UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA DE ENGENHARIA DE LORENA

AMANDA MONTEIRO ELIAS BENTO ROSA

Produção e avaliação de cerveja com baixo teor alcoólico utilizando banana como adjunto do malte

Lorena

2021

AMANDA MONTEIRO ELIAS BENTO ROSA

Produção e avaliação de cerveja com baixo teor alcoólico utilizando banana como adjunto do malte

Tese apresentada a Escola de Engenharia de Lorena da Universidade de São Paulo do Programa de Biotecnologia Industrial na área de concentração de Microbiologia Aplicada.

Orientador: Dr. João Batista de Almeida e Silva

Versão Original

Lorena

2021

AUTORIZO A REPRODUÇÃO E DIVULGAÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTE TRABALHO, POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema Automatizado
da Escola de Engenharia de Lorena,
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

Rosa, Amanda Monteiro Elias Bento
Produção e avaliação de cerveja com baixo teor alcoólico utilizando banana como adjunto do malte / Amanda Monteiro Elias Bento Rosa; orientador João Batista de Almeida e Silva - Versão Original. - Lorena, 2021.
90 p.

Tese (Doutorado em Ciências - Programa de Pós Graduação em Biotecnologia Industrial na Área de Microbiologia Aplicada) - Escola de Engenharia de Lorena da Universidade de São Paulo. 2021

1. Cerveja. 2. Cerveja de banana . 3. Adjuntos. 4. Baixo teor alcoólico. I. Título. II. Almeida e Silva, João Batista de, orient.

RESUMO

ROSA, A. M. E. B. Produção e avaliação de cerveja com baixo teor alcoólico utilizando banana como adjunto de malte. 2021. 90p. Tese (Doutorado em Ciências) – Escola de Engenharia de Lorena, Universidade de São Paulo, Lorena, 2021.

A produção de cervejas com adjuntos não convencionais tem sido estudadas no Departamento de Biotecnologia da EEL-USP. O objetivo deste trabalho foi avaliar a utilização da banana como adjunto do malte, obtendo uma cerveja com baixo teor alcoólico e analisar sua qualidade sensorial. Foram realizados ensaios utilizando as temperaturas de mosturações de 65ºC e 70ºC/1h e comparados a outros processos de mosturação (mosturação em rampas, infusão simples e mosturação de dois passos – MDP). Esses ensaios foram realizados com mostos puro malte para verificar o efeito das mosturações no extrato obtido. O grau de atenuação e o rendimento de fermentação nos ensaios não foram alterados, sugerindo que as mosturações são adequadas para se obter menor quantidade de extrato fermentescível, resultando em teor alcoólico menor. Em seguida foram medidos pH (4,8), sólidos solúveis totais (21,4ºBrix), acidez titulável total (0,78% ácido málico/100g de polpa) da banana, valores adequados a sua utilização como adjunto. A determinação da atenuação limite dos mostos nas diferentes proporções malte/banana foi realizada segundo a norma EBC. Em todas as proporções malte/banana o fator de conversão foi semelhante (0,40g/g), sendo a eficiência de transformação dos açúcares em álcool de 82,7%. Os graus de fermentação real e aparente dos mostos nas proporções malte/banana de 65/35, 45/55 e 25/75 e puro malte foram 67,5%, 66,3%, 53,4% e 54,4% e 83,3%, 81,9%, 66,0% e 67,2%, respectivamente. Foram produzidas cervejas nas proporções malte/banana de 65/35 e 45/55, utilizando a temperatura de mosturação de 65ºC/1h e temperatura de fermentação de 9ºC e 15ºC utilizando as leveduras PPBI-01 e S-04. Foi verificado queda nos valores do pH, o que é esperado durante a fermentação. Os teores alcoólicos obtidos foram 1,81% e 1,99% (v/v) nas concentrações 65/35 e 45/55 fermentadas a 9ºC/PPBI-01, 1,94% e 2,09% (v/v) nas concentrações 65/35 e 45/55 fermentadas a 15ºC/PPBI-01, e 2,10% (v/v) nas concentrações 65/35 e 45/55 fermentadas a 15ºC/S-04. Os tempos de fermentação para as cervejas utilizando a levedura PPBI-01 foram 192h e para a levedura S-04, 120h. Os fatores de conversão foram 0,41g/g para as cervejas nas concentrações 65/35 e 45/55 fermentadas a 9ºC/PPBI-01, 0,40 e 0,43g/g para as cervejas nas concentrações 65/35 e 45/55 fermentadas a 15ºC/PPBI-01 e 0,41g/g para as cervejas nas concentrações 65/35 e 45/55 fermentadas a 15ºC/S-04. Os valores de eficiência e produtividade volumétrica nas cervejas produzidas nas mesmas condições foram 86%, 85%, 83,2%, 89%, 85% e 84,6% e 0,79, 0,82, 0,80, 0,86, 0,86 e 0,86g/L.h, respectivamente. Em todos os processos fermentativos o crescimento das leveduras acompanhou um perfil típico de fermentação alcoólica. O teor de FAN inicial no mosto controle foi de 118,65mg/L e nas proporções 65/35 e 45/55 fermentados a 9º e 15ºC/PPBI-01 foram 200,19, 156,14, 200,09 e 157,54mg/L, respectivamente. Os teores de FAN inicial nos mostos controle e nas proporções 65/35 e 45/55 fermentados a 15ºC/S-04 foram 120,12, 200,01 e 157,32mg/L, respectivamente, não existindo carência na quantidade de FAN disponível para a levedura. Esse estudo demonstrou que é viável preparar cervejas com teores alcoólicos por volta de 2% ou menos utilizando banana prata madura sem grandes alterações no processo.

Palavras-chave: Cerveja. Banana. Adjuntos. Baixo teor alcóolico.

ABSTRACT

ROSA, A. M. E. B. Production and avaliation of low-alcohol beer using banana as an adjunct to malt. 2021. 90p. Thesis (Doctoral of Science) – Escola de Engenharia de Lorena, Universidade de São Paulo, Lorena, 2021.

The production of beers with unconventional adjuncts has been studied in the Department of Biotechnology at EEL-USP. The objective of this work was to evaluate the use of banana as an adjunct to malt obtaining beer with low alcohol content and analyzing its sensory quality. Tests were carried out using mashing temperatures 65ºC and 70ºC/1h. These tests were compared to processes of infusion mashing, simple infusion and two-step shot mashing (TSS). The assays were carried out with pure malt worts to verify the effect of the modification of mashing process on the availability of the extract obtained for fermentation. The degree of attenuation and the fermentation yield obtained were very close to the comparative processes, suggesting that the mashing process used are adequate to obtain a smaller amount of fermentable extract, resulting in a lower alcohol content. The pH value (4.8), total soluble solids (21.4ºBrix), total titratable acidity (0.78% malic acid/100g pulp) of the banana were measured, indicating suitable values for its use as adjunct. The EBC standard was performed to determine the limit attenuation of worts in different malt/banana ratios. In all malt/banana worts ratios, the conversion factor were similar (0.40g/g), with the efficiency of transformation of the sugars into alcohol of 82.7%. The real and apparent fermentation degrees of the malt/banana worts ratios of 65/35, 45/55 and 25/75 and pure malt were 67.5%, 66.3%, 53.4% and 54.4% and 83.3%, 81.9%, 66.0% and 67.2%, respectively. Beers were produced 65/35 and 45/55 malt/banana worts ratios, using the mashing temperature of 65ºC/1h and fermentation temperature of 9ºC and 15ºC using the PPBI-01 and S-04 yeasts. In the two malt/banana ratios, it was verified lowering of pH values, which is expected during the fermentation. The alcohol content obteined were 1.81% and 1.99% (v/v) with the worts ratios of 65/35 and 45/55 fermented at 9ºC/PPBI-01, 1,94% and 2,09% with the worts ratios of 65/35 and 45/55 fermented at 15ºC/PPBI-01 and 2,10% with the worts ratios of 65/35 and 45/55 fermented at 15ºC/S-04. Fermentations time were of 192h for worts of PPBI-01 and 120h for S-04. Conversion rates of were 0.41g/g for beers at 65/35 and 45/55 fermented at 9ºC/PPBBI-01, 0.40 and 0.43g/g for beers at 65/35 and 45/55 fermented at 15ºC/PPBI-01 and finally, 0.41g/g for beers at 65/35 and 45/55 fermented at 15ºC/S-04. The values of efficiency and volumetric productivity in beers produced under the same conditions above mentioned were 86%, 85%, 83.2%, 89%, 85% and 84.6% and 0.79, 0.82, 0.80, 0.86, 0.86 and 0.86g/L.h, respectively. In all beers produced, yeast growth followed a typical profile of alcoholic fermentation. The initial FAN content in the wort control was 118.65mg/L and 200.19, 156.14, 200.09 and 157.54mg/L with the worts ratios of 65/35 and 45/55 at 9º and 15ºC/PPBI-01, respectively. The initial FAN content in the wort control and the worts ratios were 120.12, 200.01 and 157.32mg/L at 15ºC/S-04, respectively, with no lack of FAN available for yeasts growth. Therefore, this study demonstrated that it is feasible to prepare beers with alcohol content of around 2% or less using ripe banana without major changes in the process.

Keywords: Beer. Banana beer. Adjuncts. Low-alcohol beer.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Fluxograma do processo de produção de cerveja 20

Figura 2 – Absorção de carboidratos pela levedura *Saccharomyces cerevisiae* ..37

Figura 3 – Métodos de produção de cerveja de baixo teor alcoólico ou sem álcool 41

Figura 4 – Principais polifenóis encontrados na cerveja 48

Figura 5 – Características da água mineral da marca Monteiro Lobato utilizada nas cervejas Ale produzidas 54

Figura 6 – Fluxograma do processo de produção das cervejas de banana.....58

Figura 7 – Consumo de extrato aparente (ºP) e produção de etanol (% v/v) nos mostos preparados nas temperaturas de 65ºC e 70ºC por 1h.....62

Figura 8 – Número de células/mL de mosto e produção de etanol nas diferentes temperaturas de mosturação 63

Figura 9 – Concentração de extrato, concentração de etanol, pH e grau de fermentação aparente do mosto na proporção malte/banana 65/35 fermentado a 9ºC com a levedura PPBI-01 69

Figura 10 – Concentração de extrato, concentração de etanol, pH e grau de fermentação aparente do mosto na proporção malte/banana 45/55 fermentado a 9ºC com a levedura PPBI-01 70

Figura 11 – Concentração de extrato, concentração de etanol, pH e grau de fermentação aparente do mosto na proporção malte/banana 65/35 fermentado a 15ºC com a levedura PPBI-01 70

Figura 12 – Concentração de extrato, concentração de etanol, pH e grau de fermentação aparente do mosto na proporção malte/banana 45/55 fermentado a 15ºC com a levedura PPBI-01 71

Figura 13 – Concentração de extrato, concentração de etanol, pH e grau de fermentação aparente do mosto na proporção malte/banana 65/35 fermentado a 15ºC com a levedura S-04 72
Figura 14 – Concentração de extrato, concentração de etanol, pH e grau de fermentação aparente do mosto na proporção malte/banana 45/55 fermentado a 15ºC com a levedura S-04 73

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Temperatura e pH de atuação das enzimas do malte.....21

Tabela 2 – Parâmetros normalmente analisados em mostos cervejeiros.....23

Tabela 3 – Características organolépticas de algumas variedades de lúpulo.....27

Tabela 4 – Composição média da banana prata madura (100g de polpa) 32

Tabela 5 – Resumo métodos sensoriais, pré-requisitos e finalidade 50

Tabela 6 – Características físico-químicas da água do poço artesiano da EEL ...53

Tabela 7 – Laudo do fabricante contendo as características do malte Pilsen.....54

Tabela 8 – Evolução do grau de fermentação real e aparente 62

Tabela 9 – Comparação dos valores de extrato original, concentração alcoólica, extrato aparente, grau de atenuação aparente e rendimento ao final da fermentação 64

Tabela 10 – Características da banana utilizada como adjunto do malte nas mosturações modificadas 65

