

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ**

**JAQUELINE TIEMI SHIBAKURA**

**COMPOSTOS BIOATIVOS EM CERVEJAS COMERCIAIS COM ADIÇÃO DE  
FRUTAS**

**FRANCISCO BELTRÃO**

**2023**

**JAQUELINE TIEMI SHIBAKURA**

**COMPOSTOS BIOATIVOS EM CERVEJAS COMERCIAIS COM ADIÇÃO DE  
FRUTAS**

**Bioactive compounds in commercial fruit beers**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação apresentado como requisito para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Alimentos da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Orientadora: Prof.<sup>a</sup> Dra. Ellen Porto Pinto.

Coorientadora: Prof.<sup>a</sup> Dra. Ellen Cristina Perin.

**FRANCISCO BELTRÃO**

**2023**



[4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/)

Esta licença permite download e compartilhamento do trabalho desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es), sem a possibilidade de alterá-lo ou utilizá-lo para fins comerciais. Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.

**JAQUELINE TIEMI SHIBAKURA**

**COMPOSTOS BIOATIVOS EM CERVEJAS COMERCIAIS COM ADIÇÃO DE  
FRUTAS**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação  
apresentado como requisito para obtenção do título de  
Bacharel em Engenharia de Alimentos da  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
(UTFPR).

Data de aprovação: 22/06/2023

---

Ellen Porto Pinto  
Doutorado  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

---

João Francisco Marchi  
Mestrado  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

---

Ronan Carlos Colombo  
Doutorado  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

**FRANCISCO BELTRÃO  
2023**

Dedico este trabalho à memória de meu querido  
amigo Níkolás Kuczynski.

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente, gostaria de agradecer a minha orientadora Prof.(a) Dr.(a) Ellen Porto Pinto e coorientadora Prof.(a) Dr.(a) Ellen Cristina Perin pelos conhecimentos compartilhados e, principalmente, ao apoio na realização deste trabalho. A presença de vocês em cada passo do desenvolvimento foi fundamental para o meu êxito. Espero me tornar pelo menos uma parcela das docentes que vocês são e inspiram constantemente.

A UTFPR *campus* Pato Branco por ceder o laboratório para realização das análises.

A banca avaliadora, Prof. Dr. Ronan Carlos Colombo e Prof. Me. João Francisco Marchi, pelas correções e pontuações visando o melhor para o meu trabalho.

Agradeço ao meu pai (*in memoriam*) e meu irmão pelo constante apoio durante os períodos turbulentos da graduação. Pelas conversas e contatos mesmo a distância sempre se fazendo presentes.

A minha amiga da vida, que a UTFPR me proporcionou, Laiane, pelo companheirismo desde o período de matrícula até os dias de hoje. Por me aturar nos dias bons e ruins, e sempre me incentivando a desenvolver o meu melhor na minha vida pessoal e acadêmica.

Por fim, gostaria de agradecer a meu grande amigo, Nícolas Kuczynski (*in memoriam*), pelo companheirismo inigualável, principalmente durante os anos de pandemia, por me ajudar a viver mais leve, por nos completarmos nas áreas acadêmica e pessoal. Sinto sua falta constantemente. Obrigada pela oportunidade, mesmo breve, de te conhecer. Este trabalho é para ti, formaremos juntos.

“Vivo numa dualidade dilacerante.”  
(LISPECTOR, 1978).

## RESUMO

A cerveja artesanal é um produto que proporciona distintos sabores, aromas, experiências ao consumidor e inovação na produção, gerando uma maior qualidade e valor agregado a esta produção em menor escala. A cerveja, assim como o vinho, possui compostos bioativos em sua composição, entretanto, a sua ingestão não é atrelada aos benefícios à saúde que podem ser adquiridos com o seu consumo balanceado. Contudo, as cervejas artesanais possuem capacidade de atingir novos consumidores, como é o caso das cervejas artesanais à base de fruta, devido ao seu sabor menos amargo e capacidade de agregar benefícios à saúde se consumidos de forma balanceada. Isso ocorre como consequência da ação dos antioxidantes presentes nas frutas. Sendo assim, é possível expandir a clientela deste produto de nicho de mercado ao relacionar o crescimento do consumo e produção de cerveja à procura por alimentos mais saudáveis, porém sem perder a praticidade, qualidade e a inovação. Portanto, o presente trabalho visou analisar e estimar os compostos bioativos e o potencial antioxidante em diferentes tipos de cervejas, sendo elas de estilo tradicional, *sour* e *fruit beers*, por meio de análises bioquímicas em espectrofotômetro. Para analisar a atividade antioxidante foram utilizados três métodos, sendo eles: ABTS, DPPH e FRAP. Já para estimar a presença e quantidade de compostos fenólicos foi utilizado o método de Folin-Ciocalteu. Os flavonoides totais foram estimados após a aplicação de nitrato de alumínio, etanol e acetato de potássio. Sendo assim, esperava-se que estes compostos estivessem presentes em quantidades maiores nas cervejas frutadas em relação às cervejas tradicionais, o que não ocorreu. Foi possível confirmar, apenas, as diferentes quantidades de acordo com o tipo de fruta. Entre as *fruit beers*, os sabores de pomelo e maracujá tiveram os melhores resultados para capacidade antioxidante (pelo método ABTS, pomelo resultou em 1,827 mM TE mL<sup>-1</sup> e 1,402 mM TE mL<sup>-1</sup> para maracujá, enquanto para o método DPPH os resultados obtidos foram 90,588 e 321,471 μM TE mL<sup>-1</sup>, respectivamente) e compostos fenólicos (689,33 e 606,74 μg EAG mL<sup>-1</sup>, respectivamente). Enquanto para as cervejas estilo *sour*, o melhor desempenho nas análises foi dos sabores moscatel, hibisco e framboesa. Já a cerveja *Hop Lager*, apresentou resultados superiores aos das cervejas etilos *sour* nas análises DPPH com 614,12 μM TE mL<sup>-1</sup>, FRAP com 7,702 mM Fe<sup>2+</sup> mL<sup>-1</sup> e de flavonoides totais com 25,70 μg quercetina mL<sup>-1</sup>.

**Palavras-chave:** *fruit beers*; *sour beers*; compostos fenólicos; flavonoides totais; atividade antioxidante.

## ABSTRACT

Craft beer is a product that provides different tastes, flavors, experiences to the consumer, and innovation in production which allows more quality and value to the product even though it's processed on a smaller scale. Beer has bioactive compounds just like wine does however the consumption of beer isn't associated with the health benefits that can be provided with a balanced consumption. Despite that, craft beers, like fruit beers, can reach new consumers due to their less bitter taste and health benefits that can be provided with a balanced consumption due to the antioxidants in fruits. In other words, it's possible to expand the type of consumers of this niche product by connecting the growth of consumption and production of beer with the demand for healthier products that still are practical, innovative, and have quality. Therefore, this work aims to analyze and quantify the bioactive compounds and the antioxidant capacity in different types of fruit beer and sour beers by using biochemical analysis with a spectrophotometer. To define the antioxidant capacity, it was used three different methods: ABTS, DPPH and FRAP. To estimate the presence and quantity of phenolic compounds, the Folin-Ciocalteu method was used. The number of total flavonoids were estimated after the application of sodium nitrite, aluminum chloride, and sodium hydroxide. As a result, it was expected that these compounds would be found in larger quantities than in traditional beers which didn't occur. It was possible to confirm that only the amount of them would be different according to the type of fruit used. About the fruit beers, the flavors of pomelo and passion fruit achieved better results for antioxidant capacity (by the method ABTS, pomelo resulted in 1,827 mM TE mL<sup>-1</sup> and 1,402 mM TE mL<sup>-1</sup> for passion fruit, meanwhile for the DPPH method the results were 90,588 and 321,471 μM TE mL<sup>-1</sup>, respectively) and phenolic compounds (689,33 e 606,74 μg EAG mL<sup>-1</sup>, respectively). Meanwhile, for the sour beers, the best results were obtained with the flavors of moscatel grapes, hibiscus and raspberry. The Hop Lager type presented results higher than the sour ones in the DPPH method with 614,12 μM TE mL<sup>-1</sup>, FRAP with 7,702 mM Fe<sup>2+</sup> mL<sup>-1</sup> and total flavonoids with 25,70 μg quercetina mL<sup>-1</sup>.

**Keywords:** fruit beers; sour beers; phenolic compounds; total flavonoids; antioxidant capacity.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Fluxograma de processamento da cerveja.....	18
Figura 2 - Fluxograma de processamento de <i>fruit beer</i> .....	21
Figura 3 - Figura 3 - Estrutura básica dos flavonoides.....	25
Figura 4 - Fluxograma de processamento das <i>fruit beers</i> da marca A.....	31
Figura 5 - Quantificação dos compostos fenólicos totais (CFT em $\mu\text{g EAG mL}^{-1}$ ) de cervejas comerciais de cinco tipos de <i>fruit beer</i> marca A (A) e sete formulações de cervejas Marca B ( <i>sour, pilsen e hop lager</i> ).....	36
Figura 6 - Potencial antioxidante pelo método ABTS ( $\text{mM TE mL}^{-1}$ ) de cervejas comerciais de cinco tipos de <i>fruit beer</i> marca A (A) e sete formulações de cervejas Marca B ( <i>sour, pilsen e hop lager</i> ).....	38
Figura 7 - Potencial antioxidante pelo método DPPH ( $\mu\text{M TE mL}^{-1}$ ) de cervejas comerciais de cinco tipos de <i>fruit beer</i> marca A (A) e sete formulações de cervejas Marca B ( <i>sour, pilsen e hop lager</i> ).....	39
Figura 8 - Potencial antioxidante pelo método FRAP ( $\text{mM Fe}^{2+} \text{ mL}^{-1}$ ) de cervejas comerciais de cinco tipos de <i>fruit beer</i> marca A (A) e sete formulações de cervejas Marca B ( <i>sour, pilsen e hop lager</i> ).....	40
Figura 9 - Quantificação dos flavonoides totais (FT $\mu\text{g quercetina mL}^{-1}$ ) de cervejas comerciais de cinco tipos de <i>fruit beer</i> marca A (A) e sete formulações de cervejas Marca B ( <i>sour, pilsen e hop lager</i> ).....	41
Tabela 1 - Quantificação dos compostos fenólicos totais em cervejas comerciais de cinco tipos de <i>fruit beer</i> marca A.....	57
Tabela 2 - Quantificação dos compostos fenólicos totais em cervejas comerciais de sete formulações de cervejas Marca B ( <i>sour, pilsen e hop lager</i> ).....	57
Tabela 3 - Potencial antioxidante determinado pelo método ABTS em cervejas comerciais de cinco tipos de <i>fruit beer</i> marca A.....	57
Tabela 4 - Potencial antioxidante determinado pelo método ABTS em cervejas comerciais de sete formulações de cervejas Marca B ( <i>sour, pilsen e hop lager</i> ).....	58
Tabela 5 - Potencial antioxidante determinado pelo método DPPH em cervejas comerciais de cinco tipos de <i>fruit beer</i> marca A.....	58
Tabela 6 - Potencial antioxidante determinado pelo método DPPH em cervejas comerciais de sete formulações de cervejas Marca B ( <i>sour, pilsen e hop lager</i> ).....	58
Tabela 7 - Potencial antioxidante determinado pelo método FRAP em cervejas comerciais de cinco tipos de <i>fruit beer</i> marca A.....	59

<b>Tabela 8 - Potencial antioxidante determinado pelo método FRAP em cervejas comerciais de sete formulações de cervejas Marca B (<i>sour, pilsen e hop lager</i>).....</b>	<b>59</b>
<b>Tabela 9 - Quantificação dos flavonoides totais em cervejas comerciais de cinco tipos de <i>fruit beer</i> marca A.....</b>	<b>59</b>
<b>Tabela 10 - Quantificação dos flavonoides totais em cervejas comerciais de sete formulações de cervejas Marca B (<i>sour, pilsen e hop lager</i>).....</b>	<b>60</b>
<b>Figura 10 - Correlação de Pearson entre os métodos das análises das <i>fruit beers</i> da marca A.....</b>	<b>60</b>
<b>Figura 11 - Correlação de Pearson entre os métodos das análises das cervejas tradicionais e estilo <i>sour</i> da marca B.....</b>	<b>61</b>

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>9</b>
<b>2</b>	<b>OBJETIVOS</b>	<b>12</b>
<b>2.1</b>	<b>Objetivo geral</b>	<b>12</b>
<b>2.2</b>	<b>Objetivos específicos</b>	<b>12</b>
<b>3</b>	<b>REVISÃO DE LITERATURA</b>	<b>13</b>
<b>3.1</b>	<b>Cerveja</b>	<b>13</b>
3.1.1	Matérias primas	13
3.1.1.1	Água	13
3.1.1.2	Malte	14
3.1.1.3	Lúpulo	15
3.1.1.4	Levedura	16
<b>3.2</b>	<b>Processo de fabricação da cerveja</b>	<b>17</b>
3.2.1	Processo de fabricação da cerveja com adição de frutas e estilo <i>sour</i>	21
<b>3.3</b>	<b>Cerveja artesanal</b>	<b>22</b>
3.3.1	Cerveja de frutas	23
<b>3.4</b>	<b>Compostos bioativos</b>	<b>23</b>
3.4.1	Compostos fenólicos	24
3.4.1.1	Flavonoides	24
<b>3.5</b>	<b>Frutas</b>	<b>25</b>
3.5.1	Pomelo	26
3.5.2	Maracujá	26
3.5.3	Uva	26
3.5.4	Framboesa	27
3.5.5	Morango	27
3.5.6	Kinkan	28
3.5.7	Hibisco	28
<b>3.6</b>	<b>Estudos prévios sobre cervejas artesanais</b>	<b>28</b>
<b>4</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS</b>	<b>30</b>
<b>4.1</b>	<b>Material</b>	<b>30</b>
<b>4.2</b>	<b>Métodos</b>	<b>30</b>
4.2.1	Processo de fabricação das <i>fruit beers</i> da marca A	30
4.2.2	Análises bioquímicas	32
4.2.2.1	Compostos fenólicos	32

4.2.2.2	Flavonoides totais	33
4.2.1.3	Atividade antioxidante	33
4.2.3	Análise estatística	34
<b>5</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b>	<b>35</b>
<b>5.1</b>	<b>Compostos fenólicos totais (CFT)</b>	<b>35</b>
<b>5.2</b>	<b>Potencial antioxidante</b>	<b>36</b>
5.2.1	Método ABTS	36
5.2.2	Método DPPH	38
5.2.3	Método FRAP	39
<b>5.3</b>	<b>Flavonoides totais (FT)</b>	<b>40</b>
<b>5.4</b>	<b>Correlação de Pearson entre os métodos</b>	<b>41</b>
<b>6</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b>	<b>43</b>
	<b>REFERÊNCIAS</b>	<b>44</b>
	<b>APÊNDICE A - TABELAS E FIGURAS DOS RESULTADOS ESTATÍSTICOS</b>	<b>56</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Segundo o Banco do Nordeste (2022), devido a pandemia da COVID-19, a produção nacional de cerveja caiu 0,3% em 2021. Enquanto o consumo mundial teve uma queda de 6,5% em 2020, e um leve aumento, de 2,2%, no ano seguinte (2021). O maior impacto foi do mercado *on-trade*, consumo em bares e restaurantes, devido ao isolamento social. Na tentativa de diminuir esta lacuna, as empresas maiores estão investindo nas vendas *off-trade* que são por meio de aplicativos, o que concilia a necessidade de venda dos seus produtos ao consumo domiciliar maior, além do investimento contínuo em sustentabilidade.

Outras duas tendências de mercado foram observadas, sendo elas consumidores de baixa renda migrando para compra de produtos mais baratos e em menores quantidades, e menor consumo de cerveja atrelado à busca por um produto de melhor qualidade (VIANA, 2022).

O mercado cervejeiro é dominado pelos conglomerados e suas produções em grande escala de cervejas tradicionais, como a *Pilsen* (AQUARONE, 2001). Contudo, um aumento significativo no surgimento de microcervejarias vem sendo observado, empresas tais, que são responsáveis pela produção de cervejas especiais produzidas em menor escala, com maior valor agregado e visando empregar diferentes técnicas, tecnologias e insumos ao processo (SANTA *et al.*, 2020).

Um exemplo de cerveja especial são as cervejas de frutas, também chamadas de *fruit beers*, que são produtos não convencionais, produzidos de forma artesanal pelas microcervejarias. Na Bélgica, há a tradição de produzir cervejas com as frutas inteiras de framboesa e cereja, que com os seus açúcares acabam por desencadear uma segunda fermentação, agregando novos sabores ao produto (NARDINI, 2020).

Já no Brasil, a produção de cerveja artesanal à base de frutas ocorre de forma a adicioná-las *in natura*, em forma de extrato, polpa ou suco. Esta adição pode ser realizada em três etapas distintas. A primeira opção é na fervura, a fim de esterilizar a fruta e evitar contaminação cruzada. A segunda opção é adicioná-la na etapa de fermentação, visto que os açúcares da própria fruta podem auxiliar na fermentação do mosto. Ou ainda pode-se incorporá-la na etapa de maturação

para agregar ainda mais o sabor da fruta ao produto (FREIRE, 2018; BARBOSA, 2019).

