resíduo é uma rica fonte de proteínas, vitaminas (principalmente do grupo B) e minerais (especialmente fósforo) que podem ser utilizados em dietas de animais (Pedra, 2006; Crawshaw, 2004). Este subproduto cervejeiro foi relatado como aditivo alimentar para peixes, cavalos, ruminantes, aves e suínos (Ferreira *et al.*, 2010; Tacon, Metian & Hasan, 2009; Crawshaw, 2004; Hertrampf & Piedad-Pascual, 2000). BSY pode ser usado como ração na forma fresca, líquida ou seca. Antes da administração aos animais, as leveduras devem ser inativadas por tratamento térmico ou por adição de ácidos orgânicos. É indispensável evitar a fermentação deste resíduo após o consumo pelos animais, pois pode induzir problemas gastrointestinais em suínos (Crawshaw, 2004). Suplementos contendo levedura de cerveja misturada com grão gasto influenciaram positivamente a eficiência produtiva (aumento da produção e qualidade de ovos) e reprodutiva (aumento da eficácia da fertilização e eclodibilidade) na endogamia de perus e galinhas. BSY também pode substituir a soja em dietas para suínos e porcas, enriquecendo a ração com aminoácidos essenciais (Levic, Djuragic e Sredanovic, 2010).

Os alimentos enriquecidos com levedura úmida podem proporcionar benefícios à saúde, por apresentar propriedades prebióticas e ser uma importante fonte de proteínas e aminoácidos essenciais, também é rica em compostos polifenólicos e vitaminas do complexo B (sendo eles B1, B2, B3, B6 e B8), além de ser uma alternativa à substituição as proteínas de soja, por apresentar uma maior digestibilidade (RACHWAL *et al.*, 2020).

### **3.4 Parque industrial da região**

A industrialização em Ponta Grossa começou ainda no século XIX, com a instalação da Cervejaria que viria a se tornar a Adriática em 1894. A cidade passou por dois grandes ciclos industriais, o primeiro ciclo entre final de 1960 e começo de 1970 com a instalação das grandes moageiras, hoje são Cargill, Bunge e Louis Dreyfus e seu segundo ciclo a partir de 1990 com a instalação de Indústrias, hoje são Heineken, Tetra Park, Continental, Arauco, entre outras. Recentemente o terceiro ciclo teve início em 2011 e segue até hoje com novos aportes e expansões como AB InBev, Madero e DAF. De acordo com o último censo do IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) em 2019 a Indústria representa 30% do PIB municipal, setor que movimentou R\$4,6 bilhões de reais. Ponta Grossa consolida-se como a 53º maior

economia do Brasil e tem o maior parque industrial do interior do Paraná (aRede, 2022).

A economia de Ponta Grossa é a quinta maior do estado, alavancada pelo crescimento do comércio e da indústria. A cidade encontra-se rodeada por rodovias que percorrem o estado do Paraná de norte a sul, formando um complexo rododiferroviário. O posicionamento estratégico chamado rota do agronegócio, sendo um dos mais importantes corredores de escoamento do agronegócio nacional, e sua facilidade logística, como a proximidade ao Porto de Paranaguá, além de seu entroncamento ferroviário. Portanto, a indústria de Ponta Grossa está concentrada pelo beneficiamento da soja e cereais, tanto no processamento de alimentos, bebidas, fertilizantes, insumos florestais e metalurgia. Entre as três principais empresas, duas são cervejeiras, sendo AB InBev e Heineken, segundo e terceiro lugar consecutivamente, com base em seu faturamento de 2019 (BLOXS, 2021).

### 3.5 Economia circular

A economia mundial se desenvolveu baseando-se no modelo de Economia Linear. Neste modelo (Figura 2) há a coleta de recursos naturais do meio ambiente para serem usados como matéria prima em uma manufatura, desta manufatura sai um produto que é distribuído para consumo, ele é consumido e em todo esse caminho há o descarte dos resíduos gerados em cada etapa (SOUZA, 2021).



Fonte: Souza (2021)

No contexto global atual, é perceptível o grande aumento do consumo de produtos industrializados devido a maneira de viver das pessoas, há pouco tempo para processar os produtos que são consumidos por si mesmo e por sua família, além de que muitos produtos bastante consumidos atualmente só são possíveis de serem produzidos com equipamentos e infraestrutura de uma indústria. Num modelo econômico linear, esse contexto leva ao aumento de resíduos descartados no meio ambiente.

Apesar de ainda ser o modelo mais usado atualmente, a economia linear não é o modelo ideal tanto com relação a preservação ambiental, quanto com relação à economia. Isso porque nesse modelo são retirados recursos naturais do meio ambiente sempre que se precisa de matéria prima. Sabendo que os recursos naturais são finitos, em algum momento, a produção será interrompida por falta de matéria prima. Outrossim, os resíduos descartados, em sua maioria, podem causar danos ao meio ambiente, sendo que esses mesmos resíduos, muitas vezes, têm grande potencial de serem aplicados em outros processos para serem transformados em algo de valor (SOUZA, 2021).

Em suma, a economia linear leva à instabilidade econômica, à perdas energéticas e à agressão humana ao meio ambiente, ainda mais no contexto industrial global e atual, onde resíduos são gerados em grande escala (SOUZA, 2021).

Devido aos problemas gerados por esse modelo econômico, em 1987, no Relatório Brundtland, nasceu o conceito do Desenvolvimento sustentável. Tem por objetivo fomentar novas estratégias para permitir o desenvolvimento econômico sem que ocorra agressões ao meio ambiente. Que se possa garantir o desenvolvimento da geração do presente sem que isso prejudique a capacidade de desenvolvimento das futuras gerações, integrando aspectos econômicos, ambientais e sociais (WCED, 1987).

Esse conceito é estimulado atualmente por políticas públicas. A agenda 2030 da Organização das Nações Unidas (ONU) contém 17 objetivos de desenvolvimento sustentável (ODS). Dentre eles o ODS 7 Energia Limpa e Acessível, o ODS 11 Cidades e Comunidades Sustentáveis, o ODS 12 Consumo e Produção Responsáveis, entre outros (UNIC, 2015). Esses objetivos são buscados por indústrias e pela sociedade em geral.

O conceito de Economia Circular foi exposto como uma maneira de mudar o cenário econômico atual. Levando em consideração o Desenvolvimento Sustentável, a Economia Circular se propõe como uma forma de criar estratégias para transformar resíduos em insumos para o mesmo ou outros processos, visando sempre manter o mais alto valor e a mais alta utilidade dos componentes e materiais (GEISENDORF & PIETRULLA, 2018).

Diferente da Economia Linear, na Economia Circular a base não é o consumo, mas o uso restaurativo dos recursos, já que é entendido que os resíduos gerados podem ser utilizados em outros processos, aumentando o lucro do produtor,

diminuindo a demanda por recursos naturais e causando menos impacto ao meio ambiente (GEISENDORF & PIETRULLA, 2018).

No modelo de Economia Circular (Figura 3), de forma semelhante à Economia Linear, inicialmente os recursos naturais são coletados, usados como matéria prima em uma manufatura e o produto é distribuído e consumido. Mas a diferença é que os resíduos gerados podem ser simplesmente reutilizados, podem ser reparados, podem ser redistribuídos, remanufaturados ou ainda reciclados. Além de poder ocorrer o descarte, da mesma forma que na Economia Linear, quando não existe a possibilidade de aplicar nenhuma dessas alternativas (SOUZA, 2021).

**Figura 3 - Modelo de Economia Circular**



Fonte: Souza (2021)

Para aplicar a Economia Circular é necessário conhecer o ciclo de vida do produto em questão. Em cada etapa deste ciclo de vida podem ser encontradas saídas de resíduos. A partir do conhecimento desses resíduos pode-se traçar estratégias para criar ciclos de reciclagem, reuso, redistribuição, remanufatura e/ou reparo (SOUZA, 2021).

### 3.6 Desenvolvimento de bioprodutos

O desenvolvimento de novos produtos é sempre buscado por pesquisadores e empresas porque eles têm a capacidade de alterar a base da concorrência no mercado. A constante procura por inovação tem a capacidade de levar à iniciação, ao crescimento e à sobrevivência no mercado (TROTT, 2012).

O desenvolvimento de bioprodutos é uma ótima solução para agregar valor aos resíduos agroindustriais ou da indústria de alimentos, além disso, dependendo do resíduo usado, possibilita a diminuição de emissão de poluentes no meio ambiente. Este tipo de abordagem gera alternativas sustentáveis e economicamente viáveis para a finalidade de resíduos (NG *et al.*, 2020).

Os resíduos orgânicos podem ser transformados em bioprodutos de formas diferentes dependendo do objetivo final. Atualmente as alternativas mais usadas são: a conversão em ração animal, já que esses resíduos normalmente contêm grande quantidade de proteínas, carboidratos, lipídios e demais nutrientes importantes para a alimentação animal; e a compostagem, visto que esse tipo de resíduo se decompõe rapidamente, liberando essas substâncias no solo, nutrindo-o, e dessa forma se exclui a necessidade de uso de outros fertilizantes (NG *et al.*, 2020).

Outras formas de desenvolvimento de bioprodutos se fazem presentes no cenário atual. Uma delas é a extração de compostos bioativos dos resíduos orgânicos. Esses compostos podem ter muito valor principalmente para a indústria farmacêutica, cosmética e alimentícia (NG *et al.*, 2020). Os antioxidantes representam grande parte desses compostos extraídos, eles podem ser usados como conservantes e são importantes para uma alimentação saudável. Além disso, também são extraídos, proteínas, lipídios, carboidratos e outros (XIONG *et al.*, 2019).

O uso dos resíduos orgânicos como substrato na fermentação microbiana com o fim de produzir compostos de valor agregado também é uma forma de conversão de resíduos em bioprodutos. Nos últimos 2 anos houve muitos estudos para produção de enzimas em fermentação com resíduos agroindustriais como substratos, como por exemplo: a produção de lipases a partir de farelo de semente de girassol, torta de milho e trigoilho (DOS SANTOS *et al.*, 2022); o uso de cascas de camarão para produção de quitinases (ORNELA & GUIMARÃES, 2022); produção de tanase a partir de casca de banana (MARTINS *et al.*, 2021); entre outros.

Além dessas formas de desenvolvimento de bioprodutos, há muitas outras, como a produção de biogás, a produção de biodiesel e biocombustíveis em geral, a produção de biocarvão e a bioconversão em compostos de alto valor utilizando enzimas imobilizadas para a catálise de reações (NG *et al.*, 2020).