Tabela 11 – Resultados da fermentação limite segundo norma EBC.....66

Tabela 12 – Comparação do grau de fermentação aparente e real nos mostos em diferentes proporções malte/banana.....68

Tabela 13 – Parâmetros das fermentações realizadas nas diferentes concentrações malte/banana 74

Tabela 14 – Teor de aminoácidos livres (FAN) nos mostos de diferentes proporções malte/banana fermentados a 9ºC utilizando a levedura PPBI-01.....76

Tabela 15 – Teor de aminoácidos livres (FAN) nos mostos de diferentes proporções malte/banana fermentados a 15ºC utilizando a levedura PPBI-01.....76

Tabela 16 – Teor de aminoácidos livres (FAN) nos mostos de diferentes proporções malte/banana fermentados a 15ºC utilizando a levedura S-04 77

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1 – Fator de conversão de extrato em álcool..... 59

Equação 2 – Eficiência da conversão de substrato em álcool..... 59

Equação 3 – Produtividade em álcool..... 59

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABV	Álcool por Volume (*Alcohol by Volum*)
AGCC	Ácido Graxo de Cadeia Curta
AMBEV	Companhia de Bebidas das Américas (*American Beverage Company*)
AOAC	Association of Official Analytical Chemistry
ASBC	American Society of Brewing Chemists
BBV	Biomassa de Banana Verde
EBC	Convenção Européia Cervejeira (*European Brewery Convention*)
FAN	Aminoácidos Nitrogenados Livres (*Free Amino Nitrogen*)
IBU	Unidades Internacionais de Amargor (*International Bitterness Units*)
OCDE-FAO	Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico – Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (*Food and Agriculture Organization*)
PBMH & PIF	Programa Brasileiro para a Modernização da Horticultura e Produção Integrada de Frutas
SICOBE	Sistema de Controle de Produção de Bebidas
SEM	Escala usada nos Estados Unidos para determinar a coloração da cerveja (*Standard Reference Method*)

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 11
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA 15
2.1 História da cerveja 15
2.2 Processo cervejeiro 19
Fonte: Adaptado de Meilgaard, 2002; Debska e Guzowska-Swider, 2009. . 23
2.2.1 Água 23
2.2.2 Malte 25
2.2.3 Lúpulo 26
2.2.4 Adjuntos 28
2.2.4.1 Banana 30
2.2.5 Levedura 35
2.3 Processos de produção de cervejas com baixo teor alcoólico 39
2.3.1 Métodos Físicos 41
2.3.2 Métodos Biológicos 43
2.4 Benefícios para a saúde 46
2.5 Análise Sensorial 48
3 OBJETIVOS 52
3.1 Objetivo geral 52
3.2 Objetivos específicos 52
4 METODOLOGIA PROPOSTA 53
4.1 Água 53
4.2 Lúpulo 54
4.3 Malte de cevada 54
4.4 Leveduras 55
4.5 Adjunto de banana 55
4.6 Mosturação e fermentabilidade 55
4.7 Produção da cerveja 56
4.8 Inóculo 59
4.9 Análise Sensorial 60
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO 61
5.1 Avaliação das mosturações modificadas 61
5.2 Avaliação das mosturações modificadas com o adjunto banana 65
5.3 Produção das cervejas de banana 68
5.4 Avaliação da concentração de nitrogênio amínico livre (FAN) 75
6 CONCLUSÕES 78
7 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS 79
REFERÊNCIAS 80
ANEXO A 89

1 INTRODUÇÃO

O Brasil é o terceiro maior produtor de cerveja do mundo, atrás de Estados Unidos e China, superando a Rússia e a Alemanha. A média anual de litros consumidos por habitante cresce a cada ano, sendo a bebida preferida por 65% dos brasileiros. Embora o consumo de cerveja aconteça principalmente em momentos de relaxamento e diversão, diversos estudos (BAMFORTH et al., 2009; SOHRAVANDI et al., 2012; GAETANO et al., 2016; OLIVEIRA NETO et al., 2016) apontaram seus benefícios para a saúde humana. A bebida possui diversas substâncias antioxidantes, flavonóides, minerais diversos e vitaminas do complexo B e quando consumida em quantidades moderadas, ajuda a diminuir o risco de acidentes vasculares cerebrais, no controle da pressão arterial e na prevenção de doenças como osteoporose, além de possuir poucas calorias (TUFALO et al., 2010; GAETANO et al., 2016).

Na última década, a produção de cerveja no Brasil cresceu 61%, saltando de 8,2 bilhões para 13,4 bilhões de litros anuais (SICOBE, 2016). O Brasil está entre os 30 maiores consumidores de cerveja no mundo, com um consumo per capita de 62 litros anuais (CERVBRASIL, 2016). Em 2020 foi registrado um aumento de 5,3% no volume de cervejas vendidas, atingindo 13,3 bilhões de litros (GUIA DA CERVEJA, 2021).

No Brasil as principais indústrias produtoras de cerveja são as multinacionais HEINEKEN, Ambev, Brasil Kirin e Grupo Petrópolis que dominam cerca de 96% do mercado de cerveja, setor responsável por 1,6% do PIB brasileiro. Participam da cadeia o agronegócio, construção civil, máquinas e equipamentos, transporte, energia, veículos, papel e celulose, alumínio, vidro, além é claro das cervejarias, o que envolve mais de 1 milhão de pequenas e médias empresas. Conta com cerca de 2,2 milhões de pessoas empregadas ao longo da cadeia produtiva, equivalendo a 2,3% da população economicamente ativa – PEA do Brasil. A cerveja é um dos produtos com uma das maiores cargas tributárias no Brasil. Possui importante efeito multiplicador na economia através de extensa cadeia produtiva, sendo responsável por 14% da indústria de transformação nacional (CERVBRASIL, 2016).

Na Europa e nos EUA as microcervejarias já são um setor consolidado (ESPERANCINI, 2011), mas no Brasil começaram a surgir na década de 90 e hoje já são mais de 300 companhias, com estimativa de crescimento em torno de 20% para os próximos cinco anos (SEBRAE, 2016). Em 2019 houve um crescimento de 14% no número de fábricas registradas no Brasil, muitas representando planos prévios à pandemia (GUIA DA CERVEJA, 2021).

As denominadas cervejas premium utilizam ingredientes de melhor qualidade e possuem sabores diferenciados por usarem ingredientes variados. Também, as marcas com baixo teor alcoólico/sem álcool têm obtido crescente procura, seja em função de preocupações relacionadas com a saúde ou ainda considerando a vigência da chamada “Lei Seca” que proíbe o consumo de bebidas alcoólicas quando se está dirigindo (VALENTE JUNIOR e ALVES, 2016).

Tradicionalmente, cerveja é resultante da fermentação por leveduras cervejeiras do mosto de cevada malteada ou do extrato de malte, submetido previamente a um processo de cocção, adicionado de lúpulo. A Legislação brasileira permite a modificação e customização da cerveja. O Decreto n. 6.871/2009 menciona no artigo 36 que parte do malte pode ser substituído por adjuntos cervejeiros e estes não poderão ultrapassar 45% em relação ao extrato primitivo. Consideram-se adjuntos a cevada e os demais cereais aptos ao consumo humano, malteados ou não, bem como amidos e açúcares de origem vegetal (BRASIL, 2009). O uso de adjunto na cerveja resulta em um produto com alta estabilidade física, com maior brilho e resistência à formação de turbidez devido ao resfriamento, além de acrescentar sabor às cervejas com baixos teores alcoólicos (BOTELHO, 2009). A elaboração desse tipo de cervejas especiais vem se tornando uma solução de barateamento na produção de cerveja devido à substituição de parte do malte, acrescentando, ainda, atributos sensoriais característicos aos produtos obtidos (CARVALHO et al., 2011).

A banana foi escolhida como adjunto devido à grande importância econômica para o Brasil, e além de ser uma matéria-prima fermentescível rica em carboidratos, vitaminas e outros nutrientes, é uma fruta tropical com excelentes características de aroma, sabor e textura, tendo grande aceitação no mercado mundial. Ocupando o segundo lugar no segmento de frutas em quantidade produzida e consumo, perde apenas para a cultura da laranja (SEBRAE, 2019). Diante da grande oferta de um produto perecível, sujeito a flutuações de preços, a

implantação de unidades industriais nas regiões produtoras é uma prática necessária e viável para o aproveitamento dos excedentes de produção, com geração de renda e emprego. Além disso, o processamento da banana se apresenta como uma alternativa para o aproveitamento dos frutos excedentes ou fora dos padrões exigidos pelo mercado, possibilitando a diminuição de perdas pós-colheita, agregando valor ao produto (SEBRAE, 2019).

A produção de cerveja utilizando banana como adjunto de malte já foi desenvolvida por CARVALHO (2011). Devido as características sensoriais e nutritivas da bebida obtida, principalmente em relação ao conteúdo de minerais como o sódio e o potássio, uma das propostas deste projeto é desenvolver uma bebida com menor teor alcoólico que possa ser consumida por pessoas que praticam atividade física. Pesquisas desenvolvidas por DESBROW et al. (2015) e WIJNEN et al. (2016) mostraram que após a prática exaustiva de atividade física, a ingestão de quantidades moderadas de cerveja com baixos teores alcoólicos promove a reidratação e recuperação mais rápida do atleta, se comparada com a ingestão de água.

Entretanto, um dos grandes problemas na produção de cerveja sem álcool ou com baixos teores alcoólicos está relacionado ao sabor e as pesquisas e desenvolvimento de cervejas buscam soluções para este problema. Esse tipo de cerveja pode ser produzida por dois métodos: 1) remoção do álcool a partir de cervejas normais, utilizando-se de métodos de destilação ou de remoção; 2) mosturar ou fermentar em situações adversas para limitar a formação do álcool durante a fermentação (SILVA et al., 2010). Neste caso, podem ser utilizadas técnicas adequadas, que permitem menor liberação de açúcares fermentescíveis no mosto, ou removendo-se as leveduras antes que o consumo de substratos seja total durante a fermentação ou ainda são criadas condições que restrinjam o metabolismo microbiano (HENDGES, 2014). Além disso, a utilização de diferentes temperaturas na mosturação possibilita a obtenção da bebida com diferentes teores de álcool. A fermentação contínua limitada é uma tecnologia promissora, mas ainda pouco utilizada e os respectivos procedimentos aplicados em escala industrial são frequentemente combinações de estratégias que utilizam instalações de cervejarias tradicionais (BRANYIK et al., 2012). Quando produzidas por fermentação interrompida, as cervejas sem álcool, são normalmente caracterizadas por um sabor de mosto e pela perda do aroma frutal, esse último normalmente encontrado

em cervejas com teores alcoólicos maiores normalmente comercializadas. Tais defeitos podem ser originados pela produção limitada dos ésteres e dos álcoois superiores e pela não redução suficiente das combinações químicas dos aldeídos, responsáveis pelo sabor de mosto (SILVA et al., 2010).

Assim, o presente trabalho de doutorado dá continuidade à linha de pesquisa iniciada em 1997 no grupo de Microbiologia Aplicada e Bioprocessos do Departamento de Biotecnologia da Escola de Engenharia de Lorena (EEL) da Universidade de São Paulo (USP), utilizando adjuntos não convencionais, aromatizando ou não a cerveja, para a obtenção de cervejas especiais. Além disso, a escolha do desenvolvimento de uma cerveja de baixo teor alcoólico utilizando como adjunto do malte banana foi pensada para estudar alguns fatores do processo fermentativo para a produção de cervejas de baixo teor alcoólico, criando uma alternativa a mais para a utilização da banana, agregando valor ao produtor em um mercado específico em franco crescimento.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 História da cerveja

As bebidas alcoólicas são tão antigas quanto a humanidade e numerosas como suas etnias. babilônios, hebreus, egípcios, chineses, germanos, gregos e romanos as mencionam e cada povo desenvolveu suas próprias receitas, a partir de fontes naturais próprias de açúcares e amiláceos, como frutas, cana, milho, trigo, arroz, batata, centeio, aveia, cevada e mesmo raízes e folhas. Na fabricação de bebidas alcoólicas só se pode pensar em processos fermentativos, nos quais além do álcool produzido, diversos outros produtos são formados, que por associação de diversas quantidades, originam diferentes aromas e sabores nessas bebidas – o chamado 'buquê' (VENTURINI FILHO e CEREDA, 2001).