As frutas são conhecidas como alimentos imprescindíveis para uma alimentação balanceada, devido a sua composição química diversificada em relação aos tipos de vitaminas, nutrientes e compostos do metabolismo especializado que as compõem, tornando-as grandes aliadas no auxílio a prevenção de doenças cardiovasculares e até mesmo cancerígenas pela sua atividade antioxidante (MELO *et al.*, 2008; SOUZA; VIEIRA; LIMA, 2011; HABIBI; RAMEZANIAN, 2017; SCHIASSI *et al.*, 2018).

As frutas são fontes de compostos bioativos do metabolismo especializado, sendo eles principalmente, os compostos fenólicos e os terpenos. Os compostos fenólicos, em sua maior parte, possuem características ácidas, portanto oxidam mais rápido, devido a sua instabilidade. Entre os compostos fenólicos, encontram-se os flavonoides (antocianinas e catequinas, sendo algumas das subdivisões), taninos, dentre outros compostos. E os compostos terpênicos mais comuns são os carotenoides, que possuem atividade antioxidante e podem ser divididos em carotenos e xantofilas (VERRUCK; PRUDENCIO; SILVEIRA, 2018).

Em função das *fruit beers* e *sour beers* se tratar de um produto especial, seus consumidores tendem a ser pessoas do nicho de cervejas artesanais. Este tipo de consumidor está em busca de inovações deste produto e novas experiências sensoriais. Mas além disto, as *fruit beers* possuem grande potencial para atingir um novo mercado consumidor, devido aos benefícios a saúde que podem ser agregados, em decorrência da atividade antioxidante proveniente da adição de frutas. É um mercado que pode se aproveitar de estratégias de marketing para expandir sua clientela.

A cerveja é um produto que originalmente já possui vitaminas do complexo B, compostos polifenólicos e atividade antioxidante, provenientes do malte e do lúpulo (FREIRE, 2018). Com um consumo adequado, aliado a uma dieta balanceada, este tipo de produto pode fornecer benefícios à saúde assim como ocorre com o vinho (BRUNELLI, 2012).

A adição de frutas ao processamento deste produto influencia no sabor (mais doce e frutado) fazendo com que haja um apelo maior para consumidores que não gostam do sabor amargo de cervejas tradicionais, mas também no

possível aumento da atividade antioxidante e na concentração de compostos fenólicos e terpênicos. Portanto, este trabalho visa analisar e evidenciar os compostos bioativos presentes nas *fruit* e *sour beers*, a fim de tentar expandir o mercado consumidor deste produto.

## 2 OBJETIVOS

### 2.1 Objetivo geral

Estimar o teor dos compostos bioativos e potencial antioxidante em cervejas comerciais à base de frutas.

### 2.2 Objetivos específicos

- Estimar o teor total de compostos fenólicos e flavonoides totais presentes em cada tipo de cervejas: tradicionais, *fruit* e *sour beer*.
- Avaliar o potencial antioxidante das cervejas comerciais pelos métodos ABTS, DPPH e FRAP.
- Analisar os resultados obtidos, em cada metodologia, para cada tipo de cerveja, sejam elas as tradicionais, *fruit* e *sour beers*.

### 3 REVISÃO DE LITERATURA

#### 3.1 Cerveja

A cerveja possui a água, o malte, o lúpulo e a levedura, como ingredientes base para a sua produção. Este produto é obtido por meio da fermentação alcoólica, que transforma açúcares em álcool e outros produtos (SORBO, 2017). A cerveja tradicional pode ser dividida de acordo com a sua fermentação, originando assim as cervejas *Ale* e a *Lager*.

O tipo *Ale* é proveniente de fermentação “alta” ou superficial, para realizá-la costuma-se utilizar a levedura *Saccharomyces cerevisiae*, que não causa uma floculação tão expressiva, fazendo com que as células fiquem mais próximas da superfície (SORBO, 2017). A fermentação dura de 2 a 5 dias, nas temperaturas de 20 a 25 °C, enquanto a maturação ocorre entre 4,5 e 8 °C. Suas características são observadas pela cor clara, acidez, sabor mais característico do lúpulo e teor alcoólico entre 4% e 8%, por estes motivos este tipo é mais utilizado pelas cervejarias artesanais (SIQUEIRA; BOLINI; MACEDO, 2008).

Já o tipo *Lager* é o mais consumido, visto que os conglomerados cervejeiros costumam produzi-lo, que é o caso da *Pilsen*. Este tipo de cerveja passa pela fermentação profunda, lenta ou ainda “baixa” (maior floculação das células, resultando em aglomerado no fundo do tanque de fermentação), durando de 10 a 15 dias, a temperatura de 7 a 15 °C (FREIRE, 2018). As leveduras utilizadas para fermentação são a *Saccharomyces pastorianus*, *Saccharomyces uvarum* ou *Saccharomyces cerevisiae* (IATTICI; CATALLO; SOLIERI, 2020). Este tipo possui teor alcoólico de 4 a 5% (BARBOSA, 2019).

##### 3.1.1 Matérias primas

Segundo a Instrução Normativa (2019), são ingredientes obrigatórios da cerveja: água, malte e lúpulo ou seus extratos.

##### 3.1.1.1 Água

A água é o ingrediente em maior quantidade na produção de cerveja, correspondendo a cerca de 90% da composição. Por isso, a qualidade da água influencia diretamente na qualidade do produto final. Portanto, para o processamento de cerveja, a água a ser utilizada deve ser potável, ou seja, inodora, incolor e que não ofereça riscos à saúde (BRASIL, 2011).

A água além de potável também deve ser dura, isto é, rica em sais minerais como magnésio (entre 5 e 22 mg. L<sup>-1</sup>) e cálcio (entre 1 e 6 mg. L<sup>-1</sup>), que proporcionam mais sabor. Estes constituintes são inorgânicos e classificados como majoritários, por estarem em maior quantidade (SALIMBENI; MENEGUETTI; ROLIM, 2016).

Os sais minerais, como o cálcio, magnésio e sulfato podem auxiliar nas atividades enzimáticas de amilases e proteases, que aumentam o teor de carboidratos fermentáveis no mosto, influenciam nos sabores e estabilidade do produto. Enquanto o pH ideal é próximo a neutralidade (entre 6,5 - 8,0), podendo variar de acordo com cada tipo de cerveja a ser produzida (FREIRE, 2018).

A composição química da água influencia diretamente no produto final. Algumas regiões do mundo possuem produtos com características específicas para seus produtos, que variam de acordo com as propriedades da água. Na República Checa utiliza-se água mole, com poucos minerais, resultando em uma cerveja bem lupulada. Enquanto na Inglaterra, a água é dura originando cervejas claras, porém fortes e amargas. E nas regiões de Munique e Londres, por se utilizar água alcalina, as cervejas são mais leves, suaves, pouco lupuladas e mais escuras (PRIEST; STEWART, 2006; SALIMBENI; MENEGUETTI; ROLIM, 2016).

#### 3.1.1.2 Malte

O malte é obtido por meio da maltagem de grãos. Estes são germinados, na maltagem, para desenvolver enzimas proteases e amilases, que são responsáveis pela solubilização de proteínas no mosto e pela transformação desta fonte de amido em açúcares fermentáveis (MATSUBARA *et al.*, 2016; FREIRE, 2018; BARBOSA, 2019).

Diversos grãos como milho, trigo, arroz, aveia e sorgo podem ser utilizados para obtenção do malte, contudo o mais utilizado é a cevada. Cerveja

com malte de trigo costumam possuir uma espuma mais densa, aparência turva, leve sabor frutado e de pão, além da alta carbonatação (COSTA, 2021). Malte de milho, arroz, aveia e sorgo são alternativas para uma cerveja sem glúten (FERREIRA, 2021).

No caso da cerveja de malte de arroz é preciso aplicação de enzimas exógenas para que seja possível obter um produto similar ao tradicional, visto que grande parte dos açúcares presentes neste mosto são não fermentescíveis, originando uma cerveja com pouco teor alcoólico. Já o malte de sorgo possui atividade das amilases, que proporcionam um teor alcoólico próximo ao esperado e pH baixo que influencia na qualidade do produto (FERREIRA, 2021). A cerveja de aveia é caracterizada pela sua cremosidade (PAYÁ *et al.*, 2019).

Já cervejas com malte de cevada acabam sendo mais aplicadas por possuir grandes quantidades de amido, que são modificados e convertidos em açúcares, pelo alto teor de proteínas que são fontes de aminoácidos fundamentais para o crescimento da levedura e pela influência na formação de espuma no produto final (OLIVEIRA, 2011; SANTOS, 2018).

Sendo assim, o tipo de grão utilizado para obter-se o malte e as condições de temperatura, tempo e umidade do processo de maltagem influenciam diretamente nas características sensoriais, como cor e aroma da cerveja produzida (SANTOS, 2018).

O processo de maltagem pode ser dividido em quatro etapas: sanitização e seleção dos grãos (etapa preliminar), maceração, germinação e secagem. Esta etapa é comumente realizada por empresas específicas, sendo que a indústria cervejeira já adquire o cereal já malteado.

### 3.1.1.3 Lúpulo

O lúpulo é uma planta trepadeira, que para a produção cervejeira, é utilizada apenas a flor da parte feminina (MATSUBARA *et al.*, 2016; SANTOS, 2018). Isto porque essas flores possuem a lupulina, que é formada de resinas e taninos, que agregam aromas e sabor amargo característico (FREIRE, 2018; BARBOSA, 2019).

As resinas do lúpulo podem ser divididas em duas categorias de acordo com a sua solubilidade. Elas podem ser consideradas resinas duras, que são

menos utilizadas no processamento cervejeiro ou resinas suaves que contribuem para a conservação, sabor e aroma por possuírem alfa-ácidos e beta-ácidos (SANTOS, 2018).

O lúpulo pode ser dividido em duas classes principais: os lúpulos de aroma e os de amargor. Os lúpulos de amargor possuem uma concentração mais elevada de alfa-ácidos, que proporcionam o amargor ao produto, e costumam ser adicionados na fervura, enquanto os lúpulos de aroma possuem concentrações menores de alfa-ácidos e são adicionados ao final da fervura para proporcionar aromas (OLIVEIRA, 2011; SANTOS, 2018).

Na colheita do lúpulo, os cones de lúpulo possuem altas porcentagens de umidade, que para a sua conservação é necessário secá-lo. No caso do lúpulo seco ou flor do lúpulo, para sua utilização no processamento fabril da cerveja, é necessária uma maior quantidade para se obter as características esperadas do produto. Por estes motivos, o lúpulo é comercializado de diferentes formas (SANTOS, 2018).

A flor do lúpulo é menos utilizada devido aos cuidados que são necessários para a sua conservação, transporte e armazenamento, sua dificuldade para filtração no processamento e preço. O modo mais comumente utilizado é o *pellet*, pois desta forma, o lúpulo já sofreu o processo de secagem, o que facilita a filtração no processamento e proporciona características mais uniformes. Os óleos e resinas são mais empregados por cervejarias industriais, pois deixam menor resquício na filtração e são necessárias menores quantidades, devido à sua alta concentração (SANTOS, 2018).

Além da influência no sabor e aroma, o lúpulo também é responsável por auxiliar na estabilidade biológica da cerveja, coagulação das proteínas e estabilidade da espuma (SANTOS, 2018).

#### 3.1.1.4 Levedura

A levedura é responsável pela produção de álcool, mas também de substâncias que proporcionam características sensoriais distintas à cerveja, de acordo com o tipo de levedura utilizada, que influencia no processo de fermentação e, conseqüentemente, no tipo de cerveja obtida.

A cerveja tipo *Ale* é obtida por fermentação “alta” ou rápida, em que é aplicada a levedura *Saccharomyces cerevisiae*. Já a fermentação “baixa” para produção de cerveja tipo *Lager* ocorre de forma mais lenta, em que podem ser aplicadas as leveduras *Saccharomyces pastorianus*, *Saccharomyces cerevisiae* ou *Saccharomyces uvarum* (OLIVEIRA, 2011; SCHORK, 2015; SORBO, 2017; SANTOS, 2018).

De modo geral, quando as leveduras se encontram em condições ideais para iniciar o seu metabolismo, ela pode fazê-lo por meio de duas rotas, cada uma com produtos totalmente distintos. No caso da rota aeróbia, quando há presença de oxigênio, ocorre a respiração celular. Entretanto, no caso das cervejas, o processo ocorre pela via anaeróbia, sem presença de oxigênio, fazendo com que haja a fermentação alcoólica (KUNZE, 2007; SANTOS, 2018). Isso porque este tipo de levedura é aeróbica facultativa, ou seja, consegue se adaptar a ambientes com ou sem oxigênio disponível (VENTURINI FILHO; CEREDA, 2001).

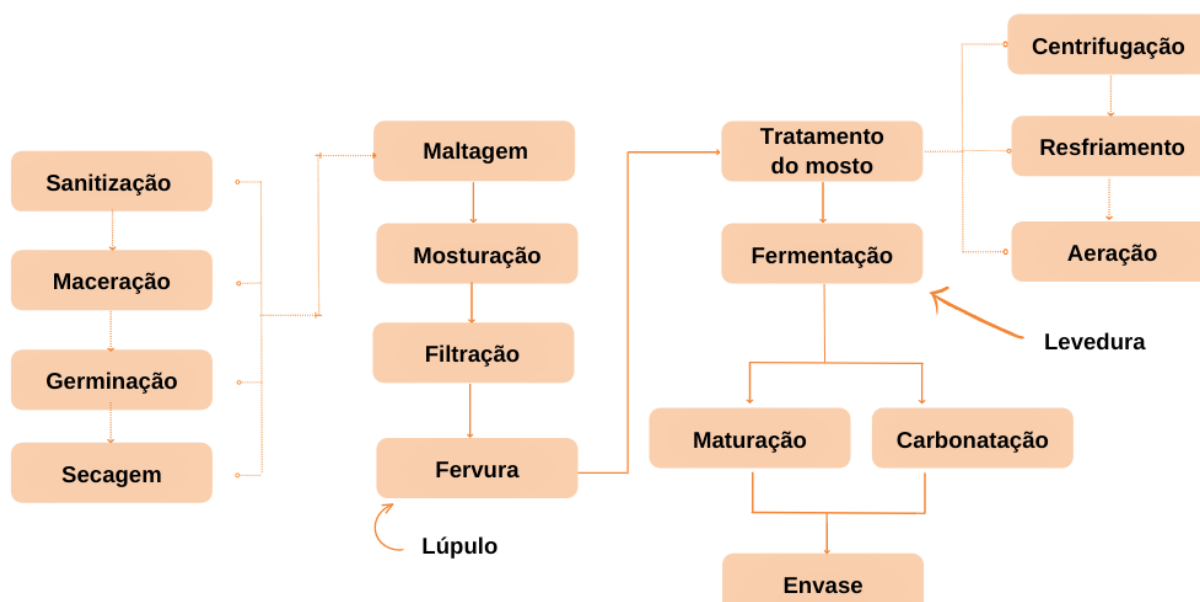
Além da diferença entre o metabolismo das leveduras, elas também podem ser diferenciadas pelos seus genes e características de floculação. A *Saccharomyces cerevisiae* pode ser utilizada para produção de cervejas de fermentação alta ou baixa, sendo mais comum a sua utilização para fermentação alta. Por se tratar de uma levedura tipo *Ale*, há uma maior capacidade de floculação, isto ocorre, pois a célula é hidrofóbica (ARAUJO, 2016).

A *Saccharomyces uvarum* está relacionada a leveduras *Lager*. Trata-se de uma levedura recém-descoberta, caracterizada por ser de espécie diplóide, possui núcleo (eucarioto) com dois pares de cromossomos (Zhang *et al.*, 2014). A *Saccharomyces pastorianus* é uma levedura *Lager* híbrida de uso industrial. Ambas as leveduras *Lager* possuem um gene MEL, que origina uma enzima extracelular (melibiase) capaz de consumir o dissacarídeo melibiose. Além disso, este tipo de levedura é aplicado em fermentações baixa ou lenta, por possuírem menor capacidade de floculação, resultando em um maior produto decantado (ARAUJO, 2016).

### **3.2 Processo de fabricação da cerveja**

O fluxograma de processamento da cerveja segue uma ordem básica de produção (Figura 1): maltagem (dividida em sanitização e seleção de grãos, maceração, germinação e secagem), brassagem, filtração, fervura (adição do lúpulo), tratamento do mosto (centrifugação, resfriamento e aeração), fermentação (adição de levedura), maturação ou carbonatação e envase (SANTOS; RIBEIRO, 2005).

**Figura 1 - Fluxograma de processamento da cerveja**



**Fonte: Adaptado de Santos e Ribeiro (2005).**

A higienização da matéria-prima consiste em realizar uma lavagem e posterior sanitização com iodo ou hipoclorito de sódio, a fim de se evitar a presença de impurezas e de microrganismos indesejáveis ao processamento. Depois de limpos, os grãos são separados de grãos não inteiros e palhas, para seguirem para a etapa de maceração de forma mais uniforme (FREIRE, 2018; PIMENTA *et al.*, 2020).

Em seguida, a cevada é imersa em água e depois macerada, para que estes grãos possam ser germinados parcialmente em condições controladas, a fim de que o amido seja modificado, tornando-o mais solúvel e desenvolvendo enzimas, originando o malte. O termo malte é designado para qualquer cereal germinado em condições controladas, contudo apenas no caso da cevada pode-se chamar apenas de “malte”. Na utilização de outros grãos, a nomenclatura deve ser acrescentada do tipo do cereal (FREIRE, 2018; BRASIL, 2019).