As leveduras úmidas podem ser convertidas em bioprodutos, assim como outros resíduos da indústria cervejeira, podem ser empregadas como ingredientes em rações animais devido a sua composição de alto percentual de proteínas, fibras,

carboidratos, lipídios, vitaminas e outros (GONÇALVES, BORGES & FERREIRA, 2009).

Além da possibilidade das leveduras úmidas serem empregadas em rações animais, elas também podem ser processadas para alimento humano. As leveduras disponíveis para consumo humano são as leveduras nutricionais, cultivadas exclusivamente para produção de suplemento alimentar, ou os levedos, subproduto da fermentação cervejeira, as leveduras úmidas, processados de forma a serem preparados para o consumo humano (BEKATOROU; PSARIANOS; KOUTINAS, 2006).

Essas leveduras são vendidas em flocos, em pó ou em comprimido, saborizadas ou apenas de sabor natural. Elas podem ser consumidas isoladamente ou como acompanhamento para realçar o sabor de um prato, além de servir como suplemento alimentar. São vendidas como um alimento vegano, rico em proteínas e vitaminas do complexo B, sem lactose e apenas as nutricionais sem glúten, já que as leveduras de cerveja entram em contato com o malte na fermentação cervejeira.

Segundo Evangelista *et al.* (2019), em 2018 existiam 3 empresas que vendiam leveduras nutricionais para consumo humano no Brasil (Quadro 1).

**Quadro 1 - Empresas fornecedoras de leveduras nutricionais em 2018**

<b>Empresas</b>	<b>Tipos de produtos</b>
NOW Foods	Levedura nutricional em flocos; Levedura nutricional em pó.
Bob's Red Mill	Levedura nutricional em flocos.
Vegan Way	Levedura nutricional sabor natural; Levedura nutricional sabor fumaça e alecrim.

**Fonte: Evangelista *et al.* (2019)**

Atualmente as leveduras de cerveja são fornecidas no mercado brasileiro em sua maioria em comprimidos, mas também existem em flocos ou em pó, como as fornecidas pela empresa Unilife (UNILIFE, 2015) e as fornecidas pela Marma. (NATURITAS, 2022).

### **3.7 Secagem e os métodos a serem comparados neste trabalho**

A secagem é a operação na qual a água ou qualquer outro líquido é removido de um material. Durante a secagem, pode ocorrer grande número de mudanças

químicas e físicas. Isso afeta a qualidade do produto final em termos de valor nutricional, cor, sabor, aroma e textura. Propriedades nutritivas como as vitaminas podem ser perdidas, em processo com tratamento térmico, e com a secagem não é diferente (CELESTINO, 2010).

### 3.7.1 Estufa

Estufas de bandejas ou Estufas de Circulação de ar tem como objetivo promover a retirada de umidade e secar amostras o mais rápido possível, por meio de temperatura constante e por proporcionar um controle de aquecimento uniforme dentro de toda estufa. Podem chegar em temperaturas de 50 °C a 200 °C dependendo do seu modelo de estufa. A circulação de ar no secador é feita por um ventilador situado atrás de resistências elétricas usadas para o aquecimento do ar de entrada. O controle da temperatura é por meio de um termostato (CELESTINO, 2010).

### 3.7.2 Liofilizador

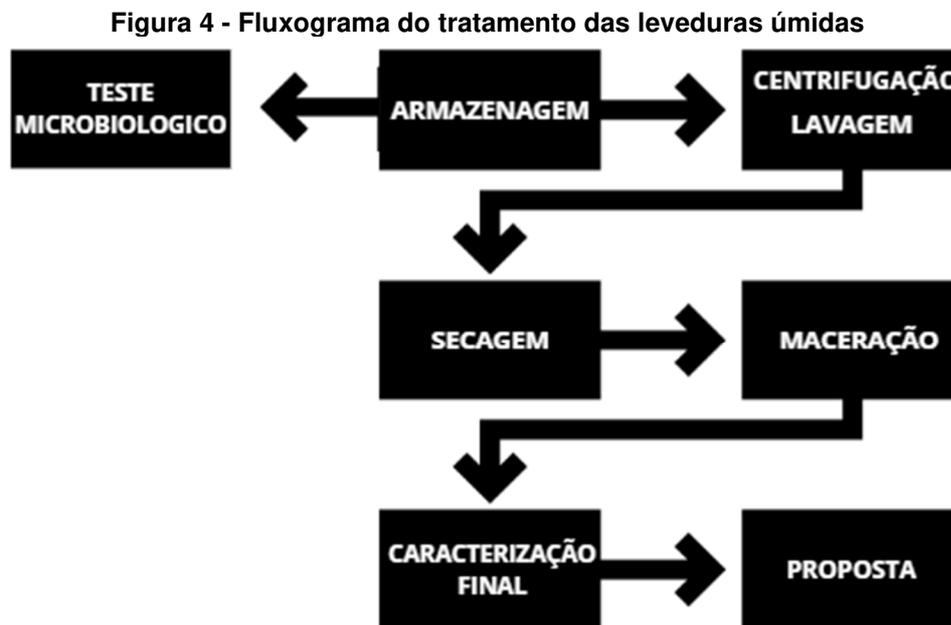
Também conhecido como “freezedrier”. Nesse processo a água é eliminada por sublimação. O material é congelado e, no liofilizador sob vácuo, ocorre a desidratação (CELESTINO, 2010).

Este sistema deve reduzir a pressão para 1 mmHg, essa condição deve ser mantida até o final da secagem. Sua vantagem é a perda mínima de nutrientes (CELESTINO, 2010).

## 4 MATERIAIS E MÉTODOS

O resíduo de levedura úmida foi doado por uma cervejaria da cidade de Ponta Grossa, PR. Mantido armazenado e em refrigeração no Laboratório de Alimentos D001 do Departamento de Engenharia de Bioprocessos e Biotecnologia da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, campus Ponta Grossa.

O resíduo contém muitas substâncias da fermentação cervejeira. Muitas delas determinam algumas características sensoriais, químicas e físicas do resíduo que o inviabilizam para consumo direto. Dessa forma foi necessário realizar um desamargamento para isolar as leveduras. O resíduo foi tratado seguindo o fluxograma da Figura 4.



Fonte: Autoria própria (2023)

### 4.1 Teste Microbiológico

O primeiro procedimento realizado, após o armazenamento das leveduras, seguindo o fluxograma da Figura 4, foi o teste microbiológico. Para isso, foi preparado 120 mL de ágar BHI, e 60 mL de caldo BHI. Os meios de cultivo e os materiais que foram usados posteriormente, no plaqueamento e inoculação, foram esterilizados em autoclave vertical da Alpha Life Science série ALS na temperatura de 128 °C. O ágar BHI foi plaqueado em 8 placas de petri e o caldo BHI foi dividido em 8 tubos de ensaio com tampa, procedimento realizado em fluxo laminar, para evitar contaminação durante o manuseio dos materiais.

A inoculação das leveduras úmidas nas 8 placas foi feita pelo método do estriamento com alça descartável. Já nos 8 tubos, a inoculação ocorreu pela adição de 1 ml de leveduras úmidas usando micropipeta. As placas e os tubos foram incubados em estufa na temperatura de 37 °C num período de 7 dias. As análises foram feitas a olho nu durante para verificar o crescimento de colônias, após 48 horas e após os 7 dias de incubação.

## 4.2 Desamargamento

Foram coletadas amostras de leveduras úmidas diretamente do recipiente de armazenamento (galão) e inseridas em tubos falcon de 50 mL. Esses tubos foram submetidos a uma série de repetições de lavagens, que compreende em homogeneização das leveduras úmidas, centrifugação e descarte do sobrenadante. A partir da segunda lavagem de cada amostra também foi adicionado água anteriormente à homogeneização, até completar o volume de 50 mL dos tubos.

Excluindo a primeira lavagem de cada amostra, a homogeneização ocorreu por agitação com bastão de vidro e agitação dos tubos com as mãos. A homogeneização da primeira lavagem de cada amostra foi realizada apenas com agitação do tubo com as mãos e sem adição de água para que a maior quantidade possível de leveduras fosse lavada por cada tubo falcon.

As centrifugações foram feitas em centrífuga para tubos falcon de 50 mL (Fotografia 1) com rotor 8 x 100 de 280 mm de raio, por isso sempre foram centrifugados 8 tubos por lavagem.

**Fotografia 1 - Centrífuga refrigerada Excelsa 4 da Fanem**



**Fonte: Autoria própria (2023)**

Foram executadas duas séries de lavagens, a primeira com o intuito de preparar as leveduras para secagem em estufa e a segunda para a secagem no liofilizador.

Na primeira série de lavagens, as duas primeiras centrifugações foram realizadas a 1800 rpm (463 g), com 35 rpm/s<sup>2</sup>, a 10 °C por 12 min. As centrifugações restantes foram realizadas a 2700 rpm (1043 g), com a mesma aceleração e sob a mesma temperatura. O tempo de centrifugação na terceira centrifugação continuou sendo 12 min, na quarta foi 15 min e a partir da quinta foi 20 min. Os parâmetros das 2 primeiras centrifugações foram baseados no artigo de Souza, Freire e Almeida (2018) que realizaram o desamargamento de leveduras de cerveja, no entanto foi apurada a necessidade de alterá-los para se alcançar maior eficiência na lavagem das leveduras.

Durante a série de lavagens, alguns tubos foram retirados da série e novos tubos com novas amostras foram inseridos. Isso foi feito para que se obtivessem amostras com 3 lavagens, com 4 lavagens, com 6 lavagens, com 7 lavagens e com 10 lavagens, conforme o Quadro 2.

**Quadro 2 - Amostras com diferentes quantidades de lavagens na primeira série**

<b>Tubos</b>	<b>Quantidade de lavagens</b>	<b>Finalidade</b>
11, 12 e 13	3 lavagens	secagem em estufa
4 e 6	4 lavagens	teste como meio de cultivo
9 e 10	6 lavagens	secagem em estufa
1, 5 e 7	7 lavagens	teste como meio de cultivo
2, 3 e 8	10 lavagens	secagem em estufa

**Fonte: Aatoria própria (2023)**

Para todas as amostras, exceto a 9 e a 10, a coleta do recipiente de armazenamento foi realizada após homogeneização das leveduras úmidas. As amostras 9 e 10 foram coletadas do recipiente de armazenamento após decantação e descarte do sobrenadante, visando possuir a maior quantidade possível de leveduras, já que no sobrenadante se encontra muita água com muitas impurezas advindas da fermentação cervejeira, diferente do corpo de fundo que contém alta concentração de leveduras.