Considerado um dos alimentos mais antigos produzidos pelo homem, a produção da cerveja foi desenvolvida paralelamente aos processos de fermentação de cereais, tendo se difundido lado a lado com as culturas de milho, centeio e cevada abundante nas antigas sociedades. A primeira poção alcoólica foi preparada na China, por volta do ano 8000 A.C (GARATTONI, 2008). Na Mesopotâmia foi encontrada a mais antiga evidência referente à cerveja numa tábua sumeriana com mais de 6000 anos de idade. Existe também um poema sumeriano de cerca de 3900 anos homenageando a deusa dos cervejeiros, Ninkasi, que contém a mais antiga receita descrevendo a produção de cerveja de cevada utilizando o pão (MARK, 2011). No Egito antigo, durante a construção das pirâmides de Gizé, cada um dos trabalhadores ganhava 5 litros de cerveja por dia. Ela era considerada "pão líquido", um alimento fundamental para que os operários aguentassem a jornada de trabalho e cujas propriedades embriagantes ajudavam a contentar a massa de trabalhadores. A cevada era deixada de molho até germinar, seca, moída e então moldada em bolos que eram colocados em uma jarra contendo água e deixada fermentar. Essa cerveja rústica ainda hoje é fabricada no Egito, denominada Bouza. Foram também os egípcios que elaboraram as primeiras cervejas sem álcool, há cerca de 2000 anos A.C. No templo dedicado a deusa Athor eram colocados recipientes contendo cerveja que eram aquecidos, sendo os vapores da cerveja (álcool) oferecidos à divindade. A bebida remanescente era vendida entre seus seguidores para angariar fundos destinados

à manutenção do templo (SILVA et al., 2010).

Dentre os povos bárbaros que ocupavam a Europa durante o Império Romano, os de origem germânica destacaram-se na arte de fabricar cerveja. O mais antigo documento sobre produção de cerveja em solo alemão é de 800 A.C. Na Idade Média, vários mosteiros fabricavam cerveja, empregando diversas ervas para aromatizá-la como louro, sálvia, gengibre entre outros. Mais ou menos no ano 1000 D.C., uma freira beneditina e botânica alemã chamada Hildegard Von Biden foi a primeira a registrar a utilização do lúpulo na bebida, verificando que a bebida durava mais (HEINEKEN, 2017a). Na Suíça, monges do mosteiro de San Gallen também começaram a utilizar lúpulo nesse período, verificando que além de fazer a bebida durar mais, também trazia o amargor característico da bebida. Durante o século XIII na Europa, os conventos assumiram a fabricação de cerveja e os monges tornaram popular o uso de lúpulo. No tempo da Quaresma, a alimentação dos monges era muito reduzida e por isso, bebiam cerveja – uma bebida nutritiva e de paladar agradável. Os conventos mais antigos que iniciaram a produção de cerveja foram os de San Gallen, na Suíça, e os de Weihenstephan, em Freising e St. Emmeran, em Regensburg, Alemanha (VENTURINI FILHO e CEREDA, 2001). A variação da proporção entre os ingredientes (água, malte, lúpulo e leveduras) e do processo de fabricação resultavam em diferentes tipos de cerveja.

A cerveja também já foi considerada remédio. Na Bélgica, na cidade de Oudenburg, no século XIV, quando a peste negra começou a se espalhar na Europa, matando quase 90% de sua população, o abade local proibiu o consumo de água e obrigou os cristãos a beber somente cerveja que graças ao álcool e às propriedades antissépticas do lúpulo era menos contaminada que a água. O abade foi canonizado, tornando-se o padroeiro da cerveja – santo Arnoldo (GATELY, 2008).

Um dos decretos alimentares mais antigos do mundo foi promulgado em 1516, pelo Duque Guilherme IV da Baviera. A “Reinheitsgebot”, a Lei da Pureza da Cerveja, que em 2016 completou 500 anos de existência, também considerada uma espécie de lei do consumidor, previa que a partir daquele momento, toda a cerveja produzida na região só poderia ser feita com água, malte de cevada e lúpulo, com exceção da levedura, que não era conhecida na época. Em 1906, o decreto foi expandido para toda a Alemanha, sendo incorporado a levedura, o malte de trigo e outras poucas exceções. Atualmente, cervejas feitas para exportação podem

utilizar outras matérias-primas (HEINEKEN, 2017a).

Em 1859, Pasteur identificou os agentes causadores da fermentação, as leveduras da cerveja. Com base nesses estudos, foi desenvolvido o método da pasteurização e o processo começou a ser utilizado na produção de cerveja, permitindo a manutenção de sua qualidade por períodos mais longos. Em 1883, o cientista dinamarquês Emil Christian Hansen isolou as primeiras culturas puras de levedura, iniciando sua utilização de maneira controlada. Esse procedimento conferiu à cerveja muito maior constância de sabor e qualidade. Todos esses avanços, aliados ao início da produção industrial do frio, lançaram as bases para o desenvolvimento da indústria cervejeira moderna (CARVALHO, 2007).

No Brasil, a cerveja foi trazida da Europa no século XVII pelos holandeses através da Companhia das Índias Orientais. Porém, com a expulsão dos holandeses pelos portugueses, a cerveja foi levada embora. Só retornaria 150 anos mais tarde, com a chegada da Família Real portuguesa em 1808 (VENTURINI FILHO e CEREDA, 2001). Por volta de 1830, famílias de imigrantes começaram a produzir cerveja de modo artesanal, apenas para consumo próprio, já que o lúpulo e a cevada tinham que ser importados da Áustria e Alemanha, embora muitas vezes utilizassem também milho, trigo e arroz como alternativa (HEINEKEN, 2017b). “Cerveja marca barbante” foi a denominação genérica dada às primeiras cervejas brasileiras que, com sua fabricação rudimentar, tinham um alto grau de fermentação que mesmo depois de engarrafadas, produziam uma enorme quantidade de gás carbônico, criando grande pressão. Assim, a rolha era então amarrada com barbante para impedir que saltasse da garrafa (COUTINHO et al., 2017). Entre os hábitos indígenas destaca-se o consumo do caxiri. Classificado como ‘cerveja’ insalivada, o caxiri selvático, preparado pelas índias por um processo tradicional, era realizado por meio da mastigação da banana pacovã ou da mandioca, para a indução da fermentação. Atualmente, o caxiri faz parte da cerimônia de entrega do Facão do Guerreiro de Selva – FGS, realizada no Centro de Instrução de Guerra na Selva do Exército brasileiro (PINELI et al., 2010).

Até a década de 70 do século XIX era comum o consumo de cervejas inglesas, já que a Inglaterra era o principal parceiro comercial com Portugal em terras brasileiras (HEINEKEN, 2017b). Em 1888, foi fundada na cidade do Rio de Janeiro a “Manufatura de Cerveja Brahma Villigier e Cia” e em 1891, na cidade de São Paulo, a “Companhia Antártica Paulista” (DRAGONE e SILVA, 2010). A

Cervejaria Paraense – Cerpa surge em 1966 (IKEDA, 2013) e no ano seguinte, a Skol começa a ser comercializada, lançando em 1971 a primeira cerveja em lata brasileira, feita de folha de flandres e a partir de 1979, em latas de alumínio. Inicialmente produzida pela cervejaria Rio Claro, foi em seguida adquirida pela Cervejaria Brahma que mais tarde juntamente com a Cervejaria Antártica, se tornaria AmBev (DRAGONE e SILVA, 2010). Na década seguinte, em 1982, surge a Kaiser em Divinópolis, Minas Gerais (FREITAS, 2012), e em 1989, a Primo Schincariol é aberta na cidade de Itu, interior paulista (DRAGONE e SILVA, 2010). Em 2008, a InBev, líder mundial na indústria cervejeira, formada pela união da cervejaria brasileira AmBev e o grupo belga InterBrew, compraram a cervejaria norte-americana Anheuser-Busch, consolidando-se como o maior produtor mundial de cerveja, responsáveis pela produção de mais de 460 milhões de hectolitros de cerveja, o que corresponde a 25% do volume produzido no mundo. A Schincariol vem em segundo lugar com 12,3% de participação no mercado brasileiro com marcas como a Baden Baden, Eisenbahn e Devassa no mercado de cervejas premium. A Petrópolis detém 8,1% de participação no mercado contra 8,0% da Kaiser, adquirida em 2006 pela mexicana Femsa. As quatro empresas representam 96% do mercado brasileiro de cerveja (DRAGONE e SILVA, 2010).

Em 2016 foram registradas 148 novas pequenas e micro cervejarias segundo o MAPA – Ministério de Agricultura, Pecuária e Abastecimento, órgão responsável pela regulação e fiscalização do setor no Brasil, chegando a um total de 522 estabelecimentos do tipo no Brasil (CERVESIA, 2017). Ou seja, houve um crescimento de 39,6% no número de cervejarias, com uma produção estimada em torno de 124 milhões de litros por ano, correspondendo a cerca de 1% de participação do mercado. E esse número tende a aumentar, embora ainda existam barreiras para o crescimento da cervejaria artesanal. Por parte das grandes cervejarias há casos de dumping e isenções tributárias injustas e prejudiciais à competitividade dos pequenos. Por parte do mercado, há questões relacionadas aos altos preços da cerveja artesanal à disposição do consumidor e aos altos impostos pagos pelos pequenos produtores. Internamente às microcervejarias os maiores entraves são o baixo nível de produtividade dos equipamentos e mão de obra, associados a problemas logísticos na distribuição da bebida. As boas notícias para 2017 e 2018 são a possibilidade de entrada de pequenas cervejarias no regime tributário do Simples Nacional e a crescente profissionalização dos

trabalhadores e empreendedores do setor (BRESSIANI, 2017).

2.2 Processo cervejeiro

Basicamente, a cerveja é uma solução aquosa complexa, resultado da fermentação com leveduras do gênero *Saccharomyces* de um mosto rico em açúcares provenientes da cevada malteada com adição de lúpulo (figura 1). Em sua composição existem mais de 800 compostos orgânicos, CO_2, etanol e água. Além disso, podem ser utilizadas outras matérias primas amiláceas ou açucaradas como adjunto do malte (CARVALHO et al., 2007).

De acordo com a legislação brasileira, as cervejas são classificadas quanto ao extrato primitivo (cerveja leve ou light, comum, extra e forte), quanto à cor (clara, escura ou colorida), quanto ao teor alcóolico (sem álcool e com álcool, devendo obrigatoriamente constar no rótulo o percentual de álcool em volume), quanto à proporção do malte de cevada (puro malte, cerveja ou “cerveja de”, seguida pelo nome do vegetal predominante) e de acordo com o tipo de fermentação (alta ou baixa fermentação) (BRASIL, 2009). As cervejas de alta fermentação (ale) são aquelas cujas leveduras ficam na superfície ao final do processo de fermentação, que acontece em temperaturas em torno de 15 e 24ºC, gerando um líquido de cor cobre-avermelhado, de sabor forte, ligeiramente ácido e com teor alcoólico entre 4 e 8%. A maior parte das cervejas produzidas no Brasil são de baixa fermentação (lager) ou fermentação a frio, em temperaturas entre 9ºC e 14ºC, as leveduras ficam depositadas no fundo do tanque de fermentação. As cervejas de baixa fermentação só começaram a ser produzidas em larga escala no século passado, com a descoberta da máquina frigorífica em 1873 por Carl Von Linde (TSCHOPE, 2001). Os tipos mais conhecidos de lager são as Pilsener, Munchener, Bock e Munich - um tributo às cidades de onde vieram as fórmulas.