Após a germinação ocorre a secagem dos grãos em tratamentos com faixas de temperaturas distintas, a fim de diminuir a umidade e incorporar o sabor do malte ao grão (FREIRE, 2018). Todavia, este processo é comumente realizado por empresas especializadas, de forma a permitir que as cervejarias já comprem o malte pronto.

Nas cervejarias o malte passa por moagem, a fim de expor o interior dos grãos, que contém amido no endosperma. Desta forma, as cascas não são danificadas, ao mesmo tempo em que a superfície para ação das enzimas, na brassagem, aumenta (SCHORK, 2015). A mosturação ou brassagem inicia-se após a finalização da maltagem. Este processo consiste em colocar o malte em água e submetê-los a temperaturas controladas para dar origem ao mosto. Nesta etapa, ocorre a solubilização do amido e ativação de enzimas proteolíticas e de sacarificação (OETTERER *et al.*, 2006).

O malte moído junto à água sofre um aumento gradativo de temperatura dentro de dornas. A primeira faixa de temperatura é de 40 a 50 °C, para ativação das glucanases, que decompõem as hemiceluloses em substâncias solúveis em água. Entre 45 e 55 °C, as proteases são ativadas e transformam proteínas em aminoácidos e peptídeos. Por fim, as enzimas de sacarificação são ativadas entre 60 e 75 °C, transformando os amidos em açúcares fermentáveis, como dextrinas e maltoses (OETTERER *et al.*, 2006; SIQUEIRA; BOLINI; MACEDO, 2008).

O mosto obtido pela brassagem é então filtrado para separação do bagaço de malte (parte sólida, composta pelas cascas) da parte líquida do mosto. O bagaço do malte é ainda lavado, a fim de aumentar o rendimento ao extrair açúcares retidos na casca (PIMENTA *et al.*, 2020).

Posteriormente, este mosto é levado à fervura. Na fervura é possível retirar compostos voláteis indesejáveis, inativar enzimas (estabilização bioquímica), esterilizar o mosto (estabilização biológica) e formação, pela Reação de *Maillard* e caramelização, de compostos que irão agregar sabor e cor ao produto (SIQUEIRA; BOLINI; MACEDO, 2008). Ao adicionar-se o lúpulo no início, meio ou ao final da fervura também é possível extrair compostos aromáticos e de sabor do lúpulo e evitar a sua volatilização (FREIRE, 2018).

Depois da fervura e lupulagem é realizado o tratamento do mosto para que ele possa receber a levedura. Este tratamento consiste em centrifugar,

resfriar e aerar o mosto. A centrifugação ocorre pelo *whirlpool*, que utiliza da força centrípeta para separar o aglutinado proteico (*trub*) no centro do tanque para posterior decantação e retirada. Com isso, é feita a clarificação do mosto, que já pode ser resfriado por trocador, para chegar a uma temperatura ideal (de acordo com o tipo de cerveja que está sendo produzido) para que haja a inoculação das leveduras (MORADO, 2009; FREIRE, 2018).

A fermentação ocorre pela adição da levedura ao mosto. A levedura *Saccharomyces* é a responsável para que a fermentação ocorra de forma anaeróbica para o processamento cervejeiro (VENTURINI FILHO; CEREDA, 2001).

O mosto aerado favorece o desenvolvimento rápido dessas leveduras, devido a alta quantidade de oxigênio incorporado a ele. Nesta fase aeróbia, ocorre a oxidação do piruvato em gás carbônico e água. Quando se inicia a fase anaeróbia, as leveduras transformam os açúcares em álcool e gás carbônico (SIQUEIRA; BOLINI; MACEDO, 2008; SORBO, 2017).

O processo de fermentação varia ainda de acordo com o tipo de cerveja produzida. No caso da cerveja tipo *Ale*, fermentação “alta”, a fermentação é mais rápida, de 2 a 5 dias, devido ao emprego de temperaturas mais altas, entre 20 e 25 °C. Já a fermentação “baixa” para produção de cerveja tipo *Lager* ocorre de forma mais lenta, demorando de 10 a 15 dias, com temperaturas inferiores, entre 7 e 15 °C (SORBO, 2017).

Já a maturação é como uma segunda fermentação, que ocorre em temperaturas entre 0 e 3 °C em “cervejas verdes”, que são aquelas que ainda possuem resquícios de levedura e substâncias fermentativas em suspensão (SIQUEIRA; BOLINI; MACEDO, 2008). Esta etapa é mais prolongada, podendo durar de 4 a 42 dias, e visa precipitar este material residual, agregar mais sabor ao produto final, realizar a clarificação, evitar a oxidação e carbonatar a bebida (SANTOS; RIBEIRO, 2005; CARVALHO, 2007; MATOS, 2011; SCHORK, 2015).

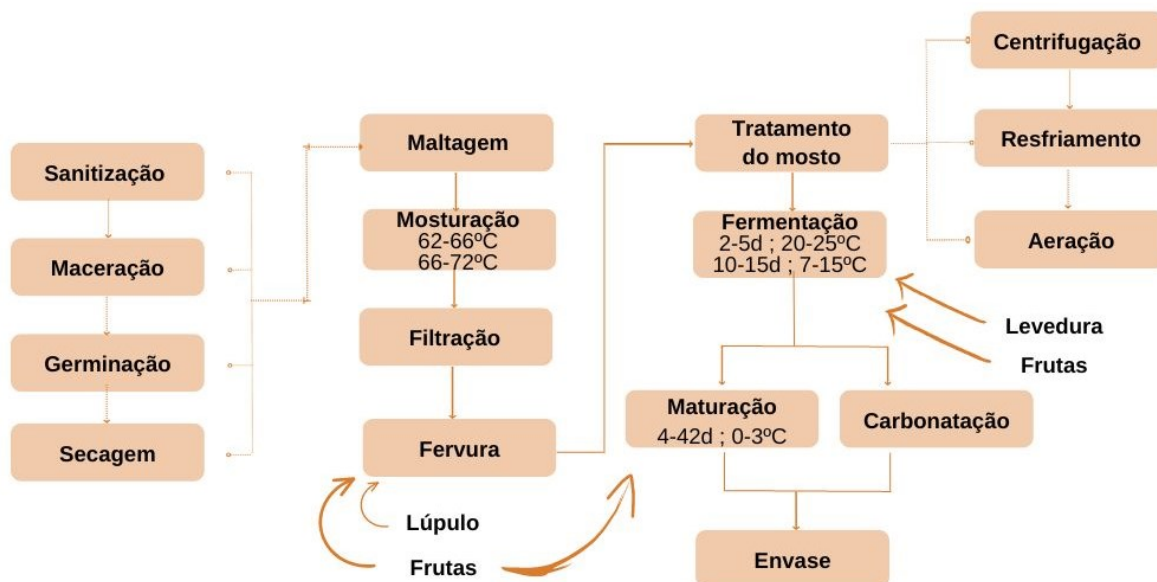
Caso a cerveja não passe pela maturação, pode ser realizada a carbonatação forçada, em que é adicionado gás carbônico, que é absorvido pela bebida no lugar do oxigênio, evitando-se assim atividade microbiana e oxidação (OETTERER *et al.*, 2006). Ou ainda acrescentar uma pequena quantidade de açúcar e levedura no engarrafamento, para fermentação e produção de gás, após o envase (FREIRE, 2018).

Por fim, a cerveja é envasada em barris, garrafas ou latas. Todos os equipamentos, utensílios e recipientes para o armazenamento devem estar sanitizados, para evitar a contaminação do produto final (MATSUBARA *et al.*, 2016). No caso das cervejas, envasadas em garrafas e latas, elas ainda passam pela pasteurização para diminuir a carga microbiana presente na bebida, enquanto a bebida envasada em barris não passa por esta etapa, originando o chopp (SANTOS; DINHAM, 2006).

### 3.2.1 Processo de fabricação da cerveja com adição de frutas e estilo *sour*

As *fruit beers* possuem a mesma ordem de processamento de uma cerveja tradicional. A diferença para este processamento é a adição de fruta, que pode ocorrer em diferentes etapas do processamento e em forma distintas (Figura 2). Já as *sour beers* são cervejas que podem ser acrescentadas tanto por um *blend* de frutas ou ainda especiarias (SILVA, 2021).

Figura 2 - Fluxograma de processamento de *fruit beer*



Fonte: Adaptado de Silva (2021).

As frutas podem ser adicionadas nas suas formas *in natura*, polpa, suco ou extrato. A adição destas pode ser feita no momento da fervura, a fim de esterilizar a fruta; na fermentação de forma a proporcionar açúcares para

fermentação; ou ainda na maturação, fazendo com que ocorra uma segunda fermentação do mosto (MORAES, 2020).

### 3.3 Cerveja artesanal

Na Alemanha foi criada a “Lei de Pureza Alemã” (*Reinheitsgebot*) que determinava que a produção de cerveja deveria ser realizada exclusivamente com a utilização de apenas cevada, água e lúpulo. Posteriormente, acrescentou-se o uso de leveduras, entretanto, não poderiam ser utilizados outros cereais e especiarias (PIMENTA, 2020).

A incorporação de frutas à produção cervejeira começou de forma expressiva na Bélgica. Tradicionalmente, cerejas e framboesas são adicionadas inteiras para que seus açúcares desencadeiem uma segunda fermentação, incorporando novas características sensoriais, como o sabor azedo originando o nome *Belgian Lambic Sour Beer* (VILLACRECES; BLANCO; CABALLERO, 2022).

Pela legislação brasileira, é definido o uso de maltes, água e lúpulo para fabricação cervejeira. A levedura e os adjuntos cervejeiros são ingredientes opcionais que podem ser utilizados para auxiliar na produção e agregar outras características sensoriais ao produto. Estes adjuntos cervejeiros são amidos, fontes de açúcares vegetais ou cereais maltados ou não (BRASIL, 2009).

A cerveja artesanal é caracterizada pela utilização dos ingredientes bases para produção de cerveja, mas também pelo uso de ingredientes não tradicionais, que incorporam novas características organolépticas ao produto. Com o uso de técnicas e ingredientes de qualidade, as cervejas especiais possuem maior valor agregado (VILLACRECES; BLANCO; CABALLERO, 2022).

Tendo em vista esta diferenciação da cerveja *gourmet* para uma tradicional, o foco dos produtores é equilibrar os novos sabores na formulação do produto. Estes sabores diferenciados podem ser obtidos com a utilização de vegetais, condimentos e frutas de qualidade ou ainda regionais, trazendo uma característica peculiar ao produto (DONADINI; PORRETTA, 2017).

Com a adição de frutas, como ingredientes não tradicionais, é possível obter novos sabores, aromas, aumentar os compostos bioativos e atividade

antioxidante da cerveja e agregar um valor nutricional maior ao produto (MORAES, 2020; SILVA, 2021; VILLACRECES; BLANCO; CABALLERO, 2022).

### 3.3.1 Cerveja de frutas

A adição de frutas ao processamento da cerveja traz aromas e sabores característicos da fruta ao produto. Além disso, aumentam a atividade antioxidante e a quantidade de compostos bioativos presentes na cerveja, e melhoram o valor nutricional da mesma (SORBO, 2017).

O uso de ingredientes não tradicionais auxilia a diminuir o custo com a compra de cevada maltada, mas sem perder a qualidade do produto final, visto que com o uso dos adjuntos é possível obter características diferentes para a cerveja. O emprego de frutas como adjuntos cervejeiros é um diferencial agregado tanto pelo sabor, quanto pela inovação. Um diferencial deste produto é o uso de frutas regionais ou exóticas, que trazem características, por vezes, desconhecidas ao consumidor (FREIRE, 2018).

A incorporação de frutas à cerveja, no Brasil, ocorre ao adicionar a fruta *in natura* ou o seu extrato, polpa ou suco. Essa incrementação pode ocorrer na etapa de fervura, fermentação ou maturação. Sendo mais aplicada nas fermentações, visto que o açúcar da própria fruta pode ser fonte de alimento para as leveduras (FREIRE, 2018; BARBOSA, 2019).

Ou seja, ao adicioná-las como *Priming* na etapa de maturação ou segunda fermentação, é fornecido mais uma vez alimento para que a levedura realize uma fermentação secundária na bebida já engarrafada. Resultando em um produto final com sabor mais característico, devido a diminuição do risco destes compostos de aroma e sabor de se volatilizarem (SORBO, 2017).

As cervejas estilo *sour*, como o nome diz, caracteriza-se pela sua acidez combinada ao sabor distinto da fruta utilizada. A sua distinção das *fruit beers* está na acidez que ocorre devido a adição de bactérias probióticas, como os lactobacilos. Este tipo de cerveja também tem como características menor amargor e carbonatação moderada-alta (CARDOSO *et al.*, 2021).

## 3.4 Compostos bioativos

Os fitoquímicos também chamados de compostos bioativos são produzidos naturalmente pelas plantas como forma de defesa. Estes compostos possuem funções moduladoras no metabolismo, o que auxilia na prevenção a doenças crônicas (EMBRAPA, 2010).

### 3.4.1 Compostos fenólicos

Os compostos fenólicos são formados comumente por um anel aromático ligado a uma ou mais hidroxilas, gerando diferentes subclasses, desde ácidos fenólicos simples a compostos mais complexos como os taninos e os flavonoides (MAIA, 2020). Os taninos podem ser subdivididos em taninos condensados (catequinas) ou taninos hidrolisáveis (ácido gálico encontrado em uva e maracujá) (REIS, 2018). Possuem ação antioxidante, anticancerígena, antialérgica e anti-inflamatória. Estão presentes em alimentos de coloração roxa escura, alguns amarelos e chá verde (EMBRAPA, 2010).

Os ácidos fenólicos são os compostos fenólicos mais comuns dentre os não-flavonoides. São formados por um grupamento carboxílico, um ou mais grupamentos de hidroxila e/ou metoxila e um anel benzênico. Estes ácidos podem ser insolúveis, que se ligam de forma covalente a componentes estruturais da parede celular, como lignina (ligação éter pelo grupo hidroxila do anel aromático), pectina, hemicelulose e celulose (por ligações ésteres por meio do grupo carboxílico). Ou também solúveis conjugados na forma de glicosídeos (ACOSTA-ESTRADA *et al.*, 2019; MAIA, 2020).

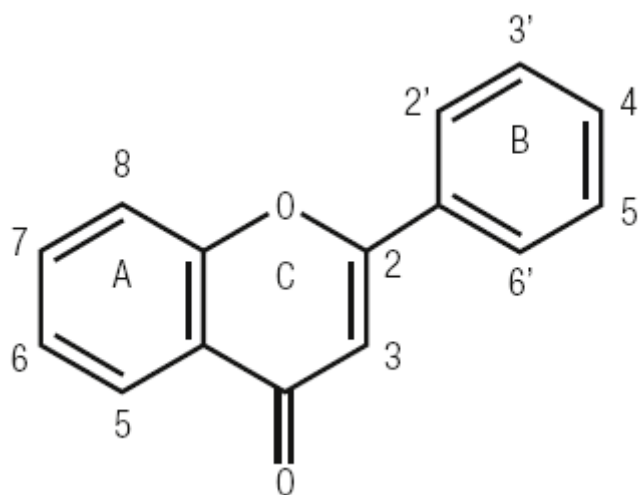
Estes compostos estão presentes por toda a estrutura da planta. São caracterizados como ésteres, não livres na natureza, que são hidrossolúveis e solúveis em solventes orgânicos polares. A quantidade disponível deste fitoquímico varia de acordo com condições edafoclimáticas, maturação, fatores genéticos e água (REIS, 2018). Devido a presença do anel aromático, é muito oxidável, quando em contato com luminosidade, fontes de calor e meio alcalino (VERRUCK; PRUDENCIO; SILVEIRA, 2018).

#### 3.4.1.1 Flavonoides

Os flavonoides são uma das principais subclasses dos compostos fenólicos. São solúveis em água, responsáveis pelo aumento da capacidade antioxidante (atua na formação e propagação de radicais livres), controle de osteoporose e colesterol e ação anticancerígena (EMBRAPA, 2010).

A estrutura base dos flavonoides é formada por um anel pirano ligado a dois anéis benzênicos (Figura 3).

**Figura 3 - Estrutura básica dos flavonoides**



**Fonte: Pimentel, Elias, Philippi (2019).**

Os flavonoides podem ser subdivididos em: flavonol (sendo o mais comum a quercetina, antioxidante polifenólico natural, comumente encontrado na forma de glicosídeo, conjugada à açúcares), antocianina (também encontrada na forma glicosilada, resulta em açúcares e agliconas quando hidrolisado em meio ácido por aquecimento) e flavan-3-óis (PIMENTEL; ELIAS; PHILIPPI, 2019).

### 3.5 Frutas

As plantas possuem a capacidade de produzir metabólitos que as protegem contra predadores, contaminação de microrganismos patogênicos e estresses abióticos. Estes metabólitos são chamados de especializados, e possuem significativa importância na manutenção e defesa das células para que ocorra o desenvolvimento adequado das plantas. Basicamente, podem ser divididos em alcaloides, compostos fenólicos, terpenos e glicosinolatos sendo os

terpenos e fenólicos normalmente os mais presentes em maior concentração (TAIZ; ZEIGER, 2004). Cada fruta possui uma concentração específica de compostos bioativos distintos e potencial antioxidante, assim como também há a variação de vitaminas, minerais e outros componentes.