Na segunda série de lavagens foi determinado um padrão dos parâmetros para todas as centrifugações, sendo 2700 rpm (1043 g), com 35 rpm/s<sup>2</sup>, a 10 °C por 20 min. Nesta série, todas as amostras foram coletadas do recipiente de armazenamento retirando o corpo de fundo com alta concentração de leveduras.

Durante esta série, também foram retiradas amostras e inseridas novas para que ao final fossem obtidas amostras com 1 lavagem, com 3 lavagens, com 6 lavagens e com 10 lavagens, conforme Quadro 3.

**Quadro 3 - Amostras com diferentes quantidades de lavagens na primeira série**

<b>Tubos</b>	<b>Quantidade de lavagens</b>	<b>Finalidade</b>
13, 14, 15 e 16	1 lavagem	Liofilização
9, 10, 11 e 12	3 lavagens	Liofilização
1, 2, 3 e 4	6 lavagens	Liofilização
5, 6, 7 e 8	10 lavagens	Liofilização

**Fonte: Autoria própria (2023)**

Em ambas as séries de lavagens, cada centrifugação foi realizada com o cuidado para que todos os tubos tivessem massas muito semelhantes, para que não houvesse desequilíbrio de peso no rotor da centrífuga. Além da pesagem anterior à cada centrifugação, também foi realizada pesagem após cada lavagem, depois do descarte do sobrenadante, para que fosse medida a soma da quantidade de massa perdida pela centrifugação e pela quantidade de massa perdida pelo manuseio do material nos tubos durante a homogeneização.

Para comparação entre amostras quanto a perda de massa em cada lavagem, foram montadas tabelas apresentando o rendimento de massa de corpo de fundo nos tubos falcon ao fim de cada lavagem, que teoricamente é composta em grande parte pelas leveduras. Para isso foram usados os valores da massa de cada tubo anterior a cada centrifugação e os valores da massa de cada tubo após o descarte do sobrenadante. Isso foi feito para comparar a perda de massa em cada lavagem, que compreende água e impurezas, e comparar a massa de leveduras que permanece em cada tubo ao fim de cada lavagem.

### **4.3 Meio de cultivo de leveduras úmidas**

Outra atividade realizada antes da secagem foi a inserção de amostras lavadas durante a primeira série de lavagens em placas de petri. Para este meio de cultura foi colocado apenas resíduo de levedura úmida, o material foi despejado em duas placas de petri, em uma das placas estava com o material obtido de quatro lavagens (a esquerda) e a outra placa estava com um material obtido de sete lavagens (a direita), conforme Fotografia 2.

**Fotografia 2 - Placas de petri com leveduras submetidas a diferentes quantidades de lavagens**



**Fonte: Autoria própria (2023)**

Ambas as placas foram expostas por cinco horas próximo a uma janela com ótima circulação de ar e fechadas com o reforço de parafilm. Foram incubadas ao abrigo do sol em temperatura ambiente.

#### **4.4 Metodologias para secagem das leveduras úmidas**

A secagem foi a etapa realizada para retirar o excesso de água da amostra. Portanto, foram testados dois tipos de secagem a fim de comparar qual secagem é mais eficiente para o material em estudo, visando a manutenção das qualidades nutricionais desse resíduo.

##### **4.4.1 Secagem em Estufa**

As amostras de leveduras úmidas da primeira série de lavagens permaneceram armazenadas por volta de um mês em tubos falcon dispostas em posição vertical dentro da geladeira convencional no Laboratório D001.

Após este período, foram transferidas para três cadinhos identificados com a quantidade de lavagens a que cada amostra foi submetida. Nos cadinhos foi colocado o peso equivalente ao que continha em cada tubo falcon e nesse caso para cada cadinho foram utilizados de dois a três tubos falcon, conforme segue o Quadro 4.

**Quadro 4 - Disposição de tubos com suas respectivas lavagens em cada cadinho**

Secagem em Estufa		
Cadinho	Tubos	Lavagens
1	1, 5 e 7	3
2	4 e 6	6
3	2, 3 e 8	10

**Fonte: Autoria própria (2023)**

Foi necessário espalhar muito bem a amostra dentro do cadinho para aumentar sua superfície de contato, otimizando a secagem, conforme a Fotografia 3.

**Fotografia 3 - Cadinho com resíduo de levedura úmida tratado**

**Fonte: Autoria própria (2023)**

Após este primeiro preparo os cadinhos foram colocados na estufa com reciclo de ar e esterilização da marca TECNAL de modelo TE-393/180L em temperatura estabelecida de 60°C para que ocorra o mínimo de perda nutricional. O tempo necessário de secagem foi de sete dias corridos.

O material seco, foi macerado em almofariz com pistilo, para se alcançar um produto em pó, ou no mínimo em formato de grânulos. O produto resultante foi armazenado em local seco, ao abrigo da luz em tubos falcon fechados, separados de acordo com suas condições de lavagem e secagem.

Este procedimento foi realizado no Laboratório D002 do Departamento de Engenharia de Bioprocessos e Biotecnologia da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, campus Ponta Grossa.

#### 4.4.2 Secagem no Liofilizador

No segundo método de secagem, a liofilização, foi utilizado as leveduras úmidas da segunda série de lavagens, de onde se resultou materiais com uma lavagem, com três lavagens, com seis lavagens e com dez lavagens, a fim de ser comparado o número de lavagens com o tipo de secagem.

Para a otimização do espaço do liofilizador foi utilizado placas de petri e tubos falcon. Na preparação das placas de petri, tirou-se o material contido nos tubos falcon para despeja-lo dentro das placas. Foi necessário espalhar uniformemente para evitar as camadas, conforme dito anteriormente no experimento com os cadinhos, a espessura não deve passar de aproximadamente 1 cm.

O excedente do material nos tubos falcon, foi espalhado nas paredes dos tubos, a fim de se manter uma fina camada de material em todo o tubo para que a sublimação ocorresse igualmente, sem deixar camadas.

As amostras foram mantidas por três dias corridos em temperatura de  $-20^{\circ}\text{C}$  em um freezer no Laboratório de Bioengenharia, além de serem congeladas por quatro horas na cuba do liofilizador em temperatura de  $-50^{\circ}\text{C}$  antes do início da liofilização. O liofilizador utilizado foi o de bancada da marca "Liobras - Modelo L101", com capacidade de até cinco quilos, conforme Fotografia 4.

**Fotografia 4 - Liofilizador de Bancada L101**



**Fonte: Autoria própria (2023)**

Os parâmetros suportados pelo liofilizador durante o processo de liofilização foram: Pressão:  $364\mu\text{Hg}$ ; Temperatura:  $-49^{\circ}\text{C}$ ; e Voltagem: 224 Vca.

A liofilização teve um tempo estimado de aproximadamente dois dias seguidos, ela teve início às treze horas no primeiro dia e foi encerrada às dezessete horas do segundo dia. No início do segundo dia foi necessário interromper a liofilização para se colocar novamente o material na cuba do liofilizador durante quatro horas para o congelamento do material que não tinha sido liofilizado por completo a -50 °C para seguir com o segundo dia de liofilização. O material liofilizado foi armazenado no dessecador para evitar possível umidade até a próxima etapa, a maceração. O procedimento foi realizado no Laboratório D002 pertencente ao Departamento de Engenharia de Bioprocessos e Biotecnologia da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, campus Ponta Grossa.

As placas foram pesadas com as leveduras anteriormente à liofilização e posteriormente à liofilização. A partir disso, foram calculados o teor de umidade de cada amostra, o desvio padrão e a média aritmética. Também foi calculado o coeficiente de Pearson do teor de umidade com o número de lavagem de cada amostra. Os cálculos foram feitos no software Microsoft Excel.

Da mesma forma que o material seco em estufa, o material liofilizado, foi macerado em almofariz com pistilo. O produto resultante foi armazenado em local seco, ao abrigo da luz em tubos falcon fechados, separados de acordo com suas condições de lavagem e secagem.

#### **4.5 Ensaio de solubilização**

Ao fim de todo o processo, o produto final, as leveduras secas, foram submetidas à suspensão em água, simulando a solubilização de um suplemento proteico em pó.

As medidas de massa de soluto e volume do solvente foram baseadas na medida de preparo de um produto *whey protein*, que conforme os rótulos apresentados por Gomes *et al.* (2023), no geral, para cada 1 g de *whey protein* são necessários por volta de 5 mL de água. Sendo assim, foram solubilizados 5 g de leveduras em grânulos em 25 mL de água em um béquer.

Isso foi feito para todos os tipos de amostras em grânulos produzidas, as leveduras secas em estufa, com 3 lavagens, com 6 lavagens e com 10 lavagens, e as secas em liofilizador, com 1 lavagem, com 3 lavagens, com 6 lavagens e com 10 lavagens. Assim, totalizando 7 béqueres de leveduras suspensas em água,

englobando todas as condições. A agitação em cada béquer, ocorreu com bastão de vidro por aproximadamente 30 segundos.

Nos 7 béqueres foram analisadas a intensidade do aroma, a solubilidade e a cor das suspensões produzidas.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 5.1 Teste Microbiológico

Os microrganismos estão presentes em praticamente todos os tipos de ambientes e materiais. Dessa forma é muito provável que um alimento ou a matéria prima para um alimento entre em contato com microrganismos patogênicos ou microrganismos que alterem a qualidade do alimento. (MENDES; RIBEIRO; 2020).

As Doenças Transmitidas por Alimentos (DTA's) já são contabilizadas em mais de 250, que podem causar diversos sintomas e até levar à morte do consumidor (MELO *et al.*, 2018). Devido a esse fato, é muito importante a realização de testes microbiológicos em alimentos e em suas matérias primas para evitar a proliferação de DTA's.

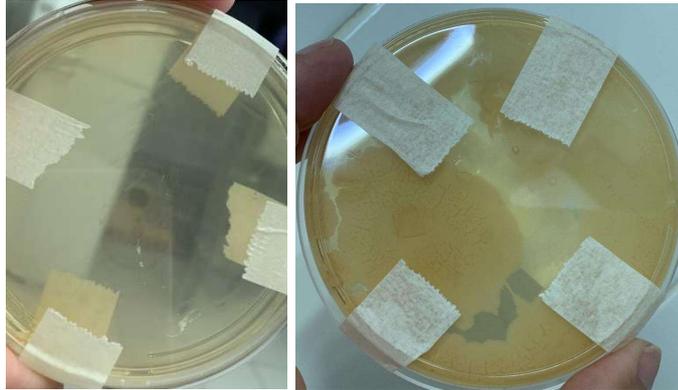
O teste realizado no presente trabalho foi realizado para se encontrar evidências da presença ou ausência de outras espécies de microrganismos, além da *Saccharomyces cerevisiae* no resíduo cervejeiro leveduras úmidas.