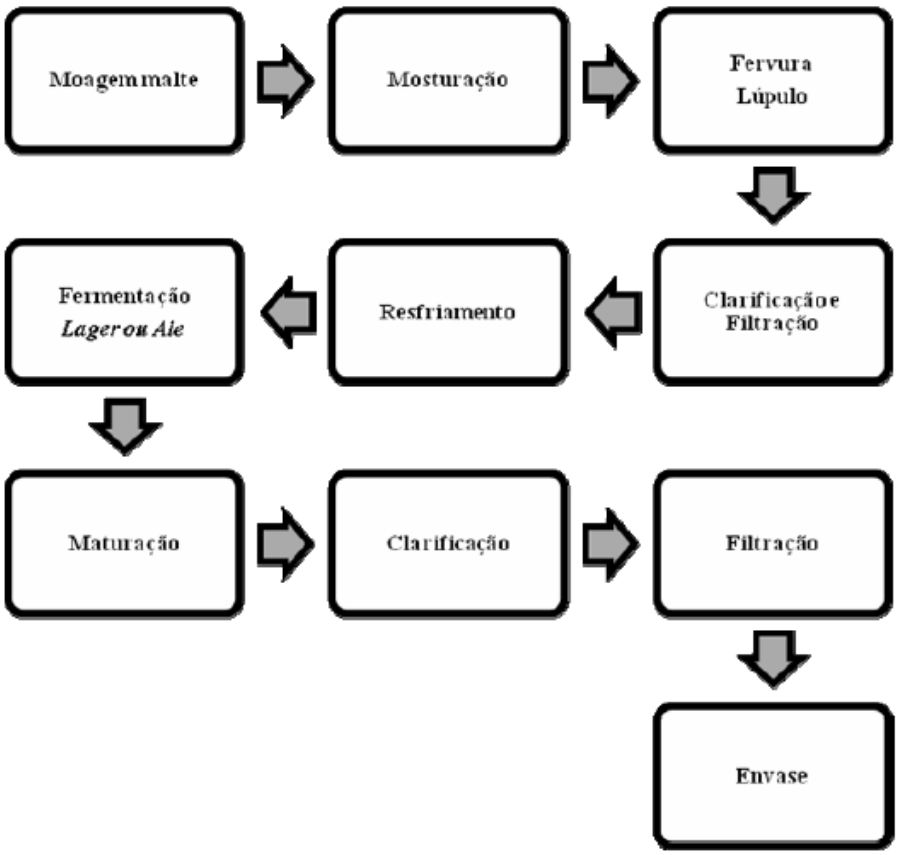
Estima-se que existam atualmente mais de 20 mil estilos de cervejas no mundo. Pequenas mudanças no processo de fabricação, como diferentes tempos e temperaturas de cozimento, fermentação e maturação, e o uso de outros ingredientes, além dos quatro básicos - água, lúpulo, cevada e malte - são responsáveis por essa grande variedade de estilos de cerveja. Por exemplo, a cerveja Pilsen é originária da cidade de Pilsen na Boêmia, República Tcheca. É uma cerveja de sabor delicado, leve, clara e de médio teor alcóolico (entre 3 e 5%),

que deve ser tomada entre os 4 e 6ºC. No Brasil e em outros países que utilizam milho e arroz como adjuntos, é uma cerveja mais leve (CARVALHO, 2007).

A levedura cervejeira, as enzimas e os agentes clarificantes, filtrantes e absorventes são considerados como coadjuvantes da tecnologia de fabricação, bem como os aditivos, classificados como intencionais (utilizados na produção para melhorar, corrigir ou preservar a aparência da cerveja) e incidentais (defensivos agrícolas, solventes e contaminantes minerais, resultantes daqueles utilizados na cultura das matérias primas, dentro de limites de tolerância fixados pelo MAPA) (VENTURINI FILHO e CEREDA, 2001).

Embora existam variações de aromas e sabores entre as cervejas fabricadas pela grande indústria e aquelas produzidas por microcervejarias, ou mesmo por cervejeiros artesanais, elas são produzidas seguindo basicamente o mesmo processo de fabricação (figura 1).

Figura 1 – Fluxograma do processo de produção de cerveja



Fonte: Adaptado de DRAGONE e ALMEIDA E SILVA, 2010.

Na primeira etapa, denominada mosturação ou brassagem, o malte é moído e misturado com água, sendo cozido sob temperaturas controladas. O perfil das temperaturas aplicado durante o cozimento permite que as enzimas presentes no malte sejam ativadas, hidrolisando o amido em mono, di ou trissacarídeos e dextrinas e as proteínas, em peptídeos e aminoácidos. Os valores de temperatura e pH correspondentes às atuações enzimáticas estão mostradas na tabela 1. O processo necessita de um tempo de aproximadamente 2 horas para ser completado. Após o cozimento, a fração insolúvel do malte (bagaço de malte) é removida por filtração, obtendo-se uma solução denominada mosto. O bagaço de malte é lavado e essa água de lavagem é adicionada ao mosto.

Tabela 1 – Temperatura e pH de atuação das enzimas do malte

Enzimas	Temperatura ótima	pH ótimo	Produto
Hemicelulase	40 a 45	4,5 a 4,7	Hidrólise da hemicelulose em produtos de médio e baixo peso molecular
Exopeptidase	40 a 50	5,2 a 8,2	Aminoácidos
Endopeptidase	50 a 60	3,9 a 5,5	Peptídeos/aminoácidos
Dextrinase	55 a 65	5,1	Hidrólise do amido em maltose e maltotriose/ligações α,1→6
β-amilase	60 a 65	5,4 a 5,6	Hidrólise do amido em maltose/ligações α,1→4
α-amilase	65 a 75	5,6 a 5,8	Dextrinas menores

Fonte: Adaptado de TSCHOPE, 2001.

O mosto possui várias características importantes, que devem ser avaliadas durante seu preparo. O percentual de carboidratos fermentescíveis presentes no malte que pode ser extraído (extrato) e convertido nos produtos de interesse presentes na cerveja tem um impacto econômico para a cervejaria. As quantidades de proteínas solúveis, aminoácidos nitrogenados livres (FAN – free amino nitrogen) e peptídeos extraídos no processo de mosturação são fatores importantes para a nutrição das leveduras, que atuarão mais tarde no processo de fermentação, e serão responsáveis não apenas pela quantidade do álcool produzido, mas também pelas características organolépticas desejadas na cerveja, como a formação de diversos ésteres e álcoois superiores. As proteínas solúveis também são responsáveis pela formação de espuma e estabilidade da futura cerveja. A cor do mosto é afetada pelo tipo de processamento e variedade do malte utilizado e pela quantidade de proteína solúvel e outras substâncias presentes, sendo especificadas cores padronizadas dependendo do tipo de cerveja que se pretende produzir. O poder diástatico está relacionado com a contribuição das enzimas

envolvidas nos processos de maltagem e mosturação, e dá uma indicação da modificação do amido presente na cevada em açúcares fermentescíveis como a maltotetraose, maltopentaose, maltohexaose, maltoheptaose, maltooctaose e outras dextrinas no mosto (BAMFORTH et al., 2009; MEDEIROS et al., 2017).

Em seguida, é adicionado lúpulo ao mosto, que é fervido vigorosamente durante um tempo que pode variar de 1 a 2 horas para promover a precipitação de compostos formados com proteínas e polifenóis, solubilizar e isomerizar componentes do lúpulo, formando compostos responsáveis pela cor e sabor da cerveja, através de reações de Maillard e caramelização, remover compostos responsáveis por sabores desagradáveis no produto final por evaporação, como o dimetil sulfito, inativar as enzimas presentes e permitir a obtenção da concentração desejada do mosto, além de promover um ambiente estéril para as leveduras que irão realizar a fermentação posterior. Ao final desse cozimento, o mosto é agitado com movimentos circulares na borda da panela de fervura, sem o esparramar, evitando aeração excessiva, até que seja formado um redemoinho (whirlpool). Esse procedimento faz com que as proteínas precipitadas e partículas insolúveis, resultantes da coagulação e complexação entre moléculas de polifenóis oxidadas do lúpulo e taninos (trub) se aglomerem no centro da panela facilitando sua retirada. Além disso, a separação inadequada do ‘trub’ reduz a fermentabilidade do mosto, já que pode ocorrer aderência de partículas insolúveis à parede celular das leveduras (DRAGONE e SILVA, 2010).

O mosto é então resfriado até a temperatura de fermentação, que varia em torno de 9º a 21ºC, dependendo do tipo de cerveja e da levedura utilizada, etapa denominada fermentação primária ou principal, em que quase todo o extrato fermentescível é convertido em álcool e gás carbônico. Em seguida inicia o período de maturação, ao redor de 0ºC, denominada fermentação secundária. Nessa etapa a cerveja irá adquirir corpo para então ser carbonatada e envasada.

A composição do mosto determina as características da cerveja obtida ao final do processo. O mosto deve conter uma concentração adequada de açúcares fermentescíveis e nutrientes para a levedura produzir o nível adequado de compostos desejados, entre eles o álcool. Assim, o mosto deve ser analisado quanto ao teor de extrato desejado, pH, quantidade de proteína, aspecto visual (cor, turbidez), sabor, espuma, dentre outros (tabela 2) (MEILGAARD, 2002; DEBSKA e GUZOWSKA-SWIDER, 2009).

Tabela 2 – Parâmetros normalmente analisados em mostos cervejeiros

Parâmetro	Unidades
Concentração de álcool	% m/m; ABV
Cor da cerveja	EBC, SEM
Extrato original do mosto	% m/m, ºP
Extrato aparente	% m/m, ºP
Extrato real	% m/m, ºP
Amargor	IBU
Acidez	Ácido lático, % m/m
Fermentação real	%
Fermentação aparente	%
pH	0-14
Teor de CO2	% m/m
Turbidez	FTU
Proteína total	N*6,25, % m/m

Fonte: Adaptado de Meilgaard, 2002; Debska e Guzowska-Swider, 2009.

2.2.1 Água

A água é o principal ingrediente do processo cervejeiro já que aproximadamente 92% a 95% do peso da cerveja é constituído de água. Na natureza toda água contêm diferentes quantidades de sais minerais dissolvidos, dependendo da região de origem. A água cervejeira de qualidade deve seguir padrões de potabilidade, apresentar alcalinidade de 50 mg/L ou menor e possuir concentração de cálcio ao redor de 50 mg/L. Águas naturais podem possuir matéria orgânica e compostos gasosos que transmitem gosto e odor, influenciando tanto o sabor quanto os processos químicos e enzimáticos que ocorrem durante o processo de produção da cerveja (DRAGONE e SILVA, 2010). A dureza temporária da água é dada por bicarbonatos e a fervura provoca sua precipitação, enquanto a dureza permanente é dada por sulfatos ou cloretos de cálcio e magnésio. A produção de diferentes tipos de cerveja tem exigências diferentes de minerais na água. Assim, cervejas tipo Pilsen devem ser produzidas com água mole, ou seja, com poucos sais minerais, enquanto cervejas tipo *Ale* inglesa devem ser produzidas com água dura (CARVALHO, 2007).

As águas utilizadas em microcervejarias devem ser regularmente analisadas quanto à dureza em carbonatos e avaliadas quanto ao odor, sabor, coloração e turbidez e, em intervalos maiores, submetidas a uma análise mais completa incluindo exames microbiológicos (DRAGONE e SILVA, 2010).

A indústria cervejeira consome grandes volumes de água. Em média, uma

grande cervejaria consome 8 litros de água por cada litro de cerveja produzida, incluindo a água de fabricação e de lavagem dos equipamentos, enquanto uma pequena cervejaria consome cerca de 3 litros de água por litro de cerveja. O controle do pH é importante, já que um pH alcalino propicia a dissolução de materiais existentes na cascas do malte. O pH ideal para a fabricação de cerveja deve estar entre 6,5 a 7,0, mas o tipo de cerveja a ser produzido é que vai determinar qual o pH ideal. Meios ácidos são necessários para que as enzimas amilolíticas e proteolíticas do malte atuem com atividade máxima (CARVALHO, 2007).