### 3.5.1 Pomelo

Pomelo (*Citrus grandis* (L.) Osbeck) é uma fruta cítrica com compostos fenólicos (flavonoides) e terpênicos (limonoides), que lhes fornece ação anticancerígena e antimicrobiana (contra bactérias gram-positivas, gram-negativas, bolores e leveduras), podendo ajudar na conservação dos produtos (HALABI, 2010; CAETANO; MADALENO, 2011).

Pode ser acrescentado ao processamento de cerveja em forma de suco ou extrato (feito a partir da polpa e sementes). Durante a fermentação deste fruto no processamento de bebidas alcólicas, os compostos orgânicos voláteis são formados e volatilizados pela ação dos fungos e bactérias. Por isso, estes compostos voláteis conseguem refletir o grau de fermentação do produto (WEI *et al.*, 2022).

### 3.5.2 Maracujá

O maracujá (*Passiflora* sp.) é uma fruta produzida em regiões de clima tropical e subtropical, climatérica, que mesmo depois de colhida, consegue atingir o seu amadurecimento, devido à produção de gás etileno. Possui ácidos fenólicos, flavonoides e carotenoides, além da vitamina C e minerais, como ferro, fósforo, magnésio e cálcio, que lhe concede a atividade antioxidante (REIS, 2018).

Estudos estão sendo realizados para avaliar a aplicabilidade do maracujá na obtenção de produtos com atividade antioxidante, principalmente, em decorrência dos flavonoides. A sua coloração amarela característica é devido à presença dos carotenoides, que possuem ação pró-vitamínica e também antioxidante (ZERAİK *et al.*, 2010).

### 3.5.3 Uva

O cultivo de uva (*Vitis vinifera M.*) nacional pode ser dividido em uvas de mesa e para processamento, quase que exclusivo de sucos e vinhos. No Brasil, estas cultivares estão presentes em diferentes regiões e climas. No caso das uvas finas de mesa, a tendência é a busca por cultivares sem sementes e que consigam suportar diferentes condições ambientais, possibilitando uma oferta desta fruta por mais tempo no mercado. Já a produção para processamento enfrenta os desafios de uma matéria-prima com baixos teores de açúcar em decorrência da influência das condições edafoclimáticas (EMBRAPA, 2010).

A uva é composta de antocianinas pertencentes aos flavonoides. Possui atividade antioxidantes e anti-inflamatória, que influenciam na mutação de células e degeneração nervosa (REIS, 2018).

#### 3.5.4 Framboesa

A framboesa (*Rubus idaeus*) é rica em compostos bioativos fenólicos e terpênicos. Os compostos fenólicos presentes são ácidos fenólicos, estilbenos, lignanas, flavonoides como a antocianina e taninos. Enquanto os compostos terpênicos são os carotenoides, como beta-caroteno, zeaxantina, neoxantina e luteína, e os tocoferóis (MOSER *et al.*, 2021).

Assim como nas outras frutas que contêm as antocianinas, a framboesa também possui atividade antioxidante, anti-inflamatória, anticancerígenas, capazes de prevenir obesidade, diabetes e doenças cardiovasculares. A capacidade antioxidante é maior, quando há uma maior relação entre compostos polifenóis e antocianinas (LOURENÇO, 2019).

#### 3.5.5 Morango

O morango (*Fragaria sp.*) é uma fruta não climatérica, produzida o ano todo. Tem a sua coloração vermelho brilhante em decorrência da presença de antocianinas. Devido à presença deste fitoquímico, quando consumido com regularidade, o morango pode auxiliar no combate às doenças crônicas não transmissíveis. Isso ocorre, pois a antocianina tem atividade antioxidante, anti-

inflamatória, reduz os riscos de desenvolvimento de doenças crônicas, além da capacidade de proteção do DNA (EMBRAPA, 2012).

### 3.5.6 Kinkan

A laranja kinkan (*Fortunella margarita*), também conhecida como 'laranja de ouro', assemelha-se aos cítricos em questão de aroma, sabor, teor de vitamina C, pH e acidez titulável, diferenciando-se apenas pela casca de mais fácil digestão e menor quantidade de gomos na fruta (DINIZ; OLIVEIRA, 2015; MELLO; BRAGA; AMARAL, 2016).

A kinkan possui compostos fenólicos, flavonoides, carotenoides e capacidade antioxidante, podendo trazer benefícios à saúde, como a prevenção ao câncer de próstata, por exemplo (SOUZA, 2018).

### 3.5.7 Hibisco

O hibisco (*Hibiscus sp.*) pode ser aplicado em alimentos, visando os benefícios à saúde proporcionados pelas antocianinas, carotenoides, compostos fenólicos e a capacidade antioxidante, encontrados no cálice da planta, mas também devido a aplicação das pétalas da flor como corante (Vizzotto; Castilho; Pereira, 2009).

## 3.6 Estudos prévios sobre cervejas artesanais

Segundo Piazzon *et al.* (2010) e Fonseca (2020), cervejas mais escuras possuem maior quantidade de compostos fenólicos e capacidade antioxidante. Estes autores ainda ressaltam que para cervejas tradicionais, como *Lager* e *Pilsen*, há uma influência direta nos resultados de acordo com processamento e matérias primas utilizadas, mesmo tratando-se de produtos de coloração clara.

A capacidade antioxidante e quantidade de compostos fenólicos totais pode ser aumentada com um processo de torrefação e maltagem da cevada, que pode liberar mais compostos fenólicos (PIAZZON *et al.*, 2010; HABSCHIED *et al.*, 2020; MARTINEZ-GOMEZ *et al.*, 2020). Segundo Bertuzzi *et al.* (2020), o desempenho de cervejas do tipo tradicional também está ligado a escala de

produção, sendo que em cervejarias artesanais, por se utilizarem de ingredientes mais diversos, os resultados são mais positivos.

Segundo Sorbo e Broetto (2019), a adição de polpa de maracujá aumentou a capacidade antioxidante em função da quantidade de compostos fenólicos totais presentes na fruta. O que também se mostrou verídico por Matsubara *et al.* (2019) e Trindade (2019) ao adicionarem à raiz gengibre e a *berry* amora, devido às propriedades destas próprias matérias primas.

Vogel (2017) também observou em seu estudo que quanto maior a adição de morango ao extrato da cerveja, maiores eram os resultados obtidos para capacidade antioxidante e fenólicos totais.

## 4 MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1 Material

Para a realização do projeto foram utilizadas cervejas comerciais à base de frutas. Foram adquiridas de forma *on-line* uma garrafa de cada tipo diferente de *fruit beers* da marca A, sendo elas: pomelo, maracujá, uva, framboesa, morango; e cinco tipos de cerveja *sour* da marca B, sendo elas: *barrel whisky lambic*, *framboise lambic* (framboesa), *hibiscus lambic* (hibisco), *moscatel lambic* (uva moscatel) e *kinkan lambic* (laranja kinkan). Também foram adquiridas duas cervejas tradicionais (*Pilsen* e *Lager*) da marca B (marca A não possui em seu portfólio cervejas tradicionais), para observar os compostos bioativos e atividade antioxidante que a cerveja comum já possui (Quadro 1).

**Quadro 1 - Tipos de cervejas de acordo com suas respectivas marcas**

Marca A	Marca B
Pomelo	<i>Barrel whisky lambic</i>
Maracujá	Framboesa ( <i>framboise lambic</i> )
Uva	Hibisco ( <i>hibiscus lambic</i> )
Framboesa	Uva moscatel ( <i>moscatel lambic</i> )
Morango	Laranja kinkan ( <i>kinkan lambic</i> )
-	<i>Pilsen</i>
-	<i>Hop Lager</i>

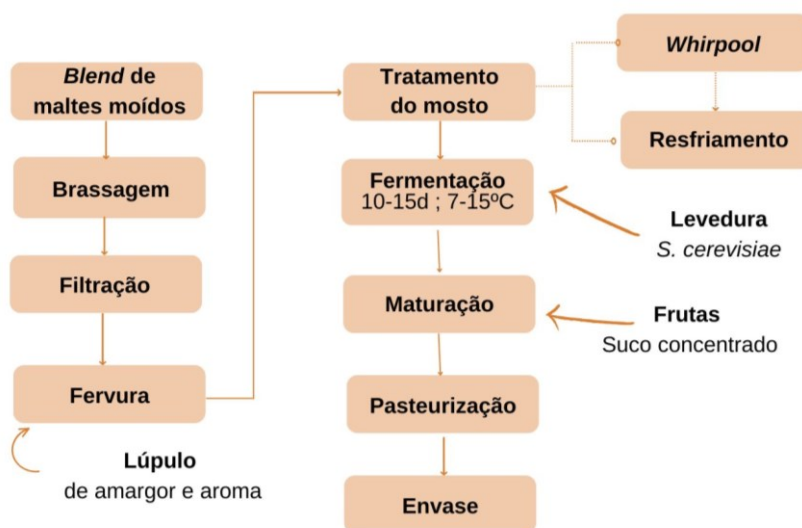
Fonte: Autoria própria (2023).

### 4.2 Métodos

#### 4.2.1 Processo de fabricação das *fruit beers* da marca A

Foi realizado contato com a marca A a fim de realizar uma pesquisa para compreender o processo de fabricação das suas cervejas. O processamento das *fruit beers* da marca A inicia-se na brassagem dos grãos de malte. Em seguida, eles passam por uma filtração para poderem seguir a fervura e posterior *whirlpool*. Depois o mosto é resfriado para poder seguir à fermentação. Após a fermentação, a cerveja passa por maturação, nesta etapa também é feita a adição das frutas em forma de suco concentrado, pasteurização e por fim, envasada (Figura 4).

**Figura 4 - Fluxograma de processamento das *fruit beers* da marca A**



Fonte: Autoria própria (2023).

Segundo a marca, a água utilizada na produção possui suas propriedades (pH, dureza, alcalinidade e concentração de íons de sais, como cálcio e magnésio) dentro dos limites permitidos de acordo com qual estilo de cerveja será produzido. Para cervejas com o malte mais predominante, que possui característica de ser mais doce, a concentração de cloretos é maior. Já no caso de cervejas mais lupuladas, que possuem como característica o amargor mais intenso, a concentração de sulfetos é maior. Para manter as propriedades dentro dos limites exigidos, a marca realiza análises periódicas da água a ser utilizada no processamento. Quando as propriedades não se encontram dentro do

estabelecido em legislação, é realizada a 'correção' da água (adição de determinados sais ou alteração de pH).

A marca A adquire os grãos de malte moídos já prontos, não sendo necessário a etapa da maltagem. Estes grãos são misturados (*blend*) para passarem pela mosturação (brassagem), formando o mosto cervejeiro. Este mosto passa pela filtração para separar as cascas do líquido. Após esta filtragem, o mosto líquido passa por fervura, etapa em que também é adicionado o lúpulo, que, neste caso, também é um *blend*, sendo lúpulos de amargor e aroma.

Em seguida, o mosto é tratado por *whirlpool* para sedimentação de partículas de proteínas que coagularam e restos do lúpulo. Este mosto é resfriado para que possa ser inoculado com leveduras *Saccharomyces cerevisiae* na etapa seguinte de forma a não as desativar. A fermentação realizada pela marca é a fermentação baixa, utilizada para produção de cervejas tipo *Lager*. Na fermentação baixa, este processo ocorre no fundo da dorna de fermentação e de forma mais lenta (de 7 a 15 dias), devido a temperatura mais baixa que é aplicada (entre 7-15 °C).

Durante a fermentação o mosto é transformado em álcool e gás carbônico, resultando na carbonatação da bebida. A cerveja então passa pelo processo de maturação, em que é adicionado suco da fruta concentrado, desencadeando uma segunda fermentação da bebida e proporcionando sabor e aroma mais proeminentes. Por fim, a cerveja passa por pasteurização e envase.

#### 4.2.2 Análises bioquímicas

Para a realização de todas as análises não foi necessário que as amostras passassem por diluições ou tratamentos. Optou-se pela realização desta forma, a fim de "simular" como ocorre, no organismo humano, com a ingestão da cerveja (extrato).

##### 4.2.2.1 Compostos fenólicos

Para a determinação da presença e estimar a quantidade de compostos fenólicos, foi utilizado o método de Folin-Ciocalteu. Conforme descrito por

Singleton *et al.* (1999), é adicionado 0,5 mL do extrato (amostra) em tubo de ensaio e adicionados 2,5 mL do reagente Folin-Ciocalteu (1:10). Após 5 minutos de repouso da mistura, foram adicionados 2,0 mL de uma solução de 4% de  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ . As soluções foram homogeneizadas em vortex, incubadas em local escuro, em temperatura ambiente e após 2 horas, foram obtidas as absorbâncias a 740nm. O padrão utilizado foi o ácido gálico e os resultados foram expressos em  $\mu\text{g EAG mL}^{-1}$  (equivalentes de ácido gálico).

#### 4.2.2.2 Flavonoides totais

Para a determinação dos flavonoides totais (FT) foi seguida a metodologia de Singh, Ratan e Rathore (2018). Foram adicionados 500  $\mu\text{L}$  de amostra em tubos de ensaio, junto a 4,3 mL de etanol 80%, 100  $\mu\text{L}$  de nitrato de alumínio 10% e 100  $\mu\text{L}$  de acetato de potássio 1M. A absorbância do extrato foi medida após 40 minutos de reação em comprimento de onda de 415 nm em espectrofotômetro (UV-Vis Bel Photonics, 2000 Piracicaba, Brasil) e expressa em  $\mu\text{g}$  de quercetina  $\text{mL}^{-1}$ .

#### 4.2.2.3 Atividade antioxidante

A determinação da atividade antioxidante foi analisada pelo método DPPH (1,1-difenil-2-picril-hidrazila), FRAP e ABTS. O método DPPH leva em consideração a capacidade dos compostos fenólicos de sequestrar o radical DPPH que é inserido na solução. A metodologia seguida foi a de Brand-Williams *et al.* (1995). Para avaliação da atividade antioxidante os extratos foram reagidos com o radical estável DPPH em uma solução de etanol. A mistura de reação foi constituída da adição de 0,5  $\mu\text{L}$  de extrato, 2,8  $\mu\text{L}$  de etanol absoluto e 500  $\mu\text{L}$  da solução do radical DPPH 0,3 mM em etanol. Em seguida, esta mistura foi homogeneizada em vortex e colocada em repouso por 30 minutos sob abrigo de luminosidade. O mesmo procedimento também foi feito com um branco, em que no lugar da amostra foi adicionado 500  $\mu\text{L}$  de etanol. O antioxidante sintético Trolox foi utilizado para construção da curva padrão. As leituras foram realizadas em espectrofotômetro a 517 nm. Os resultados foram expressos em  $\mu\text{M TE mL}^{-1}$ .

O método de redução de ferro (*Ferric Reducing Antioxidant Power* - FRAP) pela metodologia adaptada de Rufino *et al.* (2006), baseia-se na capacidade do antioxidante reduzir o  $\text{Fe}^{+3}$  em  $\text{Fe}^{+2}$ , na presença de 2,4,6-tri(2-piridil)-1,3,5-triazina (TPTZ) e em condições ácidas, formando um complexo de coloração azul intensa com o  $\text{Fe}^{+2}$ . Essa análise foi realizada em ambiente escuro, sendo transferida uma alíquota de 90  $\mu\text{L}$  de extrato e 270  $\mu\text{L}$  de reagente FRAP. Após homogeneização, as amostras foram mantidas em banho-maria à 37°C por 30 minutos. Após esse período, foram realizadas as leituras das absorbâncias em espectrofotômetro a 595 nm. Este procedimento também foi realizado com branco, em que se utilizou 90  $\mu\text{L}$  de água destilada ao invés de amostra. Os resultados da atividade antioxidante foram expressos em  $[\text{mM Fe}^{+2} (\text{g MS})^{-1}]$  em função da obtenção da equação da reta gerada pela curva padrão utilizando uma solução padrão de sulfato ferroso 2 mM. As amostras foram avaliadas em triplicata.

Já para o método ABTS (ácido 2,2'-azinobis 3-etil benzeno tiazolidina 6-sulfônico) utiliza-se o trolox como padrão antioxidante. Foram colocados em tubo de ensaio 30  $\mu\text{L}$  de amostra e 3,0 mL da solução do radical ABTS corrigida e homogeneizada em vortex. Após repouso de 6 minutos sob abrigo de luz foi realizada a leitura com comprimento de onda de 734 nm com resultados expressos em mM TEAC  $\text{mL}^{-1}$  amostra (TEAC: capacidade antioxidante equivalente a Trolox). O mesmo procedimento também foi realizado com branco, ao adicionar 30  $\mu\text{L}$  de etanol no lugar da amostra (RE *et al.*, 1999).

#### 4.2.3 Análise estatística

As análises estatísticas foram realizadas utilizando o programa computacional SAS System for Windows versão 9.4. Os dados foram submetidos à análise de variância ( $p \leq 0,05$ ). Em caso de significância estatística, foram comparadas as diferentes cervejas pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ). Os dados também foram submetidos à análise de correlação de Pearson ( $p \leq 0,05$ ).

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 Compostos fenólicos totais (CFT)

Esperava-se que as cervejas de pomelo, maracujá, morango e uva obtivessem as maiores quantidade de compostos fenólicos, devido à presença de altos teores destes compostos nestas frutas (RODRIGUES; GUIMARÃES; BOGO, 2018). As frutas pomelo e maracujá são fontes de ácidos hidroxicinâmicos, enquanto o morango e a uva são fontes de ácidos hidroxibenzóicos.