Dentre os meios de cultivo disponíveis para uso em laboratório, o meio BHI foi escolhido para realização do teste microbiológico. O BHI é considerado meio de cultivo universal para bacteriologia aeróbica e para recuperação de fungos, ou seja, é um meio eficiente para o crescimento de uma ampla variedade de microrganismos, incluindo muitos patógenos (BECTON DICKINSON, 2013).

O BHI é composto por infusão cérebro-coração, hidrolisado péptico de tecido animal, hidrolisado pancreático de caseína, cloreto de sódio, glicose e fosfato dissódico de hidrogênio (BECTON DICKINSON, 2013).

Após 48 horas de incubação em estufa a 37°C, das 8 placas, 7 se encontraram sem nenhum sinal de crescimento microbiológico. Em uma das placas foi identificado crescimento, mas provavelmente por algum erro durante seu preparo e manuseio, já que foi a única placa contaminada de 8 incubadas e o crescimento foi identificado em praticamente toda a área do ágar (Fotografia 5).

**Fotografia 5 - Uma das placas que não apresentaram crescimento microbiológico após 48 horas de incubação à esquerda e a placa contaminada à direita**



**Fonte: Autoria própria (2023)**

A maioria das bactérias mesófilas apresentam crescimento detectável dentro de 24 horas quando incubadas próximo a 37 °C em um meio propício para crescimento bacteriano, inclusive as patogênicas como *Salmonella spp*, *Clostridium perfringens*, *Bacillus cereus* e *Staphylococcus spp* (MENDES; RIBEIRO; 2020).

Quanto ao visual das placas com crescimento microbiológico, segundo Vieira e Fernandes (2012) o crescimento de leveduras é percebido quando há a presença de colônias com aspecto de creme, já o crescimento de bolores é caracterizado por filamentos com aspecto aveludado ou cotonoso. As bactérias variam sua aparência dependendo da espécie, apenas os cocos e os bacilos formam colônias.

Após concluídos os 7 dias de incubação foi identificado crescimento de microrganismos em 6 placas. Uma dessas placas era a que foi provavelmente contaminada durante o seu preparo e manuseio (Fotografia 6), porém nas outras 5 placas foram encontradas algumas colônias semelhantes a colônias de leveduras (Fotografia 7).

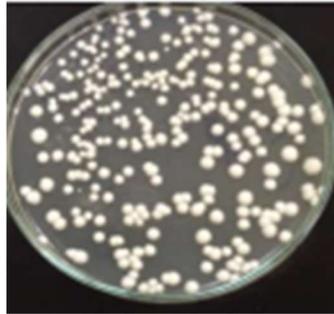
**Fotografia 6 - As oito placas após 7 dias de incubação**



**Fonte: Autoria própria (2023)**

A aparência das colônias se assemelha a colônias de *Saccharomyces cerevisiae* (Fotografia 7), caracterizadas por círculos brancos na superfície do ágar.

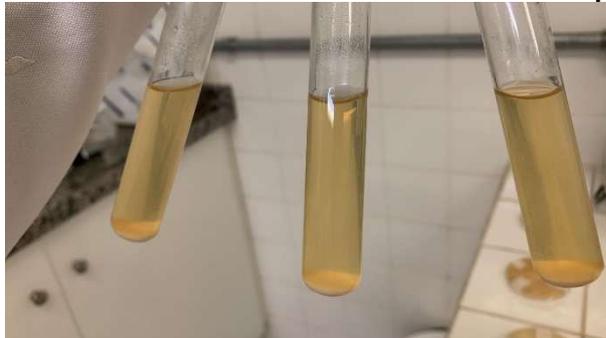
**Fotografia 7 - Colônias de *Saccharomyces cerevisiae* em ágar nutriente**



**Fonte: Morais, Bonetti e Rocha (2014)**

Nos 8 tubos com levedura de cerveja inoculada em caldo BHI e incubados em estufa a 37°C, não foi identificado crescimento microbiológico nem após 48h nem após 7 dias (Fotografia 8). Nos 8 tubos ocorreu a decantação do material inoculado, permanecendo como corpo de fundo até o sétimo dia.

**Fotografia 8 - Tubos de leveduras úmidas inoculadas em caldo BHI após 7 dias de incubação**



**Fonte: Autoria própria (2023)**

Com os resultados dos testes nas placas e nos tubos, é possível inferir que as leveduras úmidas recebidas da indústria cervejeira não estavam contaminadas. Se houvesse contaminação bacteriana, após as 48 horas, alguma alteração deveria ser

identificada no ágar, já que o meio de cultivo selecionado é excelente para crescimento de diversas espécies de bactérias e o tempo de incubação a 37°C supera as 24 horas necessárias para crescimento da maioria das bactérias mesófilas.

Apesar de o meio de cultivo permitir o crescimento de várias espécies fúngicas, ele não é ideal para o crescimento de microrganismos deste reino, assim como é para as bactérias. Devido a isso, esperou-se que o crescimento de microrganismos desse reino fosse identificado após 7 dias de incubação. Após esse período, as colônias identificadas nas 5 placas em que houve crescimento microbiológico assemelham-se muito a colônias de *Saccharomyces cerevisiae*, não havendo evidências de contaminação por fungos filamentosos.

As possíveis colônias de *Saccharomyces cerevisiae* presentes nas placas apenas demonstram que ainda podem ser recuperadas leveduras vivas após a conclusão do processo de fermentação cervejeiro. Fato que também foi evidenciado pela pressão existente no interior do recipiente recebido da cervejaria contendo leveduras úmidas, que é justificada pela produção de CO<sub>2</sub> através do metabolismo destes seres.

A ausência de contaminação provavelmente deve-se a três características da cerveja: o pH ácido em torno de 4, que inibe a contaminação por várias espécies de bactérias, o teor alcoólico em torno de 4% a 6%, que inibe o crescimento de microrganismos no geral, e os baixos níveis de oxigênio, que inibe o crescimento de microrganismos aeróbicos (SILVA, 2017).

## 5.2 Desamargamento

A etapa de desamargamento foi aplicada para retirar o máximo possível de substâncias extracelulares advindas da fermentação cervejeira, além de retirar grande parte da água presente.

Importante ressaltar que a quantidade de água que foi necessária para realizar as lavagens teve o intuito de obter o máximo possível de pureza das leveduras úmidas, não mensurando a quantidade de água utilizada no processo e muito menos a viabilidade sustentável do processo de obtenção em relação a volume de água para obtenção de levedura úmida desamargada.

Ao fim das duas séries de lavagens foi possível obter as leveduras úmidas mais limpas de impurezas e livres de grande parte da água presente no meio. Na primeira série de lavagens foram obtidas amostras com 3 lavagens, com 6 lavagens

e com 10 lavagens. Na segunda série de lavagens foram obtidas amostras com 1 lavagem, com 3 lavagens, 6 lavagens e 10 lavagens.

Ao fim do processo de lavagens foi percebido que as leveduras úmidas apresentaram uma tonalidade mais próxima ao branco, uma viscosidade maior e o aroma cervejeiro foi extremamente reduzido, principalmente nas amostras com maior número de lavagens. Tudo isso revela que uma parte relevante de água e impurezas foi separada das leveduras confirmando a importância da realização das séries de lavagens anteriormente à operação de secagem quando deseja-se transformar as leveduras em um pó para desenvolvimento de um alimento.

A Fotografia 9 ilustra o volume de água com impurezas contidas nas leveduras úmidas, presentes no sobrenadante, após 5 lavagens.

**Fotografia 9 - Tubos com leveduras úmidas após 5 lavagens**



**Fonte: Autoria própria (2023)**

Durante o processo das séries de lavagens foi observado que o sobrenadante dos tubos com número de lavagens maiores possuía menor intensidade de coloração como mostrado na Fotografia 10 e as leveduras possuem menor intensidade de aroma cervejeiro. Isso evidencia a remoção de substâncias extracelulares a cada lavagem.

**Fotografia 10 - Tubo após 1 centrifugação e tubo após 10 centrifugações**



**Fonte: Autoria própria (2023)**

Na primeira série de lavagens, as primeiras amostras coletadas, inseridas nos tubos após homogeneização das leveduras no recipiente de armazenamento (Fotografia 11), apresentaram um percentual de massa de leveduras no corpo de fundo, com relação à massa total inserida no tubo, com uma média de 53% na primeira centrifugação.

**Fotografia 11 - Recipientes de armazenamento das leveduras úmidas. Da esquerda após decantação e descarte do sobrenadante e o da direita após homogeneização**



**Fonte: Autoria própria (2023)**

As informações na Tabela 1 exemplificam como foi alcançado o valor da média de rendimento de massa de leveduras. Para cada centrifugação foram montadas tabelas como essas. As tabelas apresentam a massa inicial, inserida nos tubos falcon para centrifugação, a massa final, massa do corpo de fundo após o descarte do sobrenadante e a massa do sobrenadante calculada pela diferença entre massa inicial e massa final. O rendimento de cada amostra centrifugada foi calculado da porcentagem de massa final em relação à massa inicial.

**Tabela 1 - Dados da primeira centrifugação da primeira série de lavagens**

<b>Amostras</b>	<b>Massa inicial (g)</b>	<b>Massa final (g)</b>	<b>Sobrenadante (g)</b>	<b>Rendimento</b>
1	60,168	31,889	28,279	53%
2	60,164	31,844	28,32	53%
3	61,616	32,75	28,866	53%
4	61,643	32,246	29,397	52%
5	61,609	32,308	29,301	52%
6	61,601	32,332	29,269	52%
7	61,63	32,35	29,28	52%
8	61,647	32,171	29,476	52%
Médias	61,26	32,236	29,024	53%

**Fonte: Autoria própria (2023)**

A Tabela 1 se refere às amostras coletadas do recipiente de armazenamento após homogeneização, que apresentaram média de massa de leveduras ao final das lavagens de 53%.

As amostras coletadas após decantação no recipiente de armazenamento, demonstraram rendimentos de massa de leveduras após a centrifugação significativamente maiores que as amostras coletadas após homogeneização do recipiente de armazenamento. A Tabela 2 apresenta os dados da primeira centrifugação da segunda série de lavagens, onde as amostras foram coletadas após decantação. A média dos rendimentos nessa centrifugação foi de 72%.