Durante o processo de fermentação, as células de levedura possuem exigências de sais minerais diversos, já que muitos desses elementos atuam como cofatores enzimáticos e protegem as células de levedura contra os efeitos de toxicidade do etanol, além de melhorar a precipitação de proteínas e a floculação (NABAIS et al., 1988; DIMAS, 2010; AIZEMBERG, 2015). Por exemplo, o zinco tem ação benéfica durante a fermentação, ativando a síntese de proteínas e atuando como coenzima em alguns processos bioquímicos da levedura. Sua concentração deve estar entre 0,08 e 0,20 mg/L, já que em concentrações maiores tem ação negativa sobre a estabilidade coloidal, afetando a formação de espuma. Bem como a presença de ferro, que em concentrações maiores do que 0,2 mg/L provoca o escurecimento da espuma, a diminuição da estabilidade coloidal e atua como catalisador na oxidação da cerveja, o que é indesejado (CARVALHO, 2007).

Dependendo da origem da água é necessário um tratamento preliminar. Na cervejaria podem ser realizadas algumas ou todas as seguintes operações: aeração-oxidação (remoção de odores), clarificação (adição de sulfato de alumínio – mais comum – para coagular ou aglomerar material em suspensão, sendo retirado posteriormente por decantação ou filtração), cloração (eliminação de microrganismos) e desmineralização (remoção de sais em águas com altos teores de sais presentes) (OLIVEIRA, 2011).

Mais recentemente algumas indústrias cervejeiras tem desenvolvido o biomonitoramento da água, utilizando microcrustáceos, denominados *Daphnia magna*, sensíveis a toxicidade da água (HEINEKEN, 2017c). Quando as condições ambientais sofrem alterações desfavoráveis, tais como aumento de temperatura, aumento da carga orgânica e a presença de fósforo e nitrogênio acima de certos níveis, a população de microcrustáceos sofre alterações significativas. Durante a reprodução

as fêmeas produzem células diplóides que originam fêmeas com o mesmo genótipo, resultando em uma população totalmente composta por indivíduos fêmeas. Quando as condições ambientais tornam-se desfavoráveis, surgem na população machos e fêmeas, que geram gametas haplóides. Essa significativa mudança do comportamento da população dos microcrustáceos, aliado a testes de níveis de tolerância a certos compostos, por exemplo o cloreto de potássio, tóxico a este organismo, indicam que o efluente lançado pela indústria cervejeira está fora dos padrões aceitos pela legislação brasileira (CAMARGO, 2012; HEINEKEN, 2017c).

2.2.2 Malte

O termo técnico malte define a matéria-prima resultante da germinação sob condições controladas de qualquer cereal (cevada, arroz, milho, trigo, aveia, sorgo e outros). Qualquer cereal pode ser malteado, desde que se leve em consideração seu poder diastático e o seu valor econômico. O cereal mais usado para a fabricação de cerveja é a cevada e isto se deve ao fato da cevada ser rica em amido, possuir alto teor de proteínas e compostos nitrogenados em quantidade suficiente para fornecer os aminoácidos necessários para o crescimento da levedura e importantes na formação da espuma, e casca insolúvel, que forma uma camada filtrante natural para o mosto resultante (CARVALHO, 2007).

O malte é uma gramínea pertencente ao gênero Hordeum, cujos grãos na espiga, alinhados em duas ou seis fileiras, são envoltos por diversas camadas celulósicas. O processo de transformação do grão de cevada em malte consiste em colocar a semente em condições favoráveis de germinação, controlando temperatura, umidade e aeração, interrompendo a germinação tão logo o grão tenha iniciado a criação da nova planta. Nessa fase, o amido presente no grão malteado apresenta-se em cadeias menores que na cevada, sendo parcialmente liberado através da ação de enzimas hidrolíticas das células de paredes enrijecidas por hemicelulose, substâncias gomosas e proteínas, tornando-o menos duro e mais solúvel. A hidrólise dessas substâncias dão origem aos nutrientes requeridos pelas leveduras durante o processo de fermentação (TSCHOPE, 2001). O processo de germinação também permite que o grãos produzam as enzimas necessárias ao

processo cervejeiro (DRAGONE e SILVA, 2010). A aplicação de diferentes temperaturas e pH promovem mostos com diferentes concentrações de carboidratos, impactando as características finais da bebida, contribuindo para a cor e o sabor finais da cerveja (TSCHOPE, 2001).

A germinação é iniciada pela quebra da dormência do germe do grão pelo umedecimento. Os grãos são macerados em água até que a umidade alcance cerca de 45% de umidade e o processo dura de 3 a 5 dias em temperaturas que são mantidas de 10º a 20ºC. Em seguida, o processo de germinação em si tem duração de 8 dias, em temperatura ótima de 15ºC. Quando a radícula atinge de 2/3 a 3/4 do comprimento total do grão, o processo de germinação é parado. Nessa fase a produção de enzimas é máxima (OETTERER, 2006).

Simplificadamente, a germinação ocorre pela ação conjunta de agentes denominados diástases e que compreendem um conjunto de hormônios e enzimas: (1) citase que quebra as membranas que envolvem o endosperma, torna-as permeáveis à agua e a solutos; (2) amilases que transformam amido em glicose, maltose, maltotriose e dextrinas, sendo que as três primeiras fermentam e a dextrina não; (3) proteases que desdobram proteínas que aglomeram o amido nas células do endosperma e o acumulam na camada de aleurona e (4) giberelinas que são produzidas pelo embrião, iniciando a germinação (LIMA, 2010).

2.2.3 Lúpulo

O lúpulo, *Humulus lupulus*, típico de regiões frias de algumas áreas do norte como Europa, Ásia central e oriental e Japão, é uma planta dióica, possuindo flores masculinas e femininas em plantas diferentes. As flores femininas são agrupadas em cachos, possuindo o formato de um pequeno cone verde. Na base das suas pétalas, as glândulas produzem um pó resinoso chamado lupulina, em que se concentra a maior parte das propriedades desejadas pelos cervejeiros. As resinas são constituídas principalmente de alfa-ácidos (humulonas) (2,0 a 16,0%), beta-ácidos (lupulonas) (1,5 a 9,5%), óleos essenciais (0,2 a 3,0%) e flavonóides em quantidades menores (SMITH, 2013). Durante a fervura as moléculas de alfa ácidos são isomerizadas para a forma alfa-iso-ácidos e estes são muito mais solúveis e amargos. Seu componente principal, o alfa ácido solúvel em água, possui efeito

bacteriostático (VENTURINI FILHO e CEREDA, 2001; ELENA, 2008; NIMUBONA et al., 2013). No mercado é possível encontrar mais de 100 variedades de lúpulo para a fabricação de cervejas. A tabela 3 apresenta algumas variedades de lúpulo utilizadas no processo cervejeiro.

Tabela 3 – Características organolépticas de algumas variedades de lúpulo

Nome	% α-ácidos	Características organolépticas
Cascade	4,5 – 7	Floral, Cítrico
Centennial	9,5 – 11,5	Floral, Cítrico
Chinook	12 – 14	Picante, Amadeirado
Fuggle	4 – 5,5	Vegetal, Terra, Madeira
Hallertau	3 – 5,5	Ameno, Agradável, Ligeiramente picante
Kent Golding	4 – 5,5	Suave, Perfumado
Czech Saaz	3 – 4,5	Ligeiramente picante, Florido
German Spalt	4 – 5	Ameno, Agradável, Ligeiramente picante
German Tettnanger	3,5 – 5,5	Ameno, Agradável, Ligeiramente picante
U.S. Northern Brewer	6 – 10	Amadeirado, Mentolado

Fonte: Adaptado de SMITH, 2013.

Dentre os benefícios apresentados pelo lúpulo, destacam-se sua contribuição para o aroma e sabor da cerveja, com notas florais, cítricas, herbais, frutadas, resinosas e picantes (SMITH, 2013). Além de proporcionar um efeito relaxante, auxilia na sedimentação de proteínas no fundo do caldeirão após a fervura devido ao tanino encontrado em sua composição, o que contribui para a clarificação da cerveja. O lúpulo também contribui para a estabilidade do sabor e da espuma (NIMUBONA et al., 2013). Além dessa substância, os óleos essenciais, as substâncias minerais, os polifenóis e as resinas amargas contribuem para as características marcantes da cerveja (ELENA, 2008; ZHAO et al., 2010; SANTOS, 2015; MOURA-NUNES et al., 2016; OLADOKUN et al., 2016).

O amargor mesmo não sendo considerado na lei brasileira, é um dos parâmetros que caracteriza os diferentes tipos de cervejas. Ele é medido em IBU (‘International Bitterness Units’), ou Unidades Internacionais de Amargor, e varia entre 10 e 45 unidades na maioria dos casos, e quanto mais alto for o número, mais amarga será a cerveja. Normalmente nas cervejas tipo Pilsen, a faixa de variação é de 9 a 22 unidades. No entanto, há cervejas do tipo Ale que apresentam até 77 unidades de amargor (OETTERER, 2006). Os valores de IBU obtidos em uma cerveja referem-se à concentração de iso-alfa-ácidos diluídos na cerveja que corresponde a 1mg de iso-alfa-ácido por litro.

O lúpulo pode ser comercializado na forma de flores secas, pellets e em

extrato, podendo tradicionalmente ser classificados conforme suas características predominantes em lúpulos aromáticos e de amargor (DRAGONE e SILVA, 2010). Com a pesquisa e desenvolvimento na área de lupulagem, novos produtos tem sido desenvolvidos, como os extratos isomerizados, contendo tetrahidro-iso-α-ácidos, dihidroiso-α-ácidos e hexahidro-iso-α-ácidos, que permitem o ajuste de amargor pós-fermentação, e os extratos isomerizados e reduzidos, que permitem proteção contra a luz e retenção de espuma. Por este motivo, o processo de lupulagem torna-se parte integrante das formulações técnicas de uma indústria cervejeira, uma vez que afeta, diretamente, as características qualitativas do produto. Em geral, a duração e máxima intensidade de amargor aumenta após a ingestão repetida de cerveja já que o amargor tende a ser mais intenso com o aumento da concentração de iso-α-ácidos. Essa sensação de amargor também é influenciada pelo teor alcoólico da cerveja (SILVA, 2005; NIMUBONA et al., 2013; OLADOKUN et al., 2016).

Em 2018 foi criada a Associação Brasileira de Produtores de Lúpulo – APROLÚPULO. Os cultivos estão concentrados principalmente no Estado do Paraná, Rio Grande do Sul, São Paulo e Rio de Janeiro, embora 98% do lúpulo utilizado no Brasil seja importado da Alemanha (55%) e dos EUA (43%) (REVISTA GLOBO RURAL, 2021; LAMAS BREW SHOP, 2021).

2.2.4 Adjuntos

Segundo a legislação brasileira (BRASIL, 2009), parte do malte de cevada pode ser substituído por adjuntos cervejeiros que não devem exceder 45% em relação ao extrato primitivo. Esses adjuntos podem ser outros cereais malteados ou não malteados, assim como amidos e açúcares de origem vegetal.

Os adjuntos de fabricação utilizados na produção de cerveja possibilitam a redução de despesas com matérias-primas empregadas na fabricação, principalmente com relação ao malte, já que o país produz apenas cerca de 30% do malte consumido, ou seja, 70% da demanda é suprida pela importação direta de malte argentino, uruguaio ou canadense (EMBRAPA, 2013). Outros fatores positivos na utilização de adjuntos é que são encontrados mais facilmente nos mercados locais, muitas vezes sendo subprodutos de outros processos, como por

exemplo a utilização de melado de cana, e poderem contribuir com características de sabor, aroma e cor, resultando em cervejas diferenciadas, mais leves, sabor mais suave, menos turvação e mais brilho e maior estabilidade física (SANTOS, 2005; CARVALHO, 2007; AIZEMBERG, 2015).

O malte de cevada apresenta a grande vantagem de possuir elevado poder diastático, o que é de relevância para a utilização de outras matérias-primas amiláceas não malteadas, pois as enzimas do malte de cevada serão as responsáveis pela hidrólise do amido da maioria dos adjuntos, não necessitando de equipamentos adicionais, o que aumenta o custo de produção (D'ÁVILA et al., 2012).