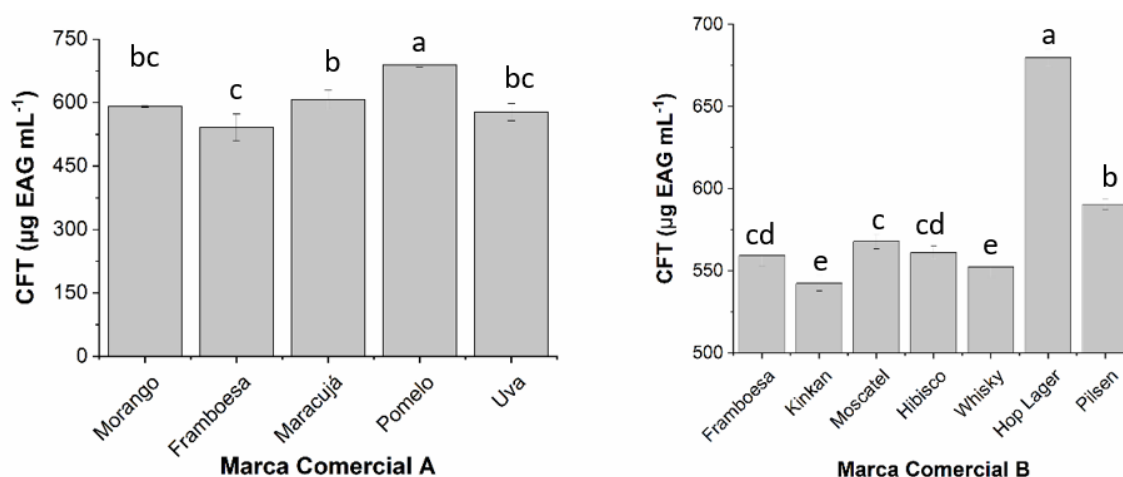
Pela Figura 5 observa-se que as cervejas da marca A obtiveram bons resultados para compostos fenólicos totais (CFT). A variação para as *fruit beer* foi entre a faixa de 541,19  $\mu\text{g EAG mL}^{-1}$  (para o sabor framboesa) a 689,33  $\mu\text{g EAG mL}^{-1}$  (para o sabor pomelo), fazendo com que todos estejam dentro da faixa compilada e observada por Silva, Dias e Koblitz (2021). A cerveja de pomelo possui a maior quantidade destes compostos. Sendo seguida pela *fruit beer* de maracujá com 606,74  $\mu\text{g EAG mL}^{-1}$ , que não apresentou diferença estatística das cervejas de morango e uva, 591,00 e 577,67  $\mu\text{g EAG mL}^{-1}$ , respectivamente, que são cervejas que também foram adicionadas de frutas fontes destes compostos. Mas as cervejas de morango e uva (Apêndice A) também se mostraram estatisticamente iguais à cerveja de framboesa, que obteve a menor quantidade de compostos fenólicos (SOUZA *et al.*, 2013).

Já para a marca B, esperava-se que as cervejas estilo *sour* tivessem uma maior quantidade de compostos fenólicos em relação às cervejas de estilo tradicional (Tabela 2). As cervejas, naturalmente, possuem compostos fenólicos em sua composição devido ao malte e lúpulo serem fontes deste composto (FREITAS, 2006; PIAZZON *et al.*, 2010; HABSCHIED *et al.*, 2020; MARTINEZ-GOMEZ *et al.*, 2020). Entretanto, como as cervejas estilo *sour* passaram pela adição de frutas, esperava-se que estes ingredientes agregassem uma maior quantidade de compostos fenólicos totais ao produto final, o que não pôde ser comprovado por meio das análises realizadas.

Possivelmente isso não ocorreu, devido a redução da quantidade de lúpulo adicionado as cervejas *sour*. Uma das características diferenciais das cervejas com adição de frutas é um sabor menos amargo, muito dele é agregado

pelo lúpulo. Mas este ingrediente junto ao malte é responsável pelos compostos bioativos presentes na cerveja. Portanto, ao reduzir a quantidade adicionada, para se reduzir o amargor, é possível que os compostos que foram agregados com a adição de frutas não foram suficientes para suprir esta falta.

**Figura 5 - Quantificação dos compostos fenólicos totais (CFT em  $\mu\text{g EAG mL}^{-1}$ ) em cervejas comerciais de cinco tipos de *fruit beer* marca A (A) e sete formulações de cervejas Marca B (*sour*, *pilsen* e *hop lager*)**



Legenda: Letras minúsculas iguais, no gráfico da mesma marca, representam igualdade estatística, enquanto letras minúsculas diferentes, no gráfico da mesma marca, representam diferença significativa pelo Teste de Tukey ( $p \leq 0.05$ ) entre os tipos de cerveja.

Fonte: Autoria própria (2023).

## 5.2 Potencial antioxidante

A capacidade antioxidante está diretamente relacionada aos compostos fenólicos, visto que estes compostos conseguem atuar de forma multifuncional no organismo, um exemplo é a ação antioxidante, combatendo radicais livres (SUCUPIRA *et al.*, 2012; SOUZA *et al.*, 2013). As frutas cítricas e semi cítricas são conhecidas pelo seu teor de vitamina C (ácido ascórbico), que auxilia na atividade antioxidante (NUNES; NOVELLO, 2020).

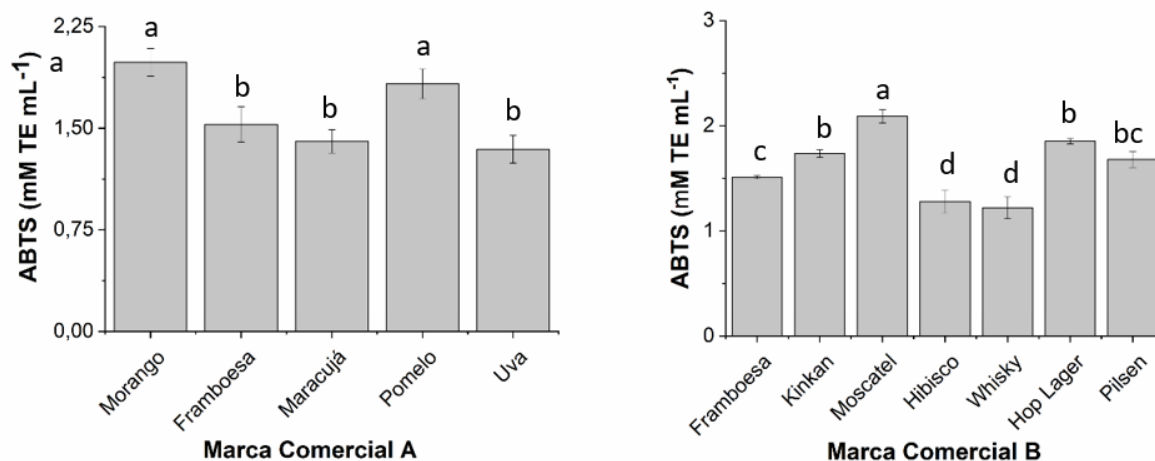
### 5.2.1 Método ABTS

Pelo método ABTS (Figura 6), foi possível obter resultados para a marca A de acordo com o esperado, tendo em vista que as frutas adicionadas são

fontes de antioxidantes (Tabela 3). Os melhores resultados foram as cervejas de pomelo e morango, 1,827 e 1,985 mM TEAC mL<sup>-1</sup>, respectivamente, que são frutas cítricas e obtiveram resultados estatisticamente iguais (PINELLI, 2009; NUNES; NOVELLO, 2020). Enquanto, as cervejas de framboesa (1,527 mM TEAC mL<sup>-1</sup>), maracujá (1,402 mM TEAC mL<sup>-1</sup>) e uva (1,344 mM TEAC mL<sup>-1</sup>) também tiveram seus resultados iguais pela estatística e dentro do esperado (RODRIGUES; GUIMARÃES; BOGO, 2018; SILVA; DIAS; KOBLITZ, 2021).

Já para a marca B, novamente as cervejas tradicionais obtiveram os melhores resultados, com uma grande diferença para a cerveja *lager* (1,852 mM TEAC mL<sup>-1</sup>). As cervejas *pilsen* (1,677 mM TEAC mL<sup>-1</sup>) e estilo *sour* tiveram resultados semelhantes aos obtidos para a marca A. As *sours* de framboesa, moscatel e hibisco mostraram-se iguais estatisticamente, o que era esperado, por ambas as frutas serem fontes de ácido ascórbico, bem como a flor de hibisco (Tabela 4). Contudo, esperava-se que a cerveja de kinkan também obtivesse bons resultados, por ser uma fruta cítrica, mas obteve resultados iguais a cerveja de sabor whisky, 1,735 e 1,219 mM TEAC mL<sup>-1</sup>, respectivamente. Esse baixo desempenho de capacidade antioxidante das cervejas de estilo *sour* pode ter sido causado pela qualidade, forma (*in natura*, suco, processada termicamente, extrato) e momento de adição das frutas no processamento cervejeiro da marca B, não pode-se afirmar ao certo, apenas supor as possíveis causas, tendo em vista que a Marca B não respondeu o contato (SILVA; WIEST; CARVALHO, 2016).

Figura 6 - Potencial antioxidante determinado pelo método ABTS ( $\text{mM TE mL}^{-1}$ ) em cervejas comerciais de cinco tipos de *fruit beer* marca A (A) e sete formulações de cervejas Marca B (*sour*, *pilsen* e *hop lager*)



Legenda: Letras minúsculas iguais, no gráfico da mesma marca, representam igualdade estatística, enquanto letras minúsculas diferentes, no gráfico da mesma marca, representam diferença significativa pelo Teste de Tukey ( $p \leq 0.05$ ) entre os tipos de cerveja.

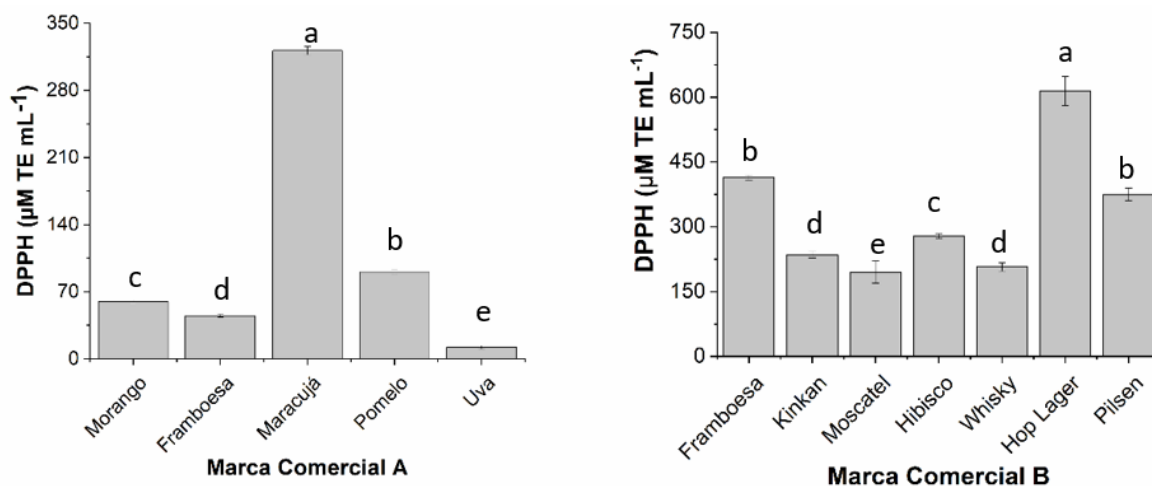
Fonte: Autoria própria (2023).

### 5.2.2 Método DPPH

A análise de capacidade antioxidante pelo método DPPH, explicitou mais uma vez os resultados satisfatórios obtidos pela *fruit beer* de maracujá, que para a marca A, foi a única cerveja a apresentar maior capacidade antioxidante com  $321,471 \mu\text{M TE mL}^{-1}$  (Figura 7). Seguida pelas cervejas de sabor pomelo e morango, respectivamente, condizente com o nível de acidez de cada fruta. E por fim, as cervejas de framboesa e uva (Tabela 5) que obtiveram os menores potenciais antioxidantes, muito menores do o esperado, o que pode estar ligado a qualidade da matéria-prima utilizada (PIAZZON *et al.*; 2010; FONSECA, 2020).

A cerveja *lager* da marca B continuou o seu padrão de altos resultados para as análises, inclusive nesta com o método DPPH com  $614,12 \mu\text{M TE mL}^{-1}$ . Porém, esta foi a primeira análise em que uma das cervejas *sour* da marca se equiparou, que foi o caso da cerveja de framboesa que obteve resultados iguais de forma estatística a cerveja *pilsen*,  $414,12$  e  $374,90 \mu\text{M TE mL}^{-1}$ , respectivamente. Neste método também foi possível notar que a cerveja sabor moscatel deixou de ser a *sour* com maior potencial antioxidante, pelo método anterior, e passou a possuir o menor potencial (Figura 6, Figura 7, Tabela 6).

**Figura 7 - Potencial antioxidante determinado pelo método DPPH ( $\mu\text{M TE mL}^{-1}$ ) em cervejas comerciais de cinco tipos de *fruit beer* marca A (A) e sete formulações de cervejas Marca B (*sour*, *pilsen* e *hop lager*)**



Legenda: Letras minúsculas iguais, no gráfico da mesma marca, representam igualdade estatística, enquanto letras minúsculas diferentes, no gráfico da mesma marca, representam diferença significativa pelo Teste de Tukey ( $p \leq 0.05$ ) entre os tipos de cerveja.

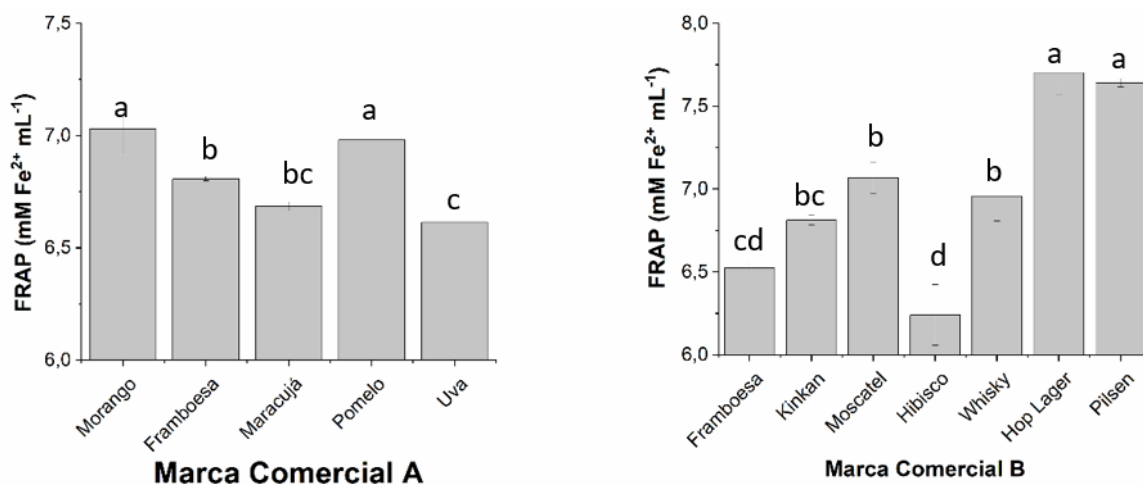
**Fonte: Autoria própria (2023).**

### 5.2.3 Método FRAP

Para o potencial antioxidante determinado pelo método FRAP, a cerveja de pomelo ( $6,980 \text{ mM Fe}^{+2} \text{ mL}^{-1}$ ) e morango ( $7,030 \text{ mM Fe}^{+2} \text{ mL}^{-1}$ ), da marca A, mostraram um maior potencial antioxidante, assim como visto para os compostos fenólicos. Seguido pelos sabores de framboesa ( $6,807 \text{ mM Fe}^{+2} \text{ mL}^{-1}$ ) e maracujá ( $6,685 \text{ mM Fe}^{+2} \text{ mL}^{-1}$ ), que não diferiram estatisticamente entre si, e sabor uva ( $6,613 \text{ mM Fe}^{+2} \text{ mL}^{-1}$ ) que foi igual ao maracujá.

Já para a marca B, as cervejas artesanais mostraram-se com maiores capacidade antioxidantes. As cervejas *sour* (marca B) com maior potencial antioxidante foram as de sabor kinkan, moscatel e whisky,  $6,813$ ,  $7,068$  e  $6,957 \text{ mM Fe}^{+2} \text{ mL}^{-1}$ , respectivamente, mostrando resultados mais similares aos obtidos pelo método ABTS (Figura 6, Figura 8 e Tabela 8).

Figura 8 - Potencial antioxidante determinado pelo método FRAP ( $\text{mM Fe}^{2+} \text{ mL}^{-1}$ ) em cervejas comerciais de cinco tipos de *fruit beer* marca A (A) e sete formulações de cervejas Marca B (*sour*, *pilsen* e *hop lager*)



Legenda: Letras minúsculas iguais, no gráfico da mesma marca, representam igualdade estatística, enquanto letras minúsculas diferentes, no gráfico da mesma marca, representam diferença significativa pelo Teste de Tukey ( $p \leq 0.05$ ) entre os tipos de cerveja.

Fonte: Autoria própria (2023).

### 5.3 Flavonoides totais (FT)

Os resultados obtidos para a quantificação de flavonoides totais mostraram uma diferença mais explícita entre as amostras (Figura 9). Para a marca A, a cerveja de framboesa, que possui dois tipos de antocianina, obteve o melhor resultado com  $12,19 \mu\text{g}$  quercetina  $\text{mL}^{-1}$ , cerca de quatro vezes maior do que os outros sabores.