**Tabela 2 - Dados da primeira centrifugação da segunda série de lavagens**

<b>Amostras</b>	<b>Massa inicial (g)</b>	<b>Massa final (g)</b>	<b>Sobrenadante (g)</b>	<b>Rendimento</b>
1	59,959	43,343	16,616	72%
2	59,948	43,173	16,775	72%
3	59,958	43,446	16,512	72%
4	59,943	43,164	16,779	72%
5	59,949	43,605	16,344	73%
6	59,945	43,134	16,811	72%
7	59,952	43,302	16,65	72%
8	59,942	43,864	16,078	73%
Média	59,9495	43,378875	16,570625	72%

**Fonte: Autoria própria (2023)**

A diferença entre as médias de rendimento de cada tipo de amostra foi de 29 pontos percentuais a mais para as amostras coletadas após decantação.

Essa diferença demonstra que a coleta das amostras de leveduras úmidas para lavagem após decantação se mostra muito mais eficiente para se obter maior quantidade de leveduras ao final da série do que a coleta de amostras após homogeneização.

Outro fato evidenciado pelos dados produzidos pelas tabelas, é que o rendimento foi sempre diminuindo conforme ocorriam as lavagens, ou seja, a cada lavagem foi obtido uma massa menor de corpo de fundo com relação a massa de corpo de fundo obtida na lavagem anterior.

O rendimento total de cada amostra do início ao fim de cada série de lavagens também foi calculado. O rendimento total da primeira série de lavagens foi em média 42 % (Tabela 3), entretanto a coleta das amostras 9 e 10 foi feita de forma diferente e por isso o rendimento final dessas amostras foi mais elevado. A média do rendimento final, excluindo os dados das amostras 9 e 10, foi de 37%. A média de rendimento final das amostras 9 e 10 foi de 67%.

**Tabela 3 - Rendimento total de cada amostra do início ao fim da primeira série de lavagens**

<b>Amostra</b>	<b>n° lavagens</b>	<b>Massa inicial (g)</b>	<b>Massa final (g)</b>	<b>Redimento total</b>
1	7	60,168	21,649	36%
2	10	60,164	21,829	36%
3	10	61,616	23,333	38%
4	4	61,643	22,682	37%
5	7	61,609	22	36%
6	4	61,601	23,251	38%
7	7	61,63	23,134	38%
8	10	61,647	23,723	38%
9	6	58,06	38,516	66%
10	6	58,045	38,794	67%
11	3	56,707	21,137	37%
12	3	56,787	21,308	38%
13	3	56,813	20,573	36%
Media		59,727	24,764	42%

**Fonte: autoria própria (2023)**

Já na segunda série de lavagens, todas as amostras foram coletadas do recipiente de armazenamento após a decantação. A média do rendimento final desta

série foi de 66% (Tabela 4), muito próximo da média de rendimento final das amostras 9 e 10 da primeira série de lavagens.

**Tabela 4 - Rendimento total de cada amostra do início ao fim da segunda série de lavagens**

Amostra	n° lavagens	Massa inicial	Massa final	Rendimento total
1	6	59,959	35,46	59%
2	6	59,948	36,855	61%
3	6	59,958	38,672	64%
4	6	59,943	39,581	66%
5	10	59,949	37,012	62%
6	10	59,945	35,277	59%
7	10	59,952	36,052	60%
8	10	59,942	39,252	65%
9	3	59,943	39,105	65%
10	3	59,949	39,333	66%
11	3	59,947	40,542	68%
12	3	59,941	42,102	70%
13	1	59,951	43,459	72%
14	1	59,954	44,15	74%
15	1	59,942	44,62	74%
16	1	59,947	44,228	74%
Media		59,948125	39,73125	66%

**Fonte: autoria própria (2023)**

A média de rendimento final de cada série revela que grande quantidade de água e impurezas são eliminadas durante as lavagens, além da quantidade perdida de leveduras devido ao método aplicado. Isso reforça ainda mais a importância da aplicação das lavagens para tratamento das leveduras úmidas anteriormente à produção de um bioproduto deste resíduo cervejeiro.

Parte do rendimento que foi reduzido a cada lavagem de cada amostra se deve à massa de leveduras perdida durante a homogeneização nos tubos falcon. A perda de massa ocorreu porque foi aplicada agitação das amostras com bastão de vidro, que, devido ao contato direto, carregou pequena parte da massa de leveduras para fora dos tubos. O uso do bastão de vidro foi necessário, porque as leveduras úmidas é um material muito pegajoso de difícil mistura.

É por esse motivo que, para a comparação dos dois métodos de coleta das amostras usando as médias de rendimento de massa de leveduras nas lavagens, foram consideradas somente as primeiras lavagens de cada série, pois nesses casos a homogeneização com bastão de vidro não foi aplicada.

Para se alcançar rendimentos mais livres de erro, é necessário que seja aplicada outra estratégia eficiente de homogeneização das amostras nos tubos, mas que não ocasione a perda de massa de leveduras.

### **5.3 Meio de cultivo de leveduras úmidas**

A finalidade desta etapa foi verificar se a quantidade de água poderia interferir na contaminação e verificar posteriormente se este material poderia ser aplicado como uma alternativa em substituição ao ágar convencional. O material obtido após as lavagens apresentou viscosidade e outros aspectos físicos semelhantes ao ágar, produto amplamente utilizado para o crescimento de milhares de microorganismos. Sabe-se também que o resíduo de levedura úmida contém aminoácidos essenciais, condições propícias ao crescimento de microorganismos, portanto, foi testado a eficácia dessa possível aplicação do resíduo.

Após seis horas de exposição e sete dias de incubação foi observado um significativo crescimento microbiológico, conforme Fotografia 12.

**Fotografia 12 - Placa com resíduo de levedura úmida contaminada após incubação**



**Fonte: Autoria própria (2023)**

Não foi realizada análise microbiológica para identificação, mas pelas características macros pode se constatar que cresceu tanto fungos como bactérias, outra observação feita foi a coloração escura que o meio apresentou, provavelmente pela oxidação e o consumo de seus nutrientes. Esse material se mostrou promissor para ser utilizado como uma ótima alternativa ao ágar convencional, porém estudos mais aprofundados serão necessários.

Souza, Feire e Almeida (2018, p. 454), em seu estudo sobre a utilização da levedura residual de cervejaria, apontaram o potencial do uso como fonte de nitrogênio para cultivo de *Bacillus sp*:

A utilização de extrato de levedura residual de cervejaria artesanal como fonte de nitrogênio orgânico no cultivo submerso do *Bacillus sp*. mostrou-se favorável à formação de biomassa microbiana. A baixa concentração na composição de nitrogênio total e proteína total no extrato de levedura cervejeira podem estar associadas à fonte de origem da levedura, linhagem e forma de obtenção do extrato. O fator de conversão de substrato em células mostrou-se favorável ao cultivo, assim como a produtividade em células dos cultivos suplementados com extrato de levedura cervejeira.

Diferentemente do teste microbiológico que serviu como base para checar a ausência de contaminação, esse teste serviu de evidencia de que as lavagens não estavam sendo prejudiciais a nível de perda de nutrientes e também mostrar a facilidade ou não, de contaminação das leveduras lavadas, já que o manuseio das amostras não ocorreu em ambientes estéreis e controlados.

## 5.4 Secagem

Ambas as secagens se mostraram eficientes ao eliminar a umidade presente, contudo a secagem com o Liofilizador se mostrou mais promissora, devido a seu menor tempo necessário de secagem, além de proporcionar um maior ganho em retirada de umidade da amostra e resultar num produto com melhores características para o desenvolvimento de um bioproduto de leveduras úmidas.

### 5.4.1 Secagem em Estufa

O produto obtido pela secagem em estufa apresentou-se com características mais resistentes para serem maceradas, após a maceração, formou-se grânulos com tonalidades diferentes, alguns com uma tonalidade mais próxima do marrom e outros com tonalidade mais clara, quase branca, além de que os grânulos apresentaram grande variação de tamanho e com maior resquícios do resíduo de cerveja, principalmente ao odor, conforme Fotografia 13. O seu formato ficou muito parecido com açúcar mascavo, Fotografia 14.

**Fotografia 13 - Resultado da secagem em estufa**



Fonte: Autoria própria (2023)

**Fotografia 14 - Cadinho com material seco em estufa macerado**



Fonte: Autoria própria (2023)

Outro ponto notado foi a sua aderência à superfície interna do cadinho, os cadinhos que continham o material com três lavagens e com seis lavagens, tiveram o mesmo nível de dificuldade para maceração, aplicando força motora média para macerar, enquanto, o cadinho que continha o material com dez lavagens apresentou

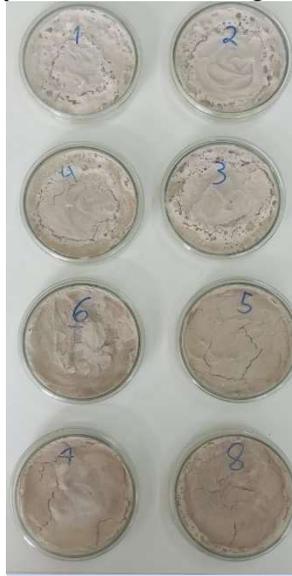
extrema aderência à superfície interna do cadinho, tendo nível de dificuldade alto, sendo assim necessário, aplicar uma força motora maior para macerar a amostra.

A coloração mais escurecida e o odor das leveduras secas em estufa, evidenciam a ocorrência de um escurecimento não enzimático durante a secagem, provavelmente a reação de Maillard. Essa reação ocorre de forma significativa a partir da temperatura de 40 °C, tem como reagente açúcares redutores e aminoácidos (FRANCISQUINI *et al.*, 2017), moléculas muito presentes nas *Saccharomyces cerevisiae*. As moléculas responsáveis pela coloração e o odor das leveduras secas provavelmente são os produtos dessa reação, as melanoidinas.

#### 5.4.2 Secagem no Liofilizador

O produto obtido pela secagem no liofilizador de bancada teve como características uma coloração mais acinzentada claro, porém, houve diferença de tonalidade conforme a quantidade de lavagens, como pode ser observado na Fotografia 15, em que as leveduras nas placas 1 e 2 passaram por dez lavagens, as 3 e 4 por seis lavagens, as 5 e 6 por três lavagens e as 7 e 8 por uma lavagem. Provavelmente a coloração escura, próximo ao marrom, está associada às substâncias extracelulares advindas da fermentação cervejeira. Este fato reforça a importância da realização de 10 ou mais lavagens, se seguido os mesmos parâmetros do presente trabalho, para obtenção de um produto mais livre de impurezas da fermentação cervejeira.

**Fotografia 15 - Placas com leveduras de cerveja secas em liofilizador com diferentes quantidades de lavagens**



**Fonte: Autoria própria (2023)**

Após maceração, seu formato ficou mais próximo de um pó, ficando com aparência muito parecida ao de um *whey protein*, e apresentou menor resquícios de resíduos cervejeiros.