Em geral, os adjuntos podem ser classificados em dois grupos. Matérias-primas açucaradas e matérias-primas amiláceas e feculentas. As matérias-primas açucaradas, geralmente utilizadas na forma de xaropes, podem ser utilizadas para ajustar e desenvolver características como cor, aroma e sabor das cervejas com pequenos custos à cervejaria. O mais utilizado na indústria cervejeira brasileira é o xarope de milho. Já os adjuntos amiláceos normalmente não são malteados, e a obtenção dos carboidratos se dá através de gelatinização, solubilização e hidrólise do amido e sendo assim, o adjunto amiláceo só pode ser diretamente adicionado ao malte quando sua temperatura de gelatinização for inferior aquelas utilizadas pelo malte de cevada durante a mosturação. Caso contrário, é necessário um cozimento adicional ou hidrólise enzimática anterior ao processo de mosturação, o que aumenta o custo de produção e a operacionalização do processo (SLEIMAN et al., 2010; D'ÁVILA et al., 2012). Na indústria cervejeira brasileira os adjuntos amiláceos mais utilizados são o milho e o arroz para a produção de cervejas lager, a mais consumida pelos brasileiros. São cervejas muito leves, embora a indústria utilize uma maior quantidade de lúpulo (CARVALHO, 2007).

Especial atenção deve ser dada quando são utilizados adjuntos que acrescentam grandes porcentagens de fermentescíveis ao mosto e em grandes proporções. O acentuado desvio da composição do mosto proveniente do malte pode ocasionar efeitos negativos devido ao incremento desproporcional dos açúcares fermentescíveis e a sensível diminuição do nitrogênio assimilável pela levedura, já que esta necessita de material nitrogenado assimilável para crescer (CASTRO, 2014). Em média, a levedura utiliza de 10 a 14 mg de nitrogênio amínico na forma de aminoácidos e pequenos peptídeos por 100 mL de mosto (KUNZE,

1999).

A preocupação com a saúde tem gerado o desenvolvimento de comidas e bebidas mais saudáveis, levando muitos pesquisadores a produzir cervejas utilizando adjuntos que agregam benefícios nutricionais. Não apenas o consumo moderado tem sido levado em consideração (WALZL, 2005; GAETANO et al., 2016), mas também a funcionalidade da bebida tem sido buscada. Levando em consideração que a cerveja é fonte de diversas vitaminas, minerais e fibras, o desenvolvimento de cervejas com níveis adicionais de fibras solúveis não digeríveis, como por exemplo isomalto-oligossacarídeos, que podem ser utilizadas para equilibrar a flora intestinal atuando como prebióticos, seria de grande interesse. Ou seja, um dos focos para a seleção de adjuntos cervejeiros recai sobre as substâncias bioativas que esses materiais podem trazer para a bebida (BAMFORTH et al., 2009; SOHRABVANDI et al., 2012; OLIVEIRA NETO et al., 2017).

2.2.4.1 Banana

A banana é a fruta fresca mais consumida no mundo. O Brasil é o quarto produtor mundial, atrás da Índia, China e Filipinas (MENDEZ, 2013; OCDE-FAO, 2015; NOMURA et al., 2020), e a produção, de 7,1 milhões de toneladas de banana, é praticamente destinada ao consumo interno, o que o transforma no primeiro consumidor mundial de banana. Não obstante sua posição de destaque como grande produtor, o Brasil exporta apenas 1 a 2% da produção interna (SEBRAE, 2017; NOMURA et al., 2020).

A bananeira é originária do Sudeste Asiático, tendo sido disseminada pelos países do Oriente Médio e da Europa Mediterrânea. Na América Latina, foi introduzida em São Domingos em 1516, sendo que, a partir da segunda metade do século XIX, ganhou expressão no comércio mundial (GONÇALVES et al., 1994). Atualmente no Brasil, a banana é cultivada por grandes, médios e pequenos produtores, sendo 60% da produção proveniente da agricultura familiar por proporcionar uma fonte contínua de alimento e renda, já que a fruta é produzida durante todo o ano (EMBRAPA, 2012; SEBRAE, 2017, NOMURA et al., 2020).

A bananeira pertence à classe das Monocotiledôneas, sendo o gênero Musa

o de maior importância devido ao maior número de espécies, ampla distribuição geográfica dos cultivares e serem espécies comestíveis (CASTRO e KLUGE, 1997; RIBEIRO, 2011; MENDEZ, 2013). As bananeiras não são árvores, podendo ser consideradas como ‘ervas gigantes’. É uma fruteira não lenhosa, formada por um conjunto rígido de camadas sucessivas de folhas sobrepostas, com rizoma do tipo subterrâneo e frutos se desenvolvendo a partir do pseudocaule (SEBRAE, 2008; NOMURA et al., 2020). Os pontos pretos presentes na polpa da banana são os resquícios dos óvulos não fecundados. Em indivíduos férteis, quando há polinização, não existem esses pontos e em seu lugar aparecem as sementes. As linhas observadas no fruto maduro, quando descascado, são os resquícios dos vasos condutores (EMBRAPA, 2012).

A bananeira, por ser uma frutífera de clima tropical, apresenta um maior desenvolvimento em condições de temperatura média anual elevada (igual ou superior a 22ºC), precipitações pluviométricas anuais acima de 1.200 mm e bem distribuídas. Portanto, a época de colheita da banana está relacionada com as condições climáticas e com os tratos culturais. A bananeira apresenta um ciclo mais curto durante o período quente e úmido e mais longo no período frio e seco. Sendo assim, os cachos desenvolvem-se mais rapidamente nos meses quentes, causando maior oferta do produto e, consequentemente, menores preços (EMBRAPA, 2012).

Os cultivares do sub-grupo Prata produzem bem em solos de baixa fertilidade e com deficiência hídrica devido a seu sistema radicular bastante ramificado e porte alto, com pecíolos de margens eretas e poucas manchas escuras no pseudocaule. Possuem extremidades bem pronunciadas, com cascas de espessura média, cor amarela quando maduros, polpa creme a rósea pálida e sabor ligeiramente ácido. As principais cultivares do sub-grupo Prata são a comum, pacovan, Santa Maria, ponta aparada, prata-anã e São Tomé (EMBRAPA, 2012; NOMURA et al., 2020).

A banana contém amido, açúcares como glicose, frutose e sacarose, ésteres tais como o 3-metil-butil-acetato (acetato de isoamila) e o 3-metil-butanoato, em proporções variadas, dependendo do estágio de maturação. Além de ser um fruto rico em carboidratos e proteínas, como a albumina e a globulina, e fonte de aminoácidos como alanina, arginina, aspartato, cistina, glutamato, glicina, histidina, isoleucina, leucina, lisina, metionina, fenilalanina, prolina, serina, treonina,

triptofano, tirosina e valina, minerais como potássio, fósforo, cálcio, sódio, magnésio, ferro, manganês, iodo, cobre, alumínio, selênio e zinco, em quantidades variadas, também é fonte de vitaminas A, vitaminas do complexo B (B1 ou tiamina, B2 ou riboflavina, B3 ou niacina, B5 ou ácido pantotênico, B6 ou piridoxina, B9 ou ácido fólico), vitamina C ou ácido ascórbico, vitamina E ou tocoferol e fibras solúveis (tabela 4) (NEPA, 2006; CARVALHO, 2009; TUFALO et al., 2010, NOMURA et al., 2020). Uma banana média fornece cerca de um terço das necessidades diárias recomendadas de potássio e cerca de 100 calorias. É, por isso mesmo, muito usada pelos atletas como anabolizante natural e contra as contrações involuntárias dos músculos. A sua polpa, branca e saborosa, é um excelente alimento para crianças e idosos, e em algumas regiões onde se cultiva, consome-se maior quantidade de banana do que de pão (CARMO, 2015).

Tabela 4 – Composição média da banana prata madura (100g de polpa)

Composição	Banana Prata
Calorias (kcal)	95 – 100
Água (%)	73
Proteína (g)	1,3
Gordura (g)	0,2
Carboidratos (mg)	29,6
Amido (%)	1,5 – 3,0
Cálcio (mg)	5 – 8
Ferro (mg)	0,8
Fósforo (mg)	4 – 7
Potássio (mg)	150 – 410
Magnésio (mg)	1,7 – 2,5
Sódio (mg)	1,7 – 2,0
Vitamina A (UI)	127
Vitamina B (mg)	1,69
Vitamina C (mg)	17,3
Vitamina E (mg)	0,02

Fonte: Adaptado de NOMURA et al., 2020.

A banana é uma fruta altamente perecível, embora possa ser colhida ainda verde e o manejo pós-colheita seja fundamental para favorecer a longevidade dos frutos durante a comercialização. Durante o amadurecimento ocorrem alterações fisiológicas e sensoriais, como mudança na pigmentação da casca, amaciamento da polpa (mudança na textura), mudança na aparência e na composição química (teor de açúcares, teor de amido, acidez, quantidade de compostos fenólicos) (EMBRAPA, 2012; MENDEZ, 2013). A intensificação da doçura dos frutos decorre da hidrólise do amido, com consequente acúmulo de açúcares solúveis, principalmente glicose, frutose e sacarose. Tais açúcares são oxidados, servindo como substratos básicos no processo respiratório dos frutos. Observa-se,

paralelamente, aumento dos níveis de ácidos orgânicos, com predominância do ácido málico e diminuição dos compostos fenólicos, de menor peso molecular, o que leva ao abaixamento do pH e redução da adstringência, além da liberação de compostos voláteis, tendo sido identificados cerca de 350, dentre os quais 12 apresentam maior significância na composição do aroma da banana, sendo dois álcoois, nove ésteres e um fenol. O 3-metil-butil-acetato (acetato de isoamila) é o principal constituinte do aroma e juntamente com o éster 3-metil-butanoato, em menor extensão, responsáveis pelo sabor da banana madura (VILAS BOAS et al., 2001; CARVALHO, 2009; EMBRAPA, 2012; NOMURA et al., 2020). A acidez em frutos de bananeira varia de 0,17% a 0,67%, o pH, de 4,2 a 4,8, e o teor de sólidos solúveis aumenta até um máximo de 27%, tendo pequena diminuição quando a fruta já está muito madura. O conteúdo de umidade da polpa de banana verde aumenta ligeiramente, média de 70% a 75% quando completamente madura (BLEINROTH et al., 1995; CANO et al., 1997; NASCIMENTO JUNIOR et al., 2008; CARVALHO, 2009; MATTOS et al., 2010; EMBRAPA, 2012).

CERQUEIRA et al. (2015) avaliaram os sólidos solúveis, açúcares totais, açúcares redutores totais e amido em sete estágios de maturação baseados na cor da casca, pela escala de Von Loesecke (PBMH & PIF, 2006; NOMURA et al., 2020), sendo: E1) totalmente verde; E2) verde com traços amarelos; E3) mais verde que amarelo; E4) mais amarelo que verde; E5) amarelo com ponta verde; E6) amarelo; E7) amarelo com áreas marrons e observaram que o teor de sólidos solúveis evoluiu no decorrer do amadurecimento de 2° Brix no estágio (E1) para 23° Brix no estágio (E7) de amadurecimento em banana “Grande Neine”.

Diversos são os produtos que podem ser obtidos da banana: polpa ou purê, néctar, fruta em calda, produtos desidratados (banana liofilizada, flocos e fruta na forma de passa) e doces diversos, incluindo geléias e doce de massa (bananada), biomassa e farinha de banana verde (EMBRAPA, 2012). O principal produto produzido no Brasil a partir da banana é o purê (55%), seguido da bananada (20%), banana-passa (13%), flocos (10%) e chips (2%). As folhas de bananeira tem sido utilizadas para a fabricação de móveis e para revestir paredes (SEBRAE, 2017).

A banana verde é rica em sais minerais, tem baixa quantidade de açúcares e alto teor de amido e pectinas, podendo substituir parcialmente a farinha de trigo em pães, doces, sorvetes, embutidos e pavês. As pectinas são cadeias lineares de ácido poligalacturônico, unidas por ligações α-1,4, nas quais os grupos carboxílicos

podem estar parcialmente estereficados com metanol. A quebra das cadeias poliméricas das substâncias pécticas das membranas celulares dos frutos, diminui a viscosidade da banana verde (CARVALHO, 2009; MATTOS et al., 2010).