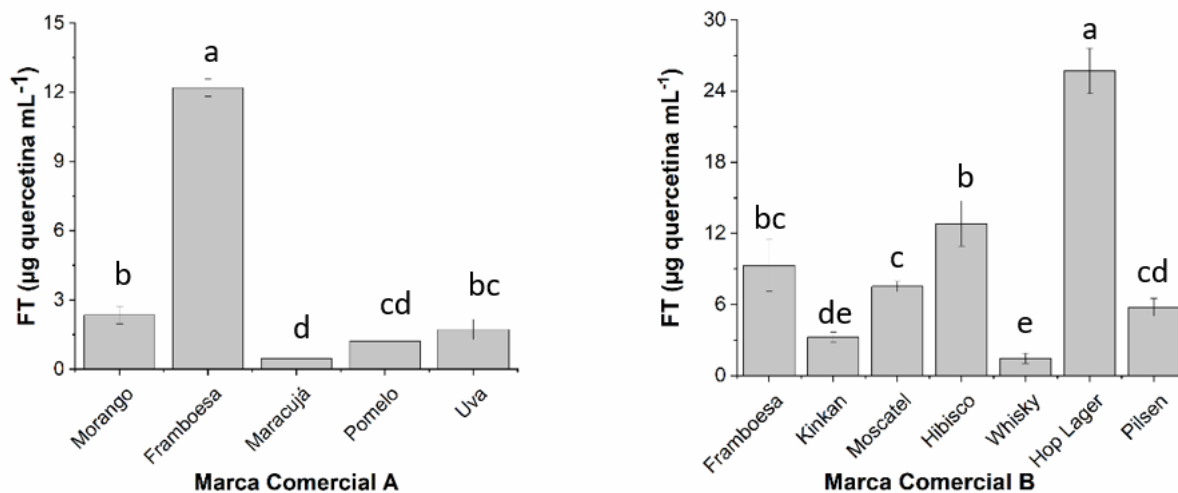
O restante dos resultados das *fruit beers* da marca A (Tabela 9) foram bem inferiores, o que não era esperado, porque o morango é fonte de antocianina, o maracujá é fonte de flavonol, a uva é fonte de antocianina e flavona, e principalmente o pomelo que é fonte de dois tipos de flavonas e uma antocianina (SOUZA *et al.*, 2013).

Essas diferenças inesperadas podem ter sido causadas por alguns fatores como matéria-prima, manejo, processamento e armazenamento das frutas desde o período do plantio até o momento da adição do processamento cervejeiro. A qualidade da matéria-prima é fundamental principalmente pela adição da mesma ter sido realizada na forma de suco, como foi o caso para a marca A, mas também a questão da maturidade da fruta utilizada.

A maior diferença neste método para a marca B foi a diferença entre os resultados das cervejas *pilsen* ( $5,758 \mu\text{g}$  quercetina  $\text{mL}^{-1}$ ) e *lager* ( $25,70 \mu\text{g}$  de quercetina  $\text{mL}^{-1}$ ), que até então seguiam um padrão de apresentarem os melhores resultados.

Como não se teve acesso à informação de processamento para a marca B, não é possível discutir mais a fundo as possibilidades que possam ter afetado seus resultados. Mas vale ressaltar que caso a fruta tenha passado por algum processo, por exemplo, o processo para obtenção do seu extrato, pode ser que tenha ocorrido perdas desses compostos. Outro ponto de influência é o momento de adição da fruta na cerveja, que pode ser realizada na fermentação ou na maturação e também a possível redução na quantidade de lúpulo adicionado, para se reduzir o amargor, mas afetando o desempenho das cervejas com adição de frutas que não é capaz de suprir esta diferença (SILVA; DIAS; KOBLITZ, 2021).

**Figura 9 - Quantificação dos flavonoides totais (FT  $\mu\text{g}$  quercetina  $\text{mL}^{-1}$ ) em cervejas comerciais de cinco tipos de *fruit beer* marca A (A) e sete formulações de cervejas Marca B (*sour*, *pilsen* e *hop lager*)**



Legenda: Letras minúsculas iguais, no gráfico da mesma marca, representam igualdade estatística, enquanto letras minúsculas diferentes, no gráfico da mesma marca, representam diferença significativa pelo Teste de Tukey ( $p \leq 0.05$ ) entre os tipos de cerveja.

Fonte: Autoria própria (2023).

#### 5.4 Correlação de Pearson entre os métodos

Ainda foi possível realizar uma correlação de Pearson, considerando correlações de maior importância no estudo aquelas com correlação maior que 75%. Para a marca A, todas as correlações foram significativas, ou seja, menores que 0,05 de significância. A correlação entre os métodos FRAP e ABTS foi de 91,78%, considerada alta, o que foi possível observar nos gráficos apresentados nas figuras 8 e 6. Ambos os métodos analisaram a capacidade antioxidante e tiveram menos discrepâncias entre as amostras, do que o observado se comparado ao método DPPH. Essa diferença dos métodos também foi explicitada na forma de porcentagens negativas de correlação.

As porcentagens negativas de correlação simbolizam que os métodos são inversamente proporcionais. Além da correlação FRAP e ABTS, apenas a correlação dos métodos FRAP e FT não se apresentaram negativas.

Já para a marca B, houve uma maior quantidade de correlações não significativas, ou seja, com significância maior que 0,05. A única correlação dos métodos para a marca B, que atendeu tanto a significância quanto aos 75% de importância, foi a correlação entre CFT e FT, não estabelecendo uma correlação de significância entre os métodos para quantificação do potencial antioxidante.

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Deste modo, é possível afirmar que as cervejas da marca A tiveram seus resultados mais próximos ao esperado. Com ênfase para a *fruit beer* sabor pomelo que obteve melhores resultados quanto a quantidade de compostos fenólicos e a capacidade antioxidante. Enquanto a cerveja de uva apresentou os menores resultados para as análises.

Já para a marca B, foi possível obter os melhores resultados dentre as cervejas de estilo *sour* para os sabores moscatel, hibisco e framboesa. Contudo, as cervejas adicionadas de frutas não apresentaram resultados maiores do que as cervejas tradicionais. Esperava-se que as *fruit beers* e cervejas estilo *sour* apresentassem valores maiores do que as cervejas *pilsen* e *lager* nas análises, por ter a adição das frutas e elas contribuírem para esta elevação.

Por não saber ao certo o processo cervejeiro da marca B pode-se apenas cogitar possíveis causas para estes resultados. A principal é a matéria-prima utilizada, sua qualidade, a forma (*in natura*, suco, extrato ou polpa) e o processamento que passa para ser adicionada, e o momento de adição no processamento cervejeiro. Outro ponto que pode influenciar é a possível diminuição do teor de lúpulo adicionado, que pode ter sido reduzido para diminuir o amargor do produto, mas acabou influenciando na quantidade de compostos bioativos finais, fazendo com que a adição de frutas não fosse suficiente para suprir esta falta.

Com a conclusão deste trabalho, é possível pensar em alguns temas para desenvolvimento em outros projetos, como realização de análises para o mesmo sabor de cerveja adicionada de fruta, mas de marcas diferentes; o desenvolvimento de uma *fruit beer* e posterior comparação do teor de compostos com cervejas já comercializadas.

## REFERÊNCIAS

- ACOSTA-ESTRADA, B. A. *et al.* Effects of solid-state fungi fermentation on phenolic content, antioxidant properties and fiber composition of lime cooked maize by-product (nejayote). **Journal of Cereal Science**, v. 90, 2019. Disponível em: Effects of solid-state fungi fermentation on phenolic content, antioxidant properties and fiber composition of lime cooked maize by-product (nejayote) - ScienceDirect. Acesso em: 25 de maio de 2022.
- ALEXANDRE, D.; CUNHA, R. L.; HUBINGER, M. D. Conservação do açaí pela tecnologia de obstáculos. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, 24(1), 114-119. Disponível em: 1033p114-119.PMD (scielo.br). Acesso em: 12 de maio de 2022.
- AQUARONE, E. **Biotecnologia industrial: biotecnologia na produção de alimentos**. São Paulo: Editora Blucher, 2001. *E-book*. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788521215202/>. Acesso em: 02 de abril de 2022.
- ARAUJO, B.P. **Avaliação do crescimento de diferentes linhagens de *Saccharomyces spp.* avaliando sua capacidade de consumo de maltose e matotriose e seus respectivos potenciais de floculação mediante diferentes concentrações de calcio e variações de temperatura**. 2016. Dissertação (Mestre em Biotecnologia Industrial) - Universidade Positivo, Curitiba, 2016. Disponível em: <https://repositorio.cruzeirosul.edu.br/handle/123456789/2613>. Acesso em: 27 de abril de 2023.
- AUGUSTI, P. R. *et al.* Compostos bioativos e atividade antioxidante de genótipos de açaí (*Euterpe oleracea*). **XXV Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia de Alimentos**, 2016. Disponível em: 94.pdf (embrapa.br). Acesso em: 12 de maio de 2022.
- BARBOSA, P. J. S. **Cerveja artesanal com uso de frutas**. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso - Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2019. Disponível em: <https://repositorio.ufpb.br/jspui/handle/123456789/16019>. Acesso em: 11 de abril de 2022.
- BONFIM, M. P. *et al.* Caracterização dos compostos bioativos em frutas e hortaliças adquiridas no comércio de Padova - Itália. **Revista Iberoamericana de Tecnologia Postcosecha**, v. 18, n. 2, 2017. Disponível em: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=81353563003>. Acesso em: 12 de maio de 2022.
- BRAND-WILLIAMS, W.; CUVELIER, M. E.; BERSET, C. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. **LWT - Food Science and Technology**, v. 28, n. 1, p. 25–30, 1995. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity - ScienceDirect (doi.org). Disponível em: Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity - ScienceDirect. Acesso em: 02 de maio de 2022.

BRASIL. **Decreto nº 6.871, de 4 de junho de 2009**. Regulamenta a Lei nº 8.918, de 14 de julho de 1994. Dispõe sobre a padronização, a classificação, o registro, a inspeção, a produção e a fiscalização de bebidas. 2009. Subchefia para Assuntos Jurídicos da Presidência da República Casa Civil: 04 de junho de 2009. Disponível em: Decreto nº 6871 (planalto.gov.br). Acesso em: 14 de maio de 2022.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria nº 2.914, de 12 de dezembro de 2011**. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Gabinete do Ministro: n. 2914, 12 de dezembro de 2011. Disponível em: Ministério da Saúde (saude.gov.br). Acesso em: 12 de maio de 2022.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa nº 65, de 10 de dezembro de 2019**. Dispõe sobre os padrões de identidade e qualidade para os produtos de cervejaria. 2019. **Diário Oficial da União**: seção 1, Goiás, GO, n. 65, p. 31, 10 de dezembro de 2019. Disponível em: [INSTRUÇÃO NORMATIVA Nº 65, DE 10 DE DEZEMBRO DE 2019 - INSTRUÇÃO NORMATIVA Nº 65, DE 10 DE DEZEMBRO DE 2019 - DOU - Imprensa Nacional](#). Acesso em: 12 de maio de 2022.

BRITO, G. O. **Microencapsulação de compostos bioativos extraídos de cajá ( *Spondias mombin* L.)**. Monografia de Conclusão de Curso (Bacharel em Farmácia) - Universidade de Brasília, Brasília, 2019. Disponível em: 2019\_GiovannaOliveiraDeBrito\_tcc.pdf (unb.br). Acesso em: 12 de maio de 2022.

BRUNELLI, L. T. **Produção de cerveja com mel**: características físico-químicas, energética e sensorial. 2012. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Botucatu, 2012. Disponível em: Produção de cerveja com mel: características físico-químicas, energética e sensorial (handle.net). Acesso em: 02 de abril de 2022.

CAETANO, A. C. G.; MADALENO, L. L. Controle de contaminantes bacterianos na fermentação alcoólica com a aplicação de biocidas naturais. **Ciência e Tecnologia**, Jaboticabal, v. 2, n. 1, p. 27-37, 2011. Disponível em: Vista do Controle de contaminantes bacterianos na fermentação alcoólica com a aplicação de biocidas naturais. Disponível em: (fatecjaboticabal.edu.br). Acesso em: 14 de abril de 2022.

CARDOSO, M. P. S. *et al.* Development of two sour beer basic formulations using *kefir* and *kombucha* for fermentation. **Brazilian Journal Development**, Curitiba, v. 7, n. 1, p. 5616-5628, 2021. 10.34117/bjdv7n1-382. Disponível em: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/23212/18643>. Acesso em: 27 de abril de 2023.

CARVALHO, L. G. **Produção de cerveja**. Rio de Janeiro: Serviço Brasileiro de Respostas Técnicas, 2007. Disponível em: <http://www.sbrt.ibict.br/dossietecnico/downloadsDT/NTc=>. Acesso em: 10 de abril de 2022.

COSTA, P. A. S. O. **Influência de parâmetros de processo na produção de cerveja de trigo**. 2021. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2021. Disponível em: DISSERTAÇÃO Pedro Augusto Souto Ourem Costa.pdf (ufpe.br). Acesso em: 25 de maio de 2022.

COZZOLINO, S. M. F. **Biodisponibilidade de nutrientes**. Manole, Barueri, 2012.

DAMODARAN, S.; PARKIN, K. L.; FENNEMA O. R. **Química de alimentos de Fennema**. Artmed, Porto Alegre, 2010.

DINIZ, A. B.; OLIVEIRA, D. R. Composição química da laranja kinkan e de frutas cítricas. **Demetra**, v. 10, n. 4, p. 835-844. 2015. <https://doi.org/10.12957/demetra.2015.16726>. Disponível em: <https://www.e-publicacoes.uerj.br/index.php/demetra/article/view/16726>. Acesso em: 07 de novembro de 2022.

DONADINI, G.; PORRETTA, S. Uncovering patterns of consumers' interest for beer: A case study with craft beers. **Food Research International**, v. 91, p. 183–198, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2016.11.043>. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2016.11.043>. Acesso em: 11 de abril de 2022.

EMBRAPA. **Alimentos funcionais: conceitos básicos**. 1ª ed. Pelotas: 2010. Disponível em: \\10.162.110.34\g\DESIGN\DOCUME (embrapa.br). Acesso em: 13 de abril de 2022.

EMBRAPA. **Embrapa uva e vinho: novas cultivares brasileiras de uva**. 1ª ed. Bento Gonçalves: 2010. Disponível em: LivroPatriciaFinal1.pdf (embrapa.br). Acesso em: 25 de maio de 2022.

EMBRAPA. **Pequenas frutas: tecnologia de produção**. Informe Agropecuário: Belo Horizonte, v. 33, n. 268, p. 84-88, 2012. Disponível em: MarciaVizzotop8488.pdf (embrapa.br). Acesso em: 13 de abril de 2022.

FERREIRA, D. M. **Produção de cervejas sem glúten: uma revisão**. 2021. Trabalho de Conclusão de Curso (Tecnólogo em Alimentos) - Instituto Federal Goiano, Morrinhos, 2021. Disponível em: TCC\_Dhiulienne Martins Ferreira.pdf (ifgoiano.edu.br). Acesso em: 25 de maio de 2022.

FONSECA, K. T. **Cerveja artesanal adicionada de hibisco (*Hibiscus sabdariffa* L.)**: Determinação da atividade antioxidante e compostos fenólicos. 2020. Dissertação (Mestrado em Nutrição) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2020. Disponível em: <https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/37852>. Acesso em: 15 de junho de 2023.

FRANKE, A. A. *et al.* Vitamin C and Àavonoid levels of fruits and vegetables consumed in Hawaii. **Journal of Food Composition and Analysis**, Orlando, v.

17, n. 1, p. 1-35, 2004. Disponível em: Vitamin C and flavonoid levels of fruits and vegetables consumed in Hawaii (fao.org). Acesso em: 12 de maio de 2022.

FREIRE, B. R. **Produção de cerveja artesanal com frutas exóticas e avaliação da imobilização de leveduras em micropartículas magnetopoliméricas no processo de fermentação alcoólica**. 2018. Dissertação (Mestrado em Ciências e Tecnologias em Saúde) - Universidade de Brasília, Brasília, 2018. Disponível em: <https://repositorio.unb.br/handle/10482/32605>. Acesso em: 10 de abril de 2022.

FREITAS, G.L. **Potencial antioxidante e compostos fenólicos na cerveja, chopp, cevada (*Hordeum vulgare L.*) e no bagaço de brassagem**. 2006. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. Disponível em: <http://repositorio.ufsc.br/xmlui/handle/123456789/88407>. Acesso em: 16 de junho de 2023.

GAZZOLA, R.; GRÜNDLING, R. D. P.; ARAGÃO, A. A. Produção e mercado internacional de manga. **Revista Brasileira de Agrotecnologia**, v. 10, n. 3, p. 81-87, 2020. DOI: 10.18378/REBAGRO.V10I3.8566. Disponível em: MANGA-2020.pdf (embrapa.br). Acesso em: 25 de maio de 2022.

GODOY, H. T.; RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. Carotenoid composition of commercial mangoes from Brazil. **Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie**, London, v. 22, n. 3, p. 100-103, 1989. Disponível em: Carotenoid composition of commercial mangoes from Brazil (fao.org). Acesso em: 12 de maio de 2022.