Foi notada também uma vantagem maior na maceração, não necessitando aplicar força motora intensa se comparado a amostra da secagem em estufa. As amostras da secagem no liofilizador que continham dez lavagens e seis lavagens foram de extrema facilidade ao macerar. Contudo, as amostras com menos lavagens dessa vez se mostraram mais resistentes, sendo com três lavagens com dificuldade média para macerar e com apenas uma lavagem com dificuldade alta para macerar.

A menor dificuldade de maceração do produto liofilizado com relação ao produto seco em estufa se deve a forma que a água é eliminada nos dois métodos. Na secagem em estufa a água que é vaporizada está inicialmente em estado líquido, já na liofilização a água está inicialmente em estado sólido em forma de cristais de gelo formados durante o processo prévio de congelamento. A presença de cristais de gelo faz com que, após a saída da água por sublimação, haja a formação de poros no material liofilizado. Esses poros deixam o material mais quebradiço, facilitando a maceração (MARQUES, 2008).

Com os valores de massa das placas com leveduras anterior à liofilização e posterior à liofilização foi calculada a massa de umidade e o teor de umidade (Tabela 5).

**Tabela 5** - Teor de umidade das amostras úmidas que foram secas em liofilizador

Amostra	Nº lavagens	Massa inicial (g)	Massa final (g)	Umidade (g)	Umidade (%)
1	10	40,742	32,312	8,430	20,69
2	10	41,824	31,983	9,841	23,53
3	6	41,705	32,476	9,229	22,13
4	6	38,472	29,889	8,583	22,31
5	3	42,774	33,272	9,502	22,21
6	3	40,117	32,45	7,667	19,11
7	1	41,935	33,159	8,776	20,93
8	1	44,683	34,390	10,293	23,04

Fonte: autoria própria (2023)

A média do teor de umidade foi de 21,74% e o desvio padrão de 1,33%, demonstrando que, apesar das lavagens retirarem grande quantidade de água, em média 63 % do resíduo cervejeiro é de água e impurezas pelos cálculos da primeira série de lavagens, as leveduras desamargadas ainda contém quantidade considerável de água.

O coeficiente de correlação de Pearson do teor de umidade com relação à quantidade de lavagens foi de 0,19. Esse valor determina que não há correlação linear entre o número de lavagens e o teor de umidade. Assim, se a amostra passar por ao menos 1 lavagem, num cenário livre de outras variáveis, o teor de umidade não se altera nas lavagens subsequentes.

As diferenças observadas entre o produto obtido da liofilização e da secagem em estufa, foi o odor, a coloração e o nível de dificuldade na maceração. Essa diferença ocorreu devido a liofilização ser livre da reação de Maillard e não modificar as estruturas moleculares, por não ser preciso o aumento da temperatura durante a secagem, além da diferença na forma que é eliminada a água do material.

## 5.5 Solubilização

Outro fator que foi fundamental para determinação do melhor método de secagem foi o produto que apresentasse maior solubilização em água ou em outro meio líquido. As leveduras úmidas de cerveja contém grande quantidade de aminoácidos (CABALLERO-CÓRDOBA; PACHECO; SGARBIERI, 1997), um fim adequado para esse tipo de resíduo cervejeiro, após sua transformação em grânulos

secos e em pó, pode ser a criação de um novo bioproduto para suplementação humana.

Uma possível finalidade desse resíduo é o desenvolvimento de um produto solúvel em água semelhante ao *whey protein*. O *whey protein* possui este nome pois é um suplemento composto por proteínas do soro do leite secas e em forma de pó, normalmente consumido por atletas para reposição de aminoácidos (BABA; MCCLEMENTS; MAQSOOD; 2021). Esse suplemento é solubilizado em água ou leite para consumo humano.

A solubilidade das proteínas em um meio líquido pode assumir diferentes formas: elas podem se dissolver completamente na solução, formar uma suspensão estável de partículas insolúveis ou criar uma solução coloidal (PELEGRINE; GASPARETTO, 2003).

Ademais, acerca da temática, explicam Pelegrine e Gaspareto (2003, p. 170):

A solubilidade proteica também pode ser definida como sendo um parâmetro operacional determinado pela retenção de proteína no sobrenadante após centrifugação da solução por determinado período de tempo e sob determinada força centrífuga. A importância da solubilidade protéica está no fato de que esta influencia muitas outras propriedades funcionais, tais como a gelatinização, emulsificação e formação de espuma. Ou seja, o fator primordial para que as proteínas exibam características gelatinizantes, espumantes e emulsificantes é que tais proteínas sejam solúveis. Em outras palavras, uma diminuição na solubilidade protéica afeta de maneira desfavorável a sua funcionalidade; por exemplo, a gelatinização e a viscosidade resultam das propriedades hidrodinâmicas das proteínas, que por sua vez são afetadas pelo tamanho e forma da proteína e são independentes da composição e distribuição dos aminoácidos. A solubilidade da proteína em um sistema de multicomponentes é de grande importância na escolha de métodos para a produção de isolados proteicos, fracionamento de proteínas e purificação.

Pensando nisso, a levedura em grânulos e a levedura em pó suspensa em água serviu de base para se obter características de um suplemento solúvel em água de leveduras de cerveja, e identificar possíveis alterações que seriam necessárias para a comercialização do bioproduto.

A Fotografia 16 mostra as leveduras previamente secas e suspensas em água. As amostras da esquerda são as secas em estufa e as da direita secas em liofilizador. De cima para baixo as amostras na primeira linha passaram por 10 lavagens, na segunda por 6 lavagens, na terceira por 3 lavagens e na última por 1 lavagem. A coloração das amostras suspensas em água que foram secas em estufa

ficou um pouco mais amarelada que as secas em liofilizador, mostrando a eficiência de um produto obtido em pó comparado ao obtido em grânulos.

**Fotografia 16 - Leveduras previamente secas e em formato de grânulos suspensas em água**



**Fonte: A autoria própria (2023)**

No Quadro 5 é possível verificar os resultados dessas suspensões em água, quanto ao aroma, decantação e coloração após cinco minutos.

**Quadro 5 - Resultado da suspensão das leveduras secas em água**

<b>Tipo de secagem</b>	<b>Quantidade de lavagens</b>	<b>Decantação</b>	<b>Aroma</b>	<b>Coloração</b>
Estufa	3 lavagens	Corpo de fundo com grânulos marrons	Cerveja e panificação intenso	Amarelada
Estufa	6 lavagens	Corpo de fundo com grânulos marrons	Cerveja e panificação intenso	Amarelada
Estufa	10 lavagens	Corpo de fundo com grânulos marrons	Cerveja e panificação reduzido	Amarelada
Liofilizador	1 lavagem	Sem corpo de fundo	Cerveja muito intenso	Bege com tom de marrom
Liofilizador	3 lavagens	Sem corpo de fundo	Cerveja intenso	Bege com tom de marrom
Liofilizador	6 lavagens	Sem corpo de fundo	Cerveja quase imperceptível	Bege com tom de marrom mais claro
Liofilizador	10 lavagens	Sem corpo de fundo	Cerveja quase imperceptível	Bege com tom de marrom mais claro

**Fonte: A autoria própria (2023)**

Não foi possível analisar o sabor nem a textura no momento da solubilização das leveduras suspensas em água já que não foi possível realizar as operações em ambiente seguro de contaminações.

### 5.5.1 Solubilização das leveduras secas em estufa

As leveduras secas em estufa suspensas em água apresentaram aroma que fez lembrar o aroma cervejeiro, porém misturado com um aroma de panificação. As amostras que passaram por maior quantidade de lavagens apresentaram aroma menos intenso do que as que passaram por menos lavagens, no entanto, todas, inclusive as que passaram por 10 lavagens, continham esse aroma.

A coloração e o aroma, em grande parte, se deve pela reação de Maillard que provavelmente ocorreu na secagem em estufa.

Além disso, todas as amostras secas em estufa suspensas em água, foram de difícil mistura. Imediatamente após a agitação houve decantação de grânulos de cor marrom. Após cinco minutos de decantação um corpo de fundo bem visível estava formado.

### 5.5.2 Solubilização das leveduras secas no liofilizador

A amostra de leveduras secas em liofilizador suspensa em água que passou por uma lavagem e a que passou por três lavagens ainda apresentaram aroma cervejeiro, todavia a amostra que passou por seis lavagens e a que passou por dez lavagens continham aroma quase imperceptível.

A decantação não ocorreu imediatamente após a agitação, no caso das leveduras secas em liofilizador, e após cinco minutos, não tinha sido formado nenhum corpo de fundo, apenas foi identificado que o líquido no fundo do béquer ficou um pouco mais viscoso que a superfície do líquido.

A melhor solubilização das leveduras liofilizadas, com relação às secas em estufa, ocorreu por causa da formação dos poros durante a liofilização. Os poros fazem com que o material tenha maior superfície de contato com o solvente.

## 5.6 Produtos no mercado e propostas

Nos dias atuais proteínas são significado de uma nutrição saudável, portanto, podem ser encontradas de diversas formas e origens no mercado. Suas origens são animais, vegetais e com o avanço dos estudos e da tecnologia, podem ser também proteínas de leveduras. São diversas as formas que podemos encontrar no mercado o uso de levedura de cerveja ou levedo de cerveja, como preferir. As formas para consumo humano encontradas no mercado são: em pó; cápsula; comprimido; flocos

e farelo. Independentemente de sua forma comercializada todas oferecem os mesmos benefícios, como: vitaminas do complexo B; aminoácidos e fibras.

Sua tabela nutricional contém aminoácidos essenciais; histidina; lisina; triptofano; leucina; isoleucina; vitaminas B1, B2, B3, B5 e B6; ácido fólico, biotina e minerais como ferro, fósforo, magnésio, potássio, zinco e cromo. A cada 100g contém 16g de proteínas, 3g a mais que um ovo. Dentre seus benefícios estão o fortalecimento do sistema imunológico; melhora da memória; diminuição do estresse, cansaço; regula o funcionamento intestinal e diminui a queda de cabelo, mas não há estudos científicos robustos que assegurem todos esses benefícios. Apesar de não ter a necessidade de prescrição médica para consumir, é recomendado uma consulta antes ao médico (VIVABEM, 2022).

O levedo de cerveja pode ser ingerido de diferentes formas, em formato em pó, comprimido e em cápsulas, tem seu uso recomendado e limitado em água, sucos ou vitaminas. O levedo de cerveja em formato de flocos ou farelo tem seu uso mais abrangente, sendo consumido puro ou adicionado em saladas, iogurtes, sopas, bebidas, bolos, pães e cerveja.