A biomassa de banana verde (BBV) é a polpa de banana verde cozida e processada que não apresenta sabor característico. Um dos componentes essenciais presente na biomassa é o amido resistente (AR), presente em grandes quantidades, podendo corresponder de 55% a 93% do teor de sólidos totais (OVANDO-MARTÍNEZ et. al., 2009; SARDÁ et al., 2016), e é o responsável pelas propriedades funcionais que a mesma apresenta. A farinha de banana verde (FBV) é obtida através da secagem natural ou artificial da polpa da banana verde, possui sabor suave e cor clara, podendo assim, ser utilizada na substituição de outras farinhas sem que haja prejuízo das características sensoriais. Apresenta uma quantidade considerável de proteínas, sais minerais e altos teores de fibras alimentares, além de também conter AR. O teor de amido resistente na banana verde é cerca de quatro vezes maior do que na banana madura (AMARAL et al., 2013; NEGRINI et al., 2013).

O amido resistente (AR) funciona como fibra alimentar, já que não é digerido pelo estômago, sendo fermentado apenas no intestino grosso. Provoca maior saciedade no indivíduo, já que é metabolizado em cerca de 5 a 7 horas após ingerido, normalizando as taxas glicêmicas e de insulina, efeitos importantes no controle de doenças cardiovasculares, diabetes e obesidade (MENDEZ, 2013). Além disso, pode ser usado como substrato de fermentação pelas bactérias anaeróbicas que constituem 99% da flora intestinal humana. Alguns dos produtos da fermentação dessas bactérias são os ácidos graxos de cadeia curta (AGCC), acético, propiônico e butírico, sendo a este último atribuído o papel de inibidor do crescimento de células cancerígenas devido à redução do pH do intestino grosso, o que auxilia também no controle da proliferação de bactérias potencialmente patógenas, favorecendo o equilíbrio da microbiota intestinal (CADERNETTE, 2006; AMARAL et al., 2013; MENDEZ, 2013).

Além dos benefícios nutricionais, a produção da biomassa e da farinha de banana verde causa um impacto positivo na cadeia produtiva da banana através da utilização de subprodutos. A utilização destes é de grande relevância pois pode-se prevenir os riscos de contaminação no meio ambiente, diminuir o desperdício e conservar energia. Aproximadamente 30% da banana produzida é perdida, só na

fase de pós-colheita (EMBRAPA, 2012; NOMURA et al., 2020).

Da banana se pode aproveitar até a casca. A parte de dentro da casca da banana é rica em nutrientes diversos tais como potássio, magnésio e vitaminas B6 e B12, e embora possua alto teor de taninos, que são adstringentes, possuem propriedades antissépticas (MENDEZ, 2013; NIMUBONA et al., 2013).

2.2.5 Levedura

As leveduras são fungos, assim como os cogumelos e os bolores, mas diferenciam-se destes por se apresentarem, predominantemente, na forma unicelular. São seres heterotróficos, liberando enzimas no meio externo para quebrar o alimento em moléculas menores, que entram na célula e lá são digeridas e utilizadas nas funções vitais do organismo. As leveduras não constituem um grupo definido de microrganismos; elas pertencem às classes dos Ascomycetes, Basidiomycetes e Deuteromycetes, estando distribuídas em 39 gêneros e 350 espécies (VENTURINI FILHO e CEREDA, 2001).

As leveduras mais utilizadas em cervejaria são as espécies do gênero *Saccharomyces cerevisiae* (alta fermentação) e *Saccharomyces carlsbergensis* (baixa fermentação), embora a literatura científica venha progressivamente se referindo às leveduras como *S. cerevisiae* tipo ale (alta fermentação) e *S. cerevisiae* tipo lager (baixa fermentação) (HARRISON e SCHAECHTER, 2009; CARVALHO et al, 2011; PERIS et al., 2016).

Estudos com 120 leveduras selvagens isoladas a partir da cerveja, leveduras em propagação e garrafas vazias encontraram, além das espécies de *Saccharomyces* normalmente empregadas, espécies dos gêneros *Brettanomyces, Candida, Debaromyces, Hansenula, Kloeckera, Pichia, Rhodotorula, Torulaspora, e Zygosaccharomyces,* denominadas leveduras selvagens e consideradas contaminantes. A diminuição da velocidade de fermentação, problemas com atenuação final, floculação e produção de substâncias ‘off-flavour’, semelhantes ao produzidos por bactérias, são alguns dos efeitos negativos que podem ocorrer (SILVA, 2005; CARVALHO, 2007; DRAGONE e SILVA, 2010).

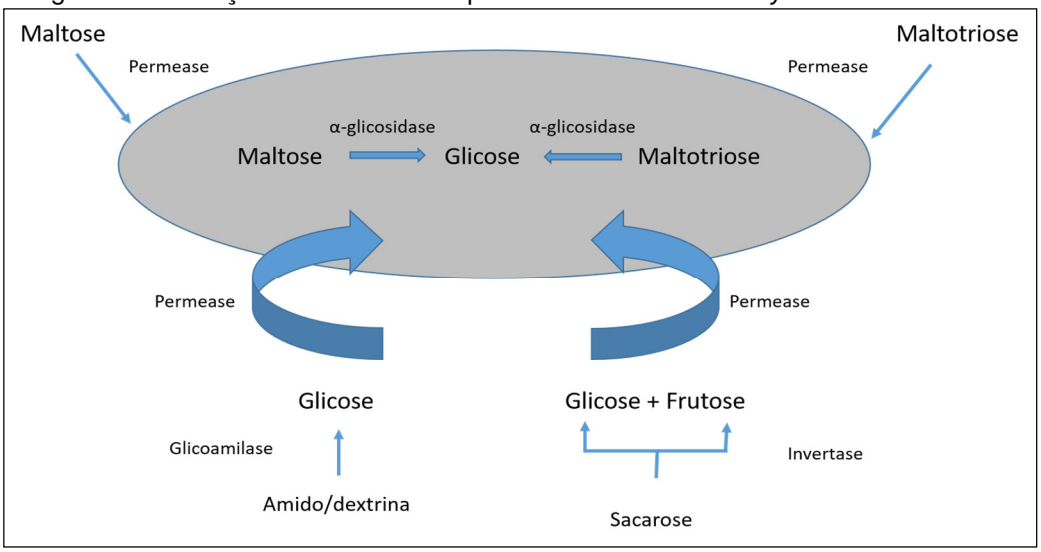
Entretanto, alguns estudos utilizando leveduras não convencionais em processos fermentativos controlados vem ganhando popularidade (CIANI e

COMITINI, 2011; CORDERO-BUESO et al., 2013; GONZÁLEZ et al., 2013; JOHNSON, 2013). Esses trabalhos buscam produtos com sabores e aromas distintos, uma vez que a maioria dos compostos que fornecem essas características às bebidas são formados durante a fermentação como compostos intermediários e subprodutos do metabolismo desses microrganismos. Isso ocorre devido à diversidade de assimilação do substrato que essas leveduras não convencionais podem exibir (VAN DIJKEN, 2002; BASSO et al., 2016; GSCHAEDLER, 2017).

A levedura *Saccharomyces* é um anaeróbico facultativo, ou seja, tem a habilidade de se ajustar metabolicamente, tanto em condições de aerobiose como de anaerobiose. Os produtos finais da metabolização do açúcar irão depender das condições ambientais em que a levedura se encontra. Assim, enquanto uma porção do açúcar é transformado em biomassa, gás carbônico e água em aerobiose, a maior parte é convertida em gás carbônico e etanol em anaerobiose, processo denominado fermentação alcoólica. Para manter seu metabolismo, a levedura precisa de uma ampla variedade de nutrientes, entre eles açúcares, aminoácidos e outros elementos em menores quantidades (COSTA, 2016). O número de células de leveduras ideal para que a fermentação ocorra de forma eficiente é da ordem de 10^6 a 10^8 células/mL (DRAGONE e SILVA, 2010).

Os carboidratos considerados substratos para a fermentação, tanto podem ser endógenos (constituintes da levedura, como glicogênio e trealose, considerados carboidratos de reserva) como exógenos (sacarose, glicose, frutose e outros), estes últimos fornecidos à levedura (LIMA, 2011). As linhagens de *Saccaromyces* utilizadas têm a capacidade de fermentar uma ampla gama de açúcares como sacarose, glicose, frutose, galactose, manose, maltose, maltotriose (DRAGONE e SILVA, 2010; COSTA, 2016). O que irá determinar a sequência de utilização destes açúcares pela levedura será a capacidade do carboidrato de passar pela membrana celular intacto ou se será necessário sofrer hidrólise do lado de fora antes de entrar na célula. Os principais açúcares no mosto, maltose e maltotriose, passam intactos pela membrana celular, já que a levedura possui mecanismos específicos de transporte através da membrana plasmática, sendo processados dentro da célula (figura 2). Enzimas extracelulares hidrolisam a sacarose, sendo seus produtos absorvidos (STEWART et al., 2013).

Figura 2 – Absorção de carboidratos pela levedura *Saccharomyces cerevisiae*



Fonte: Adaptado de DRAGONE e ALMEIDA E SILVA, 2010.

Aminoácidos livres são os compostos nitrogenados mais prontamente disponíveis para consumo. Os aminoácidos livres ou FAN é a soma dos aminoácidos individuais do mosto, íons de amônio e de pequenos peptídeos e são utilizados pela levedura para a síntese de novos aminoácidos, enzimas e proteínas estruturais (STEWART et al., 2013).

No processo de fermentação, a levedura é adicionada no mosto aerado, e se reproduz rapidamente devido à alta quantidade de O_2 dissolvido no meio, oxidando o piruvato até CO_2 e água. O O_2 é utilizado principalmente logo nas primeiras horas de fermentação na produção de ácidos carboxílicos e esteróis, essenciais para a síntese da membrana celular. Depois que todo o oxigênio é consumido, as células de levedura passam a utilizar o açúcar de forma anaeróbica, fermentando esses açúcares em etanol e CO_2. Os principais produtos formados durante a fermentação são etanol, glicerol, ácido lático e dióxido de carbono, mas há a formação de vários outros compostos em baixas concentrações, resultantes do metabolismo de açúcares e aminoácidos. Podem ser formados compostos como os álcoois superiores (n-propanol, isobutanol e álcoois isoamila – 2-metil e 3-metil-butanol), ácidos orgânicos (ácido cítrico, acético, pirúvico, succínico e axaloacético), ésteres (responsáveis pelo aroma e sabor frutado, sendo os mais importantes o acetato de isoamila e o acetato de etila), compostos sulfurados (dimetil sulfito e dióxido de enxofre) e outros compostos como acetaldeído e dicetonas vicinais que exercem um importante efeito no sabor, no aroma e nas

características finais da cerveja pronta (STEWART, 2000; SIQUEIRA et al., 2008; DRAGONE e SILVA, 2010; ANDRÉS-IGLESIAS et al., 2015; LIGUORI et al., 2015; HERNANDES, 2018).

Assim, as características de sabor e aroma de qualquer cerveja são determinadas de forma preponderante pelo tipo de levedura utilizada, já que esses compostos são formados como subprodutos de seu metabolismo. Embora o etanol seja o principal produto de excreção produzido pela levedura durante a fermentação do mosto, esse álcool primário tem pequeno impacto no sabor da cerveja. O tipo e a concentração de vários outros produtos de excreção formados durante a fermentação dependem do balanço metabólico global do cultivo da levedura. Vários fatores podem afetar esse balanço e consequentemente o sabor da cerveja, incluindo a cepa de levedura, o tempo, a temperatura e o pH de fermentação, o tipo e a proporção de adjunto, o modelo do fermentador e a concentração do mosto. Por exemplo, cervejas do tipo Lager são fermentadas em baixas temperaturas (6 a 15ºC), com tempos que podem variar de 7 a 10 dias, enquanto cervejas do tipo Ale, são fermentadas em temperaturas mais altas (15 a 24ºC), com tempos variando de 2 a 6 dias (DRAGONE e SILVA, 2010).