HABIBI, F.; RAMEZANIAN, A. Vacuum in filtration of putrescine enhances bioactive compounds and maintains quality of blood orange during cold storage. **Food Chemistry**, v. 227, p. 1-8, 2017. 10.1016/j.foodchem.2017.01.057. Disponível em: Vacuum infiltration of putrescine enhances bioactive compounds and maintains quality of blood orange during cold storage - PubMed (nih.gov). Acesso em: 02 de abril de 2022.

HABSCHIED, K.; LONCARIC, A.; MASTANJEVIC, K. (2020). Screening of Polyphenols and Antioxidative Activity in Industrial Beers. **Foods**, 9(2), 238.

HAJIMAHMOODI, M. *et al.* Total antioxidant activity, and hesperidin, diosmin, eriocitrin and quercetin contents of various lemon juices. **Tropical Journal of Pharmaceutical Research**, v. 13, n. 6, p. 951-956, 2014. 10.4314/tjpr.v13i6.18 (doi.org). Disponível em: Total Antioxidant Activity, and Hesperidin, Diosmin, Eriocitrin and Quercetin Contents of Various Lemon Juices | Tropical Journal of Pharmaceutical Research (ajol.info). Acesso em: 12 de maio de 2022.

HALABI, A. F. **Efeito do extrato de própolis sobre a composição e a qualidade do destilado alcoólico**. 2010. Dissertação (Mestrado em Microbiologia Agropecuária) - Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Jaboticabal, 2010. Disponível em: Microsoft Word - tese pdf.doc (unesp.br). Acesso em: 14 de abril de 2022.

IATTICI, F.; CATALLO, M.; SOLIERI, L. Designing new yeasts for craft brewing: When natural biodiversity meets biotechnology. **Beverage**, 6, 3, 2020. <https://doi.org/10.3390/beverages6010003>. Disponível em: Designing New Yeasts for Craft Brewing: When Natural Biodiversity Meets Biotechnology[v1] | Preprints. Acesso em: 11 de abril de 2022.

KIM, Y.; BRECHT, J. K.; TALCOTT, S. T. Antioxidant phytochemical and fruit quality changes in mango (*Mangifera indica* L.) following hot water immersion and controlled atmosphere storage. **Food Chemistry**, Davis, v.105, n. 4, p. 1327-1334, 2007. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.03.050>. Disponível em: Antioxidant phytochemical and fruit quality changes in mango (*Mangifera indica* L.) following hot water immersion and controlled atmosphere storage - ScienceDirect. Acesso em: 12 de maio de 2022.

KUMARI, S.; SARMAH, N.; HANDIQUE, A. K. Antioxidant and antimicrobial potential of ripen and unripe juice of citrus limon. **International Journal of Pharmaceutical Science Invention**, v. 3, p. 18-20, 2014. Disponível em: [www.ijpsi.org/Papers/Vol3\(6\)/D0361018020.pdf](http://www.ijpsi.org/Papers/Vol3(6)/D0361018020.pdf). Acesso em: 12 de maio de 2022.

KUNZE, W. **Technology brewing and malting**. Berlin: VLB Berlin, 2007.

LISPECTOR, C. Um Sopro de Vida (Pulsações). Rio de Janeiro: Editora Nova Fronteira. 3ª ed. 1978.

LOURENÇO, J. P. M. **Constituintes bioativos da framboesa (*Rubus idaeus* L.) e os seus efeitos benéficos para a saúde**. 2019. Trabalho (Mestrado em Ciências Farmacêuticas) - Instituto Universitário Egas Moniz, 2019. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10400.26/28302>. Acesso em: 14 de abril de 2022.

MAIA, I. C. **Avaliação de compostos bioativos de bagaço de malte de cervejaria artesanal e a influência da fermentação em estado sólido**. 2020. Dissertação (Mestrado em Ciência de Alimentos) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2020. Disponível em: Ingrid da Costa Maia.pdf (unirio.br). Acesso em: 25 de maio de 2022.

MARTINEZ-GOMEZ, A.; CABALLERO, I.; BLANCO, C. A. (2020). Phenols and Melanoidins as Natural Antioxidants in Beer. Structure, Reactivity and Antioxidant Activity. *Biomolecules*, 10(3), 400.

MATOS, R. A. G. **Cerveja: Panorama do Mercado, Produção Artesanal, e Avaliação de Aceitação e Preferência**. 2011. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Agrônoma) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2011. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/xmlui/bitstream/handle/123456789/25472/ragr250.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 25 de maio de 2022.

MATSUBARA, A. K. *et al.* Desenvolvimento de Cerveja Artesanal de Trigo Adicionada de Gengibre (*Zingiber officinale roscoe*). *In*: OLIVEIRA, A. F.;

STORTO, L. J. **Tópicos em Ciência e Tecnologia de Alimentos**. 1. ed. São Paulo: Blucher, 2016. *E-book*. Disponível em: Chapter Details - Blucher Open Access. Acesso em: 10 de abril de 2022.

MELO, E. A. *et al.* Capacidade antioxidante de frutas. **Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas**, v. 44, n. 2, 2008. Disponível em: 04-049-07.pmd (scielo.br). Acesso em: 02 de maio de 2022.

MELO, E. A.; ARAÚJO, C. R. Mangas de variedades espada, rosa e rommy atkins: compostos bioativos e potencial antioxidante. **Semina Ciências Agrárias**, Londrina, v. 32, n. 4, p. 1451-1459, 2011. Disponível em: <https://www.redalyc.org/pdf/4457/445744110022.pdf>. Acesso em: 12 de maio de 2022.

MELLO, I. C.; BRAGA, G. M. S.; AMARAL, R. Q. G. Laranja kinkan: origem e consumo no Brasil e no mundo. **Encontros Universitários da UFC**, v. 1, 2016. Disponível em: <http://www.repositorio.ufc.br/handle/riufc/42648>. Acesso em: 07 de novembro de 2022.

MORADO, R. **Larousse da cerveja**. 1ªed. São Paulo: Larousse do Brasil, 2009.

MORAES, F. da S. **Cervejas especiais: revisão literária com ênfase nas fruit beers**. 2020. Trabalho Final de Curso (Bacharel em Engenharia Química) – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2020. Disponível em: <https://repositorio.ufpb.br/jspui/handle/123456789/22885>. Acesso em: 26 de junho de 2023.

MOREIRA, A. C. C. G. *et al.* Fitoquímicos bioativos em frutos de genótipos de cajá-umbuzeiras. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v. 23, n. 2, p. 235-241, 2012. Disponível em: MOREIRA (unesp.br). Acesso em: 12 de maio de 2022.

MOSER, C. S. **Compostos bioativos e suas aplicações**. DOI: <https://doi.org/10.4322/mp.978-65-994457-7-4.c5>. Mérida Publishers: Canoas, p. 94-131, 2021. *E-book*. Disponível em: cap5.pdf (meridapublishers.com). Acesso em: 14 de abril de 2022.

NARDINI M.; GARAGUSO I. Characterization of bioactive compounds and antioxidant activity of fruit beers. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 305, 2020. Disponível em: Characterization of bioactive compounds and antioxidant activity of fruit beers - ScienceDirect. Acesso em: 02 de abril de 2022.

NETO, J. R. C. Compostos bioativos e atividade antioxidante de frutos de genótipos de cajá-mangueira. **Agrarian**, Dourados, v. 14, n. 52, p. 154-165, 2021. Disponível em: Vista do Compostos bioativos e atividade antioxidante de frutos de genótipos de cajá-mangueira (ufgd.edu.br). Acesso em: 12 de maio de 2022.

NUNES, G.; NOVELLO, D. Ação antioxidante e propriedades funcionais do morango no organismo humano. **Revista Valore**, v. 5, 2020. Disponível em: [Ação antioxidante e propriedades funcionais do morango no organismo humano | Nunes | Revista Valore \(emnuvens.com.br\)](#). Acesso em: 16 de junho de 2023.

OETTERER, M. *et al.* **Fundamentos de ciência e tecnologia de alimentos**. Barueri: Manole, 2006.

OLIVEIRA, N. A. M. **Leveduras utilizadas no processo de fabricação da cerveja**. 2011. Monografia (Especialização em Microbiologia Ambiental e Industrial) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2011. Disponível em: 195.pdf (ufmg.br). Acesso em: 25 de maio de 2022.

PAYÁ, A. L. *et al.* Produção e caracterização de cerveja artesanal adicionada de aveia (*Avena sativa*). **Revista Engenharia em Ação UniToledo**, Araçatuba, v. 4, n. 2, p. 52-66, 2019. Disponível em: PRODUÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE CERVEJA ARTESANAL ADICIONADA DE AVEIA (*Avena sativa*) | Payá | Revista Engenharia em Ação UniToledo. Acesso em: 25 de maio de 2022.

PIAZZON, A.; FORTE, M.; NARDINI, M. (2010). Characterization of Phenolics Content and Antioxidant Activity of Different Beer Types. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 58(19), 10677–10683.

PIMENTA, L. B. *et al.* A história e o processo da produção da cerveja: uma revisão. 2020. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, Brasília, v. 37, n. 3, 2020. DOI: 10.35977/0104-1096.cct2020.v37.26715. Disponível em: (PDF) A história e o processo da produção da cerveja: uma revisão (researchgate.net). Acesso em: 10 de abril de 2022.

PIMENTEL, C. V. D. M. B.; ELIAS, M.F.; PHILIPPI, S.T. **Alimentos funcionais e compostos bioativos**. Barueri: Editora Manole, 2019.. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9786555761955/>. Acesso em: 25 May 2022.

PINELI, L. de L. de O. Qualidade e potencial antioxidante in vitro de morangos in natura e submetidos a processamentos. 2009. Tese (Doutorado em Ciências da Saúde) - Universidade de Brasília, Brasília, 2009. Disponível em: <https://repositorio.unb.br/handle/10482/4665>. Acesso em: 16 de junho de 2023.

RIEST, F. G.; STEWART, G. G. **Handbook of Brewing**. 2. ed. Boca Raton: Crc Press, 2006.

RE, R. *et al.* Antioxidant activity applying an improved ABTS + radical cation decolorization assay. **Free Radical Bio. Med.** 26, p. 1231–1237, 1999. [https://doi.org/10.1016/S0891-5849\(98\)00315-3](https://doi.org/10.1016/S0891-5849(98)00315-3).

REIS, L. C. R. **Composição físico-química e de compostos bioativos de diferentes espécies de maracujá, estabilidade do suco e aproveitamento da farinha da casca de maracujá laranja**. 2018. Tese (Doutorado em Ciência

e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2018. Disponível em: Composição físico-química e de compostos bioativos de diferentes espécies de maracujá, estabilidade do suco e aproveitamento da farinha da casca de maracujá laranja (ufrgs.br). Acesso em: 13 de abril de 2022.

RIBEIRO, J. C. *et al.* Evaluation of the genotoxic and antigenotoxic effects after acute and subacute treatments with açai pulp (*Euterpe oleracea* Mart.) on mice using the erythrocytes micronucleus test and the comet assay. **Mutation Research/Genetic Toxicology and Environmental Mutagenesis**, 695, p. 22-28. <https://doi.org/10.1016/j.mrgentox.2009.10.009>. Disponível em: Evaluation of the genotoxic and antigenotoxic effects after acute and subacute treatments with açai pulp (*Euterpe oleracea* Mart.) on mice using the erythrocytes micronucleus test and the comet assay - PubMed (nih.gov). Acesso em: 12 de maio de 2022.

RODRIGUES, D. O. B.; GUIMARÃES, R. de C. A.; BOGO, D. Extração de compostos bioativos do flavedo/albedo e da farinha do pomelo submetida a diferentes processamentos. **Multitemas**, Campo Grande, v. 25, n. 61, p. 117-131, set./dez. 2020. <http://dx.doi.org/10.20435/multi.v25i61.1937>. Disponível em: [Vista do Extração de compostos bioativos do flavedo/albedo e da farinha do pomelo submetida a diferentes processamentos \(emnuvens.com.br\)](#). Acesso em: 16 de junho de 2023.

RUFINO M. *et al.* Metodologia científica: Determinação de atividade antioxidante total em frutas pelo método de redução do ferro (FRAP). **Comunicação Técnica online** v. 125, Embrapa, 2006.

SALES, A.; WAUGHON, T. G. M. Influência do processamento no teor de compostos bioativos em frutos de murici e cajá. **Revista Agrarian**, Dourados, v. 6, n. 19, p. 7-15, 2013. Disponível em: Vista do Influência do processamento no teor de compostos bioativos em frutos de murici e cajá (ufgd.edu.br). Acesso em: 12 de maio de 2022.

SALIMBENI, J. F.; MENEGUETTI, M. P. D. R. R. D.; ROLIM, T. F. **Caracterização da água e sua influência sensorial para produção de cerveja artesanal**. 2016. Trabalho (Bacharel em Engenharia Química) - Universidade São Francisco, Campinas, 2016. Disponível em: 2862.pdf (usf.edu.br). Acesso em: 24 de maio de 2022.

SANTA, O. R. D. *et al.* Estudo da adição de pitaya na produção de cerveja. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 6, n. 10, p.80891-80900, 2020. Disponível em: Estudo da adição de pitaya na produção de cerveja / Study of pitaya addition in beer production | Santa | Brazilian Journal of Development (brazilianjournals.com). Acesso em: 02 de abril de 2022.

SANTO, C. E. *et al.* Estudo de conservação sob atmosfera controlada na qualidade da cereja cv. Satin. **Congresso Nacional das Escolas Superiores Agrárias**, 2019. Disponível em: Autores (ubi.pt). Acesso em: 12 de maio de 2022.

SANTOS, J. I. C.; DINHAM, R. P. **O essencial em cervejas e destilados**. São Paulo: Senac, 2006.

SANTOS, M.S.; RIBEIRO, F.M. **Cervejas e refrigerantes**. São Paulo: CETESB, 2005. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br>. Acesso em: 10 de abril de 2022.

SANTOS, C. M. **Caracterização do processo produtivo da cerveja artesanal Praxis**. 2018. Relatório de Estágio (Mestrado em Engenharia de Alimentos) - Escola Superior Agrária, Coimbra, 2018. Disponível em: Celso Santos.pdf (rcaap.pt). Acesso em: 25 de maio de 2022.

SCHIASSI, M. C. E. V. *et al.* Fruits from the Brazilian cerrado region: Physico-chemical characterization, bioactive compounds, antioxidant activities, and sensory evaluation. **Food Chemistry**, v. 245, p. 305-311, 2018. Disponível em: Fruits from the Brazilian Cerrado region: Physico-chemical characterization, bioactive compounds, antioxidant activities, and sensory evaluation - ScienceDirect. Acesso em: 02 de abril de 2022.

SCHORK, M. O. **Elaboração de cerveja artesanal tipo ale com malte de milho e farinha de arroz**. 2015. Trabalho de Conclusão de Curso (Tecnólogo de Alimentos) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, 2015. Disponível em: CM\_COALM\_2015\_1\_01.pdf (utfpr.edu.br). Acesso em: 25 de maio de 2022.

SILVA, A. B. da .; WIEST, J. M.; CARVALHO, H. H. C. Compostos químicos e atividade antioxidante analisados em *Hibiscus rosa-sinensis L.* (mimo-de-vênus) e *Hibiscus syriacus L.* (hibisco-da-síria). **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 19. <https://doi.org/10.1590/1981-6723.7415>. Disponível em: [scielo.br/j/bjft/a/v3xffqgpGCZRFp8rVzLY5LR/?format=pdf&lang=pt](https://scielo.br/j/bjft/a/v3xffqgpGCZRFp8rVzLY5LR/?format=pdf&lang=pt). Acesso em: 16 de junho de 2023.

SILVA, M. G. S. **Atividade antimicrobiana, antioxidante e teor de compostos fenólicos totais de diferentes partes do limão siciliano (*Citrus limon (L) Burn*)**. 2017. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Química Industrial) - Universidade Federal do Maranhão, São Luís, 2017. Disponível em: Untitled (ufma.br). Acesso em: 12 de maio de 2022.

SILVA, L. A. *et al.* Atividade antioxidante do óleo essencial de *Myrcia sylvatica* (G. Mey.) DC. por diferentes métodos de análises antioxidantes (ABTS, DPPH, FRAP,  $\beta$ caroteno/ácido linoleico). **Revista Fitos**, v. 12, n. 2, p. 117-126, 2018. 10.5935/2446-4775.20180011. Disponível em: [https://www.arca.fiocruz.br/bitstream/handle/icict/27866/leomara\\_andrade\\_et\\_al\\_l.pdf?sequence=2&isAllowed=y](https://www.arca.fiocruz.br/bitstream/handle/icict/27866/leomara_andrade_et_al_l.pdf?sequence=2&isAllowed=y). Acesso em: 07 de outubro de 2022.

SILVA, L. L. **Cerveja especial: Catharina sour e fruit beer**. 2021. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Instituto Federal do Espírito Santo, Venda Nova do Imigrante, 2021. Disponível em: [https://repositorio.ifes.edu.br/bitstream/handle/123456789/1071/TCC\\_Cerveja](https://repositorio.ifes.edu.br/bitstream/handle/123456789/1071/TCC_Cerveja)

[Especial Catharina Sour.pdf?sequence=1&isAllowed=y](#). Acesso em: 27 de abril de 2023.

SILVA, R. N. P. da; DIAS, J. F.; KOBLITZ, M. G. B. Cervejas: relação entre estilos; compostos fenólicos e capacidade antioxidante. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 3, e 42210313471, 2021.