Outro produto que existe no mercado como fonte alternativa de proteínas de origem não animal, como o levedo de cerveja, são as proteínas veganas.

São derivadas de inúmeras fontes de proteína como: arroz, ervilha, cacau, entre outras. Elas ocupam um nicho do mercado, chamado *plant based* (base de planta) são produzidas com compostos de frutas e as vezes com um mix de verduras e legumes para enriquecimento do produto. A transformação é feita por liofilização que mantém suas propriedades nutritivas, têm uso recomendado com água ou leite vegetal, conforme Figura 6 (<https://www.puravida.com.br/one-nutrition-acai-70140>)

Figura 5 - Anúncio de *vegan protein* da *one nutrition* no site da *puravida*



Fonte: Puravida (2023)

Diante desse cenário é possível projetar bioprodutos de leveduras úmidas, que podem provavelmente entrar para o mercado de suplemento proteico para consumo humano, numa linha paralela ao *whey protein* e ao *vegan protein*. Além disso, pode ser projetado um bioproduto de farinha de leveduras para acompanhamento em um prato, ou como aditivo em alimentos como pães e biscoitos.

Para desenvolvimento de um bioproduto da classe alimentar, o produto obtido no presente trabalho, as leveduras desamargadas, secas e em formato de grânulos, é um ótimo candidato para matéria prima, devido à menor intensidade de aroma cervejeiro, à fácil solubilização e à coloração mais próximo ao branco.

No entanto, para desenvolvimento de bioprodutos da classe alimentar a partir desse material, é preciso que sejam realizados mais estudos para se apurar a necessidade de alterações de sabor, textura, solubilidade, coloração, entre outros. Além do mais, é necessário novos estudos para caracterização das leveduras alcançadas no presente trabalho, inclusive sua composição e valor nutricional.

Outro possível bioproduto de leveduras úmidas pode ser o seu uso como meio de cultivo ou como enriquecedor proteico de meio de cultivo, visto que as leveduras são ricas em proteínas e nutrientes. Conforme resultado apresentado no presente trabalho, foi observado crescimento microbiológico nas placas contendo leveduras úmidas que passaram por quatro lavagens e que passaram por sete lavagens.

Para o desenvolvimento de um meio de cultivo de leveduras úmidas, também são necessários estudos mais aprofundados com a finalidade de se encontrar a composição e as propriedades do material.

## 6 CONCLUSÃO

A partir dos resultados apresentados é possível concluir que os objetivos propostos foram alcançados com sucesso.

O teste microbiológico evidenciou que as amostras não continham contaminação, pois o crescimento identificado foi muito semelhante ao de cultura de *Saccharomyces cerevisiae*, principal componente do resíduo cervejeiro usado neste trabalho. A placa que apresentou crescimento de microrganismos diferentes provavelmente foi contaminada durante seu preparo para o teste.

O resultado do teste microbiológico contribui para as propostas de desenvolvimento de alimentos a partir de leveduras de cerveja. Se houvesse evidências de contaminação, a produção de alimentos a partir deste resíduo seria inviabilizada, ou no mínimo dificultada. Entretanto, é necessário que trabalhos futuros realizem análises microbiológicas mais aprofundadas para atestar a produção de alimentos seguros, livres de contaminação.

A estratégia aplicada para desamargamento das leveduras úmidas foi bem sucedida no que diz respeito a diminuição da intensidade do aroma cervejeiro e na mudança da coloração para mais clara, conforme quantidade de lavagens. Isso reforçou que as lavagens sucessivas são eficientes para a remoção de substâncias extracelulares advindas do processo de produção de cerveja.

Na etapa de secagem foi possível verificar a diferença entre os resultados dos dois métodos aplicados. A liofilização se mostrou como melhor que a secagem em estufa, pois ao fim do processo foi obtido um produto mais claro, com aroma menos intenso, mais quebradiço, e facilmente macerado para a formação de um produto mais próximo de um pó de levedura.

Assim sendo, o melhor método aplicado foi a coleta das amostras de leveduras úmidas do corpo de fundo do recipiente de armazenamento após decantação, a realização de 10 lavagens e a secagem em liofilizador. Isso foi corroborado pelo ensaio de solubilização, onde a amostra que passaram por este método não apresentou formação de corpo de fundo, apresentou baixíssima intensidade de aroma e uma coloração bege clara, próximo ao branco.

O ensaio de solubilização indicou que as leveduras úmidas podem ser futuramente usadas para o desenvolvimento de um produto semelhante a um *vegan protein*. Para o desenvolvimento de um produto assim, é necessário estudos futuros

mais detalhados quanto a características físico-químicas e sensoriais das leveduras desamargadas e secas.

Outros possíveis fins das leveduras de cerveja, seria sua incorporação em alimentos, como farinha para aumentar o valor nutricional de pão, biscoitos, panquecas, snacks, entre outros. Além disso, as leveduras têm o potencial de serem usadas como meio de cultivo, ou como enriquecedor proteico de meio de cultivo para outros microrganismos.

Se o desenvolvimento de um bioproduto de levedura úmida for bem sucedido, seria aplicado o conceito da Economia circular, levando a um desenvolvimento sustentável e atraindo crescimento econômico para o setor da indústria cervejeira.

## REFERÊNCIAS

ANATURITAS. **Levedura de Cerveja em Flocos**. 2022. Disponível em: [https://www.naturitas.com.br/p/alimentacao/superalimentos/levedura/levedura-de-cerveja-em-flocos-225-g-marma?gclid=CjwKCAiAmuKbBhA2EiwAxQnt76yHxcRc6MstVQ2UWLLY8rI\\_82Eq96cJicYzm0g68oxOXB0lwMc7ihoCVuwQAvD\\_BwE](https://www.naturitas.com.br/p/alimentacao/superalimentos/levedura/levedura-de-cerveja-em-flocos-225-g-marma?gclid=CjwKCAiAmuKbBhA2EiwAxQnt76yHxcRc6MstVQ2UWLLY8rI_82Eq96cJicYzm0g68oxOXB0lwMc7ihoCVuwQAvD_BwE). Acesso em: 19 nov. 2022.

BABA, Waqas N.; MCCLEMENTS, David Julian; MAQSOOD, Sajid. Whey protein-polyphenol conjugates and complexes: Production, characterization, and applications. **Food Chemistry**, v. 365, 2021. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0308814621014618>. Acesso em: 02 nov 2023.

BECTON DICKINSON. BD *Brain Heart Infusion* (BHI) Agar. **Instruções de utilização - meios em placas prontos a usar**. Heidelberg, 2013. Disponível em: <https://www.bd.com/resource.aspx?IDX=9103#:~:text=Sem%20suplementa%C3%A7%C3%A3o%2C%20O%20%C3%A1gar%20de,e%20de%20materiais%20n%C3%A3o%2D%20cl%C3%ADnicos>. Acesso em: 03 out. 2023.

BEKATOROU, Argyro; PSARIANOS, Costas; KOUTINAS, Athanasios A. Production of food grade yeasts. **Food Technol. Biotechnol**, Patras, v. 44, n. 3, p. 407- 415, 2006.

BLOXS. **Economia de Ponta Grossa é uma das mais importantes e diversificadas do Sul do Brasil**. 2021. Disponível em <https://conteudos.bloxs.com.br/economia-de-ponta-grossa-e-uma-das-mais-importantes-e-diversificadas-do-sul-do-brasil>. Acesso em: 14 nov. 2022

BONATO, S. V. **Método para gestão de resíduos na cadeia cervejeira do Rio Grande do Sul**. 2016.103f. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2016.

BRASIL. Serviços e Informações do Brasil. **Mercado cervejeiro cresce no Brasil e aumenta interesse pela produção nacional de lúpulo e cevada**. Governo Federal Brasileiro, 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/pt-br/noticias/agricultura-e-pecuaria/2021/08/mercado-cervejeiro-cresce-no-brasil-e-aumenta-interesse-pela-producao-nacional-de-lupulo-e-cevada>. Acesso em: 16 nov. 2022

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Anuário da cerveja: 2021**. Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília: MAPA/SDA, 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/inspecao/produtos-vegetal/arquivos/anuario-da-cerveja-2021.pdf>. Acesso em: 14 nov. 2022.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Anuário da cerveja: 2022**. Secretaria de Defesa Agropecuária - Brasília: MAPA/SDA, 2023a. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/inspecao/produtos-vegetal/publicacoes/anuario-da-cerveja-2022/> Acesso em: 03 dez. 2023.

BRASIL. **Ministério da Agricultura e Pecuária**. Setor cervejeiro segue crescendo a cada ano, aponta anuário. 05 jul. 2023b. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/noticias/setor-cervejeiro-segue-crescendo-a-cada-ano-aponta-anuario#:~:text=O%20Brasil%20%C3%A9%20o%20terceiro,Sindicato%20Nacional%20da%20Ind%C3%BAstria%20da>. Acesso em: 03 dez. 2023.

BRIGGS, D. E.; BOULTON, C. A.; BROOKES, P. A.; STEVENS, R. *Brewing Science and Practice*. Flórida: **CRC Press LLC and Woodhead Publishing Limited**. p. 863, 2004.

CABALLERO-CÓRDOBA, Glenys M.; PACHECO, Maria Teresa B.; SGARBIERI, Valdemiro C. Composição química da biomassa de levedura integral (*Saccharomyces* sp.) e determinação do valor nutritivo da proteína em células íntegras ou rompidas mecanicamente. **Ciência Tecnologia Alimentos**, v. 17, n. 2, p. 102-106, 1997. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cta/a/YNYPsYwMTVxd7rysVVNd3VJ/?lang=pt#>. Acesso em: 17 nov. 2022.

CELESTINO, Sonia Maria Costa. **Princípios de Secagem de Alimentos**. - Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2010.

CERVBRASIL. **DADOS DO SETOR CERVEJEIRO NACIONAL**: Associação Brasileira da Indústria da Cerveja, 2017. Disponível em: [http://www.cervbrasil.org.br/novo\\_site/](http://www.cervbrasil.org.br/novo_site/). Acesso em: 15 nov. 2022.

CETESB. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **O problema da escassez de água no mundo**. Águas interiores, 2022. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/informacoes-basicas/tpos-de-agua/o-problema-da-escassez-de-agua-no-mundo/>. Acesso em: 17 nov. 2022.

DIAS EC *et al.* Análise da Produção da Enzima Invertase a Partir da Fermentação em Estado Sólido Utilizando Substratos não Convencionais. **Revista Saúde e Ciência online**, v. 7, n. 2, p. 502, 2018.

DIAS, Isadora Mendes; GOMES, Regeane Auxiliadora Cruz. **Avaliação do gerenciamento dos resíduos sólidos industriais em uma cervejaria de Minas Gerais**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária) - Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2019.