Na etapa de maturação, também denominada fermentação secundária, já que o extrato fermentescível residual na cerveja continua a ser fermentado, porém de forma mais lenta pelas leveduras ainda presentes, a cerveja verde é submetida a temperatura reduzida (0 a 3ºC) sendo mantida nessas condições por cerca de 2 a 4 semanas. Os objetivos da maturação são a redução da concentração dos compostos de sabor indesejado, como o diacetil (2,3 butanodiona) e a 2,3 pentanodiona, a saturação do produto final com CO_2 e a remoção dos componentes responsáveis pela turbidez, clarificando a cerveja. Os álcoois superiores e ácidos graxos formados durante a fermentação principal não se modificam em grande extensão, entretanto são formados ésteres, principalmente o acetato de etila e o acetato de amila, responsáveis pelo aroma e sabor característico da cerveja (CARVALHO, 2009; DRAGONE e SILVA, 2010). Os valores para a 2,3 pentanodiona variam de 0,01 a 0,15 mg/L e para a 2,3 butanodiona, de 0,01 a 0,4 mg/L. Essas dicetonas conferem um agradável sabor amanteigado à cerveja em baixas concentrações, porém com o aumento de sua concentração, caracterizam um defeito da cerveja (DRAGONE e SILVA, 2010).

Na etapa de envase, a cerveja é submetida à pasteurização, a fim de garantir

esterilidade microbiológica ao produto, o que resulta em maior prazo de validade. O envase pode ser feito em garrafas, latas ou barris. Quando não pasteurizada, a cerveja recebe o nome de chope (ou chopp), e geralmente é envasada em barris de alumínio (CERVIERI JUNIOR et al., 2014).

2.3 Processos de produção de cervejas com baixo teor alcoólico

O consumo de cervejas com baixos teores alcoólicos e sem álcool vem crescendo no Brasil devido a restrições ao ato de beber e dirigir, situação que caracteriza infração de trânsito. Questões relacionadas à saúde, à prática de atividades físicas, diminuição do abuso de bebidas alcoólicas, grupos específicos de pessoas como mulheres grávidas ou em período de amamentação, pessoas que estão em tratamento médico e também questões religiosas, além da crescente conscientização dos consumidores sobre os benefícios do consumo moderado de cerveja e a pressão do mercado consumidor em experimentar novos produtos também elevaram a demanda por esse tipo de cerveja (CATARINO e MENDES, 2011; BRANYIK et al., 2012; STREJC et al., 2013; FRANCESCO et al., 2015; COSTA, 2016).

O fato é que o segmento de cervejas sem álcool conquista um número cada vez maior de consumidores no Brasil. No período entre 2010 a 2015 foi registrado um aumento em cerca de 5%, taxa superior à média das vendas de todos os tipos de cerveja, que avançaram 3% no mesmo período. Em julho de 2014 a bebida já representava cerca de 1% do mercado brasileiro de cerveja, contra cerca de 0,5% de participação em 2011, e o potencial de expansão ainda é grande. Em países como Espanha e Estados Unidos o consumo de cervejas sem álcool ou com baixos teores alcoólicos representa até 18% do mercado total de cerveja (CERVBRASIL, 2015).

O consumo de bebidas alcoólicas no mundo caiu 1,6% em 2018 em relação a 2017. Essa tem sido a tendência principalmente nos países mais desenvolvidos. Em países como Alemanha e Holanda as vendas de bebidas sem álcool giram em torno de 10%, embora no Brasil esse número seja de apenas 1%. Mas a demanda tende a aumentar, aliada à inovações nos processos produtivos e melhora no sabor. Por exemplo, a meta do grupo InBev nos próximos anos é que até 2025, 20% de suas marcas sejam de cervejas sem álcool, o que hoje corresponde a 8%

de seu portfólio (REVISTA ÉPOCA, 2020).

A primeira cerveja com baixo teor alcoólico no Brasil foi a Kronenbier, lançada pelo grupo Antártica em 1991. Alguns anos depois outras 11 cervejarias como Schincariol e Bavária desenvolveram as suas cervejas sem álcool (REINOLD, 2003).

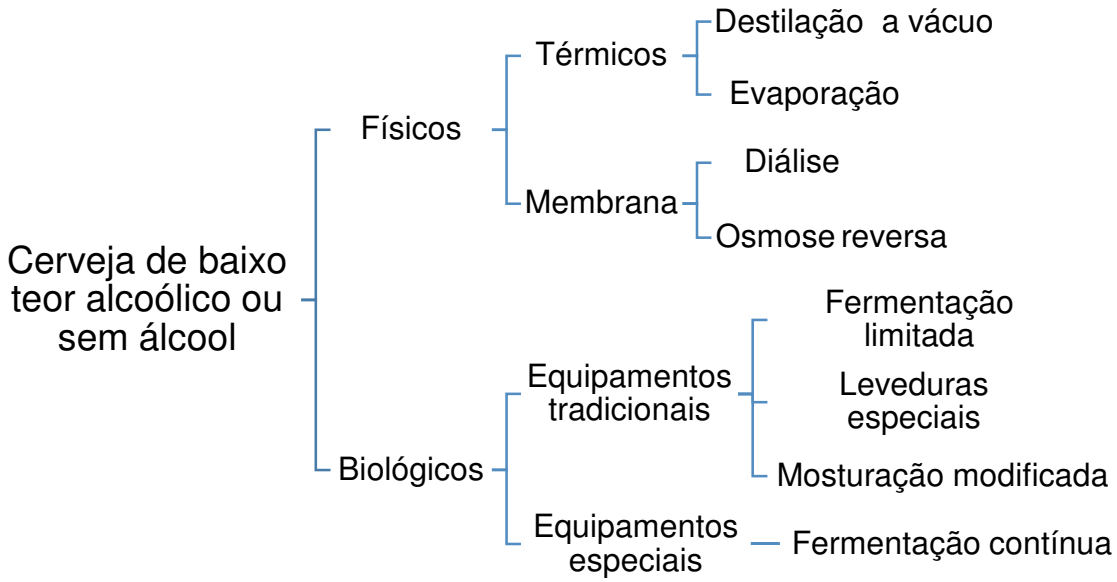
Nos dias atuais não existe uma legislação internacional convergente para o uso do termo “cerveja sem álcool”, e nem uma definição quanto ao critério de obrigatoriedade da indicação do teor alcoólico na embalagem do produto quando essa é inferior a determinados valores. A definição legal daquilo que constitui cerveja sem álcool e cerveja de baixo teor alcoólico irá depender do país onde a bebida é produzida e comercializada. Com isso, a terminologia para esse tipo de produto também irá possuir diferentes significados em diferentes países, podendo ser encontrados termos como “cervejas reduzidas de álcool”, “cervejas com baixo teor alcoólico”, “cervejas desalcoolizadas”, e “cervejas sem álcool” (SILVA et al., 2010; SOHRABVANDI et al., 2010; ANDRÉS-IGLESIAS et al., 2015). Por exemplo, na Espanha as cervejas sem álcool são divididas em cervejas com teor alcoólico ≤ 1% (ABV) e cervejas 0% álcool, enquanto nos Estados Unidos, as cervejas sem álcool devem possuir entre 0% (ABV) até o limite máximo de 0,5% (ABV) de álcool, estas também chamadas ‘near beers’ (OLMO et al., 2014; ANDRÉS-IGLESIAS et al., 2015).

A cerveja sem álcool é uma bebida originada da fermentação do mosto cervejeiro que teve seu teor de álcool reduzido, quer seja por restrição ou ajustes durante a etapa de fermentação quer seja por extração do álcool diretamente do produto final (BRANYIK et al., 2012).

A produção de cervejas sem álcool apresenta como dificuldades de processamento um residual de açúcares no produto, quando aplicadas alterações no processo de fermentação convencional, ou mesmo a presença de determinadas características sensoriais, quando submetidas a processos térmicos para extração do álcool. A figura 3 mostra um resumo dos métodos mais comuns de produção de cervejas com baixo teor alcoólico ou sem álcool. Essas dificuldades tem levado ao desenvolvimento de novos procedimentos relacionados à qualidade do produto final. Um dos requisitos mais importantes para uma boa cerveja sem álcool é possuir as características organolépticas e propriedades físico-químicas da cerveja convencional contendo álcool (SILVA et al., 2010, SOHRABVANDI et al., 2010;

BRANYIK et al., 2012; ANDRÉS-IGLESIAS et al., 2015).

Figura 3 – Métodos de produção de cerveja de baixo teor alcoólico ou sem álcool



Fonte: Adaptado de BRANYIK et al., 2012.

2.3.1 Métodos Físicos

Dentre os métodos físicos que empregam o uso de membranas semipermeáveis, a diálise é o método mais indicado para redução do teor alcoólico da cerveja, particularmente porque usa baixa temperatura e evita a degradação térmica da cerveja. Outra vantagem do processo é que não envolve concentração nem diluição da cerveja. Apesar da otimização do processo, ainda não se consegue a remoção seletiva total do etanol. Outros componentes da cerveja, como álcoois e ésteres superiores são quase completamente removidos. Para evitar perdas de compostos voláteis de baixo peso molecular, alguns desses compostos são adicionados ao dialisado, reduzindo assim a difusão, que pode ser regulada principalmente pela proporção das taxas de fluxo entre o dialisado e a cerveja. Outras características de qualidade tais como espuma e cor permanecem essencialmente as mesmas (ZUFALL e WACKERBAUER, 2000; SOHRABVANDI et al., 2010; BRANYIK et al., 2012).

No método da osmose reversa, o mosto fermentado é passado através de uma membrana semipermeável sob alta pressão (acima da pressão osmótica natural). Passam pela membrana água, álcool e outras moléculas pequenas,

permanecendo na cerveja concentrada grandes moléculas, responsáveis pelo sabor frutado. Recomenda-se o uso de baixas temperaturas (por volta de 5ºC) para retenção de substâncias voláteis, responsáveis pelo aroma da cerveja, e adição de água para facilitar a remoção de etanol (SOHRABVANDI et al., 2010; BRANYIK et al., 2010; CATARINO e MENDES, 2011; ANDRÉS-IGLESIAS et al., 2015). LIGUORI et al. (2015) utilizando essa técnica com recirculação do concentrado, obteve uma cerveja com teor alcoólico menor que 0,5% (v/v), reduzindo significativamente o consumo de água e consequentemente, o impacto ambiental da dealcolização. Parâmetros da cerveja como a cor, a gravidade e o teor de polifenóis não apresentaram diferenças significativas entre as cervejas originais e sem álcool, embora a cerveja resultante tenha apresentado maior turbidez, com perda da formação de espuma, perda significativa de compostos voláteis, além de uma grande redução nos níveis de amargor (BRANYIK et al., 2012).

No processo de destilação a vácuo, a cerveja é previamente aquecida a 35ºC e passada sob vácuo (0,04 – 0,20 bar) por um sistema de evaporadores a temperatura de 50ºC, seguindo para um separador em que a cerveja é coletada e o vapor é transferido para um condensador para obtenção de um subproduto rico em álcool. O uso de processo com múltiplos estágios fornece maior controle e melhor rendimento quando comparado ao processo único de evaporação. Uma etapa adicional para remoção dos ésteres e de outros compostos voláteis pode ser acrescentada, para somente depois o álcool ser removido da cerveja. No entanto, nem todos os compostos originais conseguem ser reincorporados, havendo perdas principalmente de ésteres e álcoois superiores. Essa etapa de reincorporação reduz apenas 50% a perda de voláteis (DRAGONE e SILVA, 2010).

O processo denominado evaporação por camada fina utiliza um evaporador com superfícies internas rotativas cônicas, que empregando força centrífuga, espalha a cerveja em finas camadas (cerca de 0,1 mm) enquanto ela é aquecida entre 30 e 40ºC. Nesse processo o álcool é evaporado e recolhido por condensação. A cerveja com teor alcoólico reduzido é recolhida na borda externa dos cones, sendo novamente refrigerada e carbonatada. Como o tempo de exposição é curto e as temperaturas utilizadas são baixas, os compostos voláteis não são extensivamente perdidos, conservando muitas das propriedades organolépticas da cerveja (BRANYIK et al., 2012). O ciclo pode ser repetido, porém ao final é necessário que o teor de água seja ajustado (SILVA et al., 2010).

Os métodos físicos de remoção do álcool a partir de cervejas normais muitas vezes necessitam de investimentos consideráveis