<http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v10i3.13471>. Disponível em: [View of Beers: relationship between styles; phenolic compounds and antioxidant capacity \(rsdjournal.org\)](#). Acesso em: 16 de junho de 2023.

SINGH, R.; RATHORE, D. Oxidative stress defence responses of wheat (*Triticum aestivum* L.) and chilli (*Capsicum annum* L.) cultivars grown under textile effluent fertilization. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 123, p. 342–358, 2018. 10.1016/j.plaphy.2017.12.027

SINGLETON, V.L.; ORTHOFER, R.; LAMUELA-RAVENTO, R.M. Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin-Ciocalteu reagent. **Method Enzymol.** v. 299, p. 152–178, 1999.

[https://doi.org/10.1016/S0076-6879\(99\)99017-1](https://doi.org/10.1016/S0076-6879(99)99017-1).

SIQUEIRA, P. B.; BOLINI, H. M. A.; MACEDO, G. A. O. Processo de fabricação da cerveja e seus efeitos na presença de polifenóis. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, 2008. Disponível em: [O processo de fabricação da cerveja e seus efeitos na presença de polifenóis](#) | SIQUEIRA | Alimentos e Nutrição Araraquara (unesp.br). Acesso em: 10 de abril de 2022.

SORBO, A. C. A. C. **Avaliação das propriedades de uma cerveja artesanal tipo Pilsen suplementada com polpa de maracujá**. 2017. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Botucatu, 2017. Disponível em: [Avaliação das propriedades de uma cerveja artesanal tipo pilsen suplementada com polpa de maracujá \(handle.net\)](#). Acesso em: 10 de abril de 2022.

SORBO, A. C. A. C; BROETTO, F. Caracterização dos antioxidantes em cervejas tipo *Pilsen* suplementadas com polpa de maracujá. **Energia na Agricultura**, Botucatu, v.34, n.3, p.441-446, julho-setembro, 2019. Disponível em: [Vista do CARACTERIZAÇÃO DOS ANTIOXIDANTES EM CERVEJAS TIPO PILSEN SUPLEMENTADAS COM POLPA DE MARACUJÁ \(unesp.br\)](#). Acesso em: 15 de junho de 2023.

SOUSA, M. S. F.; VIEIRA, L. M.; LIMA, A. Fenólicos totais e capacidade antioxidante in vitro de resíduos de polpas de frutas tropicais. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 14, n. 3, pp. 202-210, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.4260/BJFT2011140300024>. Acesso em: 02 de maio de 2022.

SOUZA, C. G. M. de *et al.* Composição fenólica e atividade antioxidante de resíduos de frutas. **Programa de Biologia Celular**, Maringá, 2013. Disponível em: [iiccurso2013-ap5.pdf \(uem.br\)](#). Acesso em: 16 de junho de 2023.

SOUZA, C. S. **Nutrientes, compostos bioativos, características biométricas e físico-químicas de pitaia e kinkan coletados em Viçosa, MG.**

2018. Dissertação (Magister Scientiae em Agroecologia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2015. Disponível em: <https://locus.ufv.br/handle/123456789/28305>. Acesso em: 07 de novembro de 2022.

SUCUPIRA, N. R. *et al.* Métodos Para Determinação da Atividade Antioxidante de Frutos. **Cient Ciênc Biol Saúde**, v. 14, n. 4, 2012. Acesso em: 16 de junho de 2023.

TAIZ, L.; ZEIGERT, E. **Fisiologia vegetal**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2004.

TORMA, P. C. M. R. **Valor nutricional, perfil de compostos bioativos e atividade antioxidante de genótipos de açaí (*Euterpe oleracea*)**. 2016. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2016. Disponível em: [Universidade Federal do Rio Grande do Sul \(ufrgs.br\)](http://www.ufrgs.br). Acesso em: 12 de maio de 2022.

VALADARES, G. M.; LANDAU, E. C. Evolução da produção de Manga (*Mangifera indica*, *Anacardiaceae*). In: EMBRAPA. **Dinâmica da Produção Agropecuária e da Paisagem Natural no Brasil nas Últimas Décadas**. 2020. Disponível em: Capítulo 31 ([embrapa.br](http://embrapa.br)). Acesso em: 25 de maio de 2022.

VENTURINI FILHO, W.G.; CEREDA, M.P. Cerveja. In: AQUARONE, E. *et al.* **Biotecnologia na produção de alimentos**. São Paulo: Edgard Blücher, 2001.

VERRUCK S.; PRUDENCIO E. S., SILVEIRA S. M. Compostos bioativos com capacidade antioxidante e antimicrobiana em frutas. **Revista CSBEA**, v. 4, n. 1, 2018. <https://doi.org/10.5965/24473650412018111>. Disponível em: COMPOSTOS BIOATIVOS COM CAPACIDADE ANTIOXIDANTE E ANTIMICROBIANA EM FRUTAS | Revista do Congresso Sul Brasileiro de Engenharia de Alimentos ([udesc.br](http://udesc.br)). Acesso em: 02 de abril de 2022.

VIANA, F. L. E. Indústria de bebidas alcoólicas. **Caderno Setorial ETENE**, n. 216, 2022. Disponível em: [s1dspp01.dmz.bnb:8443/s482-dspace/handle/123456789/1159](https://s1dspp01.dmz.bnb:8443/s482-dspace/handle/123456789/1159). Acesso em: 25 de maio de 2022.

VILLACRECES, S.; BLANCO, C. A.; CABALLERO, I. Developments and characteristics of craft beer production processes. **Food Bioscience**, v. 45, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2021.101495>. Disponível em: Developments and characteristics of craft beer production processes - ScienceDirect. Acesso em: 11 de abril de 2022.

VIZZOTTO, M.; CASTILHO, P. M.; PEREIRA, M.C. Compostos Bioativos e Atividade Antioxidante em Cálices de Hibisco (*Hibiscus sabdariffa* L.). **EMBRAPA**, 2009. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/747014/1/comunicado213.pdf>. Acesso em: 07 de novembro de 2022.

VOGEL, C. **Avaliação da adição de pequenas frutas (*berries*) na produção de cerveja artesanal**: análise físico-química, sensorial, compostos fenólicos e atividade antioxidante. 2017. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia de Alimentos) - Universidade Federal da Fronteira do Sul, Laranjeiras do Sul, 2017. Disponível em: [VOGEL.pdf \(uffs.edu.br\)](#). Acesso em: 15 de junho de 2023.

WEI, Q. Identification of characteristic volatile compounds and prediction of fermentation degree of pomelo wine using partial least squares regression. **Food Science and Technology**, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.112830> Disponível em: Identification of characteristic volatile compounds and prediction of fermentation degree of pomelo wine using partial least squares regression - ScienceDirect. Acesso em: 14 de abril de 2022.

Yamaguchi, K. K. L. *et al.* Amazon açaí: Chemistry and biological activities: A review. **Food Chemistry**, 179, p. 137-151. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.01.055>. Disponível em: Amazon acai: Chemistry and biological activities: A review - ScienceDirect. Acesso em: 12 de maio de 2022.

ZERAIK, M. L. *et al.* Maracujá: um alimento funcional?. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, p. 459-471, 2010. Disponível em: RBF\_20(3)\_25. Janete Yariwake.indd (scielo.br). Acesso em: 14 de abril de 2022.

ZHANG, H. *et al.* Genetic characterization of strains of *Saccharomyces uvarum* from New Zeland wineries. **Food Microbiology**, v. 46, p. 92-99, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2014.07.016>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0740002014001920>. Acesso em: 27 de abril de 2023.

## **APÊNDICE A - Tabelas e figuras dos resultados estatísticos**

**Tabela 1 - Quantificação dos compostos fenólicos totais em cervejas comerciais de cinco tipos de *fruit beer* marca A**

Amostras	CFT ( $\mu\text{g EAG mL}^{-1}$ )
Pomelo	689,33 $\pm$ 4,84 a
Maracujá	606,74 $\pm$ 23,36 b
Morango	591,00 $\pm$ 1,66 bc
Uva	577,67 $\pm$ 20,55 bc
Framboesa	541,19 $\pm$ 32,07 c

Legenda: Letras minúsculas iguais representam igualdade estatística, enquanto letras minúsculas diferentes representam diferença significativa pelo Teste de Tukey ( $p \leq 0.05$ ) entre os tipos de cerveja.

Fonte: Autoria própria (2023).

**Tabela 2 - Quantificação dos compostos fenólicos totais em cervejas comerciais de sete formulações de cervejas Marca B (*sour, pilsen e hop lager*)**

Amostras	CFT ( $\mu\text{g EAG mL}^{-1}$ )
Framboesa	559,33 $\pm$ 6,66 cd
Kinkan	542,29 $\pm$ 4,41 e
Uva Moscatel	567,85 $\pm$ 4,49 c
Hibisco	561,18 $\pm$ 3,90 cd
Whisky	552,29 $\pm$ 6,69 de
<i>Hop Lager</i>	679,70 $\pm$ 5,48 a
<i>Pilsen</i>	590,44 $\pm$ 3,33 b

Legenda: Letras minúsculas iguais representam igualdade estatística, enquanto letras minúsculas diferentes representam diferença significativa pelo Teste de Tukey ( $p \leq 0.05$ ) entre os tipos de cerveja.

Fonte: Autoria própria (2023).

**Tabela 3 - Potencial antioxidante determinado pelo método ABTS em cervejas comerciais de cinco tipos de *fruit beer* marca A**

Amostras	ABTS ( $\text{mM TE mL}^{-1}$ )
Pomelo	1,827 $\pm$ 0,10 a
Maracujá	1,402 $\pm$ 0,08 b
Morango	1,985 $\pm$ 0,10 a
Uva	1,344 $\pm$ 0,10 b
Framboesa	1,527 $\pm$ 0,13 b

Legenda: Letras minúsculas iguais representam igualdade estatística, enquanto letras minúsculas diferentes representam diferença significativa pelo Teste de Tukey ( $p \leq 0.05$ ) entre os tipos de cerveja.

Fonte: Autoria própria (2023).

**Tabela 4 - Potencial antioxidante determinado pelo método ABTS em cervejas comerciais de sete formulações de cervejas Marca B (*sour*, *pilsen* e *hop lager*)**

Amostras	ABTS (mM TE mL <sup>-1</sup> )
Framboesa	1,510 ± 0,01 c
Kinkan	1,735 ± 0,03 b
Uva Moscatel	2,090 ± 0,06 a
Hibisco	1,277 ± 0,01 d
Whisky	1,219 ± 0,10 d
<i>Hop Lager</i>	1,852 ± 0,02 b
<i>Pilsen</i>	1,677 ± 0,07 bc

Legenda: Letras minúsculas iguais representam igualdade estatística, enquanto letras minúsculas diferentes representam diferença significativa pelo Teste de Tukey ( $p \leq 0.05$ ) entre os tipos de cerveja.

**Fonte: A autoria própria (2023).**

**Tabela 5 - Potencial antioxidante determinado pelo método DPPH em cervejas comerciais de cinco tipos de *fruit beer* marca A**

Amostras	DPPH ( $\mu$ M TE mL <sup>-1</sup> )
Pomelo	90,588 ± 2,94 b
Maracujá	321,471 ± 4,41 a
Morango	59,706 ± 1,47 c
Uva	12,157 ± 1,69 e
Framboesa	45,00 ± 1,47 d

Legenda: Letras minúsculas iguais representam igualdade estatística, enquanto letras minúsculas diferentes representam diferença significativa pelo Teste de Tukey ( $p \leq 0.05$ ) entre os tipos de cerveja.

**Fonte: A autoria própria (2023).**

**Tabela 6 - Potencial antioxidante determinado pelo método DPPH em cervejas comerciais de sete formulações de cervejas Marca B (*sour*, *pilsen* e *hop lager*)**

Amostras	DPPH ( $\mu$ M TE mL <sup>-1</sup> )
Framboesa	414,12 ± 5,88 b
Kinkan	235,69 ± 7,40 d
Uva Moscatel	195,50 ± 25,44 e
Hibisco	278,82 ± 5,09 c
Whisky	207,25 ± 9,45 d
<i>Hop Lager</i>	614,12 ± 33,14 a
<i>Pilsen</i>	374,90 ± 14,80 b

Legenda: Letras minúsculas iguais representam igualdade estatística, enquanto letras minúsculas diferentes representam diferença significativa pelo Teste de Tukey ( $p \leq 0.05$ ) entre os tipos de cerveja.

**Fonte: A autoria própria (2023).**

**Tabela 7 - Potencial antioxidante determinado pelo método FRAP em cervejas comerciais de cinco tipos de *fruit beer* marca A**

Amostras	FRAP (mM Fe <sup>2+</sup> mL <sup>-1</sup> )
Pomelo	6,980 ± 0,00 a
Maracujá	6,685 ± 0,01 bc
Morango	7,030 ± 0,115 a
Uva	6,613 ± 0,00 c
Framboesa	6,807 ± 0,01 b

Legenda: Letras minúsculas iguais representam igualdade estatística, enquanto letras minúsculas diferentes representam diferença significativa pelo Teste de Tukey ( $p \leq 0.05$ ) entre os tipos de cerveja.

Fonte: Autoria própria (2023).

**Tabela 8 - Potencial antioxidante determinado pelo método FRAP em cervejas comerciais de sete formulações de cervejas Marca B (*sour, pilsen e hop lager*)**

Amostras	FRAP (mM Fe <sup>2+</sup> mL <sup>-1</sup> )
Framboesa	6,524 ± 0,03 cd
Kinkan	6,813 ± 0,02 bc
Uva Moscatel	7,068 ± 0,09 b
Hibisco	6,241 ± 0,18 d
Whisky	6,957 ± 0,15 b
<i>Hop Lager</i>	7,702 ± 0,13 a
<i>Pilsen</i>	7,641 ± 0,02 a

Legenda: Letras minúsculas iguais representam igualdade estatística, enquanto letras minúsculas diferentes representam diferença significativa pelo Teste de Tukey ( $p \leq 0.05$ ) entre os tipos de cerveja.

Fonte: Autoria própria (2023).

**Tabela 9 - Quantificação dos flavonoides totais em cervejas comerciais de cinco tipos de *fruit beer* marca A**

Amostras	FT ( $\mu\text{g}$ quercetina mL <sup>-1</sup> )
Pomelo	1,212 ± 0,00 cd
Maracujá	0,454 ± 0,00 d
Morango	2,348 ± 0,37 b
Uva	1,717 ± 0,43 bc
Framboesa	12,19 ± 0,37 a

Legenda: Letras minúsculas iguais representam igualdade estatística, enquanto letras minúsculas diferentes representam diferença significativa pelo Teste de Tukey ( $p \leq 0.05$ ) entre os tipos de cerveja.

Fonte: Autoria própria (2023).

**Tabela 10 - Quantificação dos flavonoides totais em cervejas comerciais de cinco tipos de sete formulações de cervejas Marca B (*sour*, *pilsen* e *hop lager*)**

Amostras	FT ( $\mu\text{g}$ quercetina $\text{mL}^{-1}$ )
Framboesa	9,293 $\pm$ 2,18 bc
Kinkan	3,232 $\pm$ 0,43 de
Uva Moscatel	7,525 $\pm$ 0,43 c
Hibisco	12,828 $\pm$ 1,90 b
Whisky	1,465 $\pm$ 0,43 e
<i>Hop Lager</i>	25,70 $\pm$ 1,90 a
<i>Pilsen</i>	5,758 $\pm$ 0,75 cd

Legenda: Letras minúsculas iguais representam igualdade estatística, enquanto letras minúsculas diferentes representam diferença significativa pelo Teste de Tukey ( $p \leq 0.05$ ) entre os tipos de cerveja.

Fonte: Autoria própria (2023).

**Figura 10 – Correlação de Pearson entre os métodos das análises das *fruit beers* da marca A**

Pearson Correlation Coefficients, N = 15 Prob >  r  under H0: Rho=0					
	CFT	ABTS	DPPH	FRAP	FT
CFT	1.00000	0.37891 0.1637	0.21765 0.4358	0.38037 0.1619	-0.60892 0.0160
ABTS	0.37891 0.1637	1.00000	-0.24539 0.3780	0.91788 <.0001	-0.09102 0.7470
DPPH	0.21765 0.4358	-0.24539 0.3780	1.00000	-0.22593 0.4181	-0.38585 0.1555
FRAP	0.38037 0.1619	0.91788 <.0001	-0.22593 0.4181	1.00000	0.01710 0.9518
FT	-0.60892 0.0160	-0.09102 0.7470	-0.38585 0.1555	0.01710 0.9518	1.00000

Fonte: Autoria própria, 2023.

Figura 11 – Correlação de Pearson entre os métodos das análises das cervejas tradicionais e estilo *sour* da marca B

Pearson Correlation Coefficients, N = 21 Prob >  r  under H0: Rho=0					
	CFT	ABTS	DPPH	FRAP	FT
CFT	1.00000	0.36824 0.1005	0.73382 0.0002	0.69937 0.0004	0.86601 <.0001
ABTS	0.36824 0.1005	1.00000	-0.07368 0.7510	0.51876 0.0160	0.25697 0.2608
DPPH	0.73382 0.0002	-0.07368 0.7510	1.00000	0.37673 0.0923	0.70312 0.0004
FRAP	0.69937 0.0004	0.51876 0.0160	0.37673 0.0923	1.00000	0.29653 0.1918
FT	0.86601 <.0001	0.25697 0.2608	0.70312 0.0004	0.29653 0.1918	1.00000

Fonte: Autoria própria, 2023.