DO PRADO, Milena Borochock. **Avaliação do trub quente como potencial ingrediente para a produção de cosméticos**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Química) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, 2021.

DOS SANTOS, Camila Taynara Cardoso *et al.* Resíduos agroindustriais como alternativa para produção de lipases por fermentação em estado sólido. **Territorialidade da agricultura brasileira**, p. 131-145, 2022. Disponível

em: <https://downloads.editoracientifica.com.br/articles/220508980.pdf>. Acesso em: 14 nov. 2022.

EVANGELISTA, Natasha Cecchi *et al.* Prospecção Tecnológica e Patentes de Leveduras Nutricionais. **Cadernos de Prospecção**, Salvador, v. 12, n. 2, p. 399- 412, 2019.

FRANCISQUINI, Júlia d'Almeida *et al.* Reação de Maillard: uma revisão. **Rev. Inst. Laticínios Cândido Tostes**, Juiz de Fora, v. 72, n. 1, p. 48-57, 2017. Disponível em: <<https://rilct.emnuvens.com.br/rilct/article/view/541/430>>. Acesso em: 30 nov 2023.

GEISENDORF, Sylvie; PIETRULLA, Felicitas. *The circular economy and circular economic concepts - a literature analysis and redefinition*. **Companies in the circular economy**, v. 60, n. 5, p. 771-782, 2018.

GOMES, Gleyzangela Muniz *et al.* Avaliação da rotulagem de suplementos nacionais tipo *Whey Protein*. **Research, Society and Development**, v. 12, n. 8, 2023. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/42969/34658>. Acesso em: 03 nov. 2023.

GONÇALVES, Lúcio Carlos; BORGES, Iran; FERREIRA, Pedro Dias Sales. **Alimentos para Gado de Leite**. FEPMVZ-Editora, Belo Horizonte, 2009. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/916634/1/LivroeCapaAlimentospAraGadodeLeite.pdf#page=147>. Acesso: 14 nov. 2022.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Produto Interno Bruto dos Municípios** - Brasília, 2019. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/contas-nacionais/9088-produtointerno-bruto-dos-municipios.html?=&t=pib-por-municipio&c=4119905>. Acesso em: 14 nov. 2022.

LIMBERGER, Sílvia C.; ESPÍNDOLA, Carlos J. A desnacionalização da indústria cervejeira no Brasil. **Ateliê Geográfico**, Goiânia-GO, v. 13, n. 2, p. 148-164, agosto, 2019. Disponível em: <https://revistas.ufg.br/index.php/atelie>. Acesso: 03 nov. 2023.

MARQUES, Luanda Gimeno. **Liofilização de frutas tropicais**. 2008. Tese (Doutorado em Engenharia Química) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2008. Disponível em: <<https://repositorio.ufscar.br/bitstream/handle/ufscar/3870/2148.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em: 30 nov 2023.

MARTINS, Nailma de Jesus *et al.* Seleção e avaliação da produção de tanase por fungos filamentosos em fermentação submersa utilizando resíduos agrícolas. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v.7, n.7, p. 71520-71535, 2021.

MATHIAS, T. R. S.; MELLO, P. P. M.; SÉRVULO, E. F. C. **Solid wastes in brewing process: A review.** *Journal of Brewing and Distilling*, v. 5, n. 1, p. 1-9, 2014.

MELO, E. S. *et al.* Doenças transmitidas por alimentos e principais agentes bacterianos envolvidos em surtos no Brasil. **Pubvet**, v. 12, n. 10, p. 1-9, 2018. Disponível em: <http://ojs.pubvet.com.br/index.php/revista/article/view/1010>. Acesso em: 02 nov. 2023.

MENDES, Ariane Marinho; RIBEIRO, Laryssa Freitas. O controle microbiológico da qualidade de alimentos. **Pubvet**, v. 15, n. 02, p. 1-10, 2021. Disponível em: [https://web.archive.org/web/20210112060907id\\_/http://www.pubvet.com.br/uploads/9e023120d6cd4f5275ab19fc9f3e5454.pdf](https://web.archive.org/web/20210112060907id_/http://www.pubvet.com.br/uploads/9e023120d6cd4f5275ab19fc9f3e5454.pdf). Acesso em: 02 nov. 2023.

MORAIS, Marisa Rodrigues; BONETTI, Leila Leal da Silva; ROCHA, Eleusa Maria Ferreira. Análise da viabilidade e a curva de crescimento de uma linhagem industrial de *Saccharomyces cerevisiae* de uma destilaria de etanol do Pontal do Triângulo Mineiro. **Intercursos Revista Científica**, v. 13, n. 2, Universidade Estadual de Minas Gerais, Ituiutaba, 2014.

NG, Hui Suan *et al.* Recent advances on the sustainable approaches for conversion and reutilization of food wastes to valuable bioproducts. **Bioresource Technology**, v. 302, 2020. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0960852420301589>. Acesso em: 11 nov. 2022.

ORNELA, Pedro Henrique de Oliveira; GUIMARÃES, Luis Henrique Souza. Utilização de resíduos da indústria pesqueira do camarão na produção de quitinases pelo fungo *Aspergillus niveus* em fermentação em substrato sólido. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v.8, n.5, p.33846-33862, 2022.

PELEGRINE, D. H. G.; GASPARETTO, C. A. Estudo da solubilidade das proteínas da clara do ovo em função da temperatura e do pH. **Revista Ciências Exatas e Naturais**, Campinas-SP, v. 5, n. 2, p.169-178, jul/dez, 2003. Disponível em: <https://revistas.unicentro.br/index.php/RECEN/article/view/415>. Acesso em: 03 nov. 2023.

PRIEST, F. G.; STEWART, G. G. **Handbook of Brewing**. 2 ed., p. 829, 2006.

RACHWAL Kamila *et al.* Utilization of brewery wastes in food industry. **PeerJ**, v. 8, n. 9427, 2020. Disponível em: <http://doi.org/10.7717/peerj.9427>. Acesso em: 24 out. 2023.

ROGALA, Fernando. Ponta Grossa tem o maior PIB industrial do interior do PR. **aRede**, 2022. Disponível em: <https://arede.info/ponta-grossa/424097/ponta-grossa-tem-o-maior-pib-industrial-do-interior-do-pr?d=1>. Acesso em: 14 nov. 2022.

SILVA, Sibeles Aryadne da. **Contaminantes microbianos no processo de produção de cerveja**. 2017. Trabalho de Conclusão de Curso (Pós-graduação em Microbiologia) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2017.

Disponível em: [https://repositorio.ufmg.br/bitstream/1843/ICBB-BDAN2J/1/monografia\\_especializacao\\_sibele\\_final.pdf](https://repositorio.ufmg.br/bitstream/1843/ICBB-BDAN2J/1/monografia_especializacao_sibele_final.pdf). Acesso em: 02 nov. 2023.

SINDICERV. **O setor em números**, 2020. Disponível em: <https://www.sindicerv.com.br/o-setor-em-numeros/>. Acesso em: nov. de 2022.

SOUZA, Antônia Larissa de Oliveira. **Economia Circular**: Uma revisão bibliográfica sobre conceitos e áreas de aplicação. 2021. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia de Produção) - Universidade Federal Rural do Semi Árido, Mossoró, 2021.

SOUZA, Rafael Limongi de; FREIRE, Kristerson Reinaldo de Luna; ALMEIDA, Andréa Farias de. Utilização da levedura residual de cervejaria como fonte de nitrogênio para cultivo de *Bacillus sp.* **Revista Saúde & Ciência**. Online, v. 7, n. 2, 2018. Disponível em: <https://rsc.revistas.ufcg.edu.br/index.php/rsc/article/view/128/124>. Acesso em: 21 out. 2023.

SPRAY. Disponível em: <https://www.spray.com.br/>. Acesso em: 17 nov. 2022.

TROTT, Paul. **Gestão da inovação de desenvolvimento de novos produtos**. Bookman, v. 1, n. 4, São Paulo, 2012. Disponível em: [https://books.google.com.br/books?hl=ptBR&lr=&id=p9\\_PDAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PR1&dq=novos+produtos&ots=Yrx1AD3NUK&sig=c6YtybMNBz71d7c3UGGJbWkzayo&redir\\_esc=y#v=onepage&q=novos%20produtos&f=false](https://books.google.com.br/books?hl=ptBR&lr=&id=p9_PDAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PR1&dq=novos+produtos&ots=Yrx1AD3NUK&sig=c6YtybMNBz71d7c3UGGJbWkzayo&redir_esc=y#v=onepage&q=novos%20produtos&f=false). Acesso em: 14 nov. 2022.

UNIC - Centro de Informação das Nações Unidas no Brasil. **Transformando Nosso Mundo**: A Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável. Rio de Janeiro, 2015. Disponível em: <https://brasil.un.org/sites/default/files/2020-09/agenda2030-pt.br.pdf>. Acesso em: 17 nov. 2022.

UNILIFE. **Levedura de Cerveja em pó**. 2015. Disponível em: <https://www.unilife.com.br/product-page/levedura-de- cerveja-em-p%C3%B3-unilife>. Acesso em: 19 nov. 2022.

VERDE, *et al.* **Destino sustentável de resíduos de cervejaria artesanal: um estudo de caso em uma granja de suínos**. Revista Valore, Volta Redonda, n. 4, p. 84- 93, 2019.

VIEIRA, Darlene Ana de Paula; FERNANDES, Nayara Cláudia de Assunção Queiroz. **Microbiologia Geral**. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, Inhumas, Goiás, 2012. Disponível em: [https://www.ufsm.br/app/uploads/sites/413/2018/12/05\\_microbiologia\\_geral.pdf](https://www.ufsm.br/app/uploads/sites/413/2018/12/05_microbiologia_geral.pdf). Acesso em: 02 nov 2023.

VIVABEM, UOL. Levedo de cerveja é rico em proteínas e aumenta sensação de saciedade. **UOL**, 2022. Disponível em: <https://www.uol.com.br/vivabem/faq/levedo-de-cerveja-e-rico-em-proteinas-e-aumenta-sensacao-de-saciedade.htm>. Acesso em: 12 nov. 2023.

WCED - *World Commission on Environment and Development. **Our Common Future***. Oxford: Oxford University Press, 1987. Disponível em: <https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/5987our-common-future.pdf>. Acesso em: 17 nov. 2022.

XIONG, Xinni *et al.* *Value-added chemicals from food supply chain wastes: State-of-the-art review and future prospects. **Chemical Engineering Journal***, v. 375, 2019. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1385894719313774>. Acesso em: 14 nov. 2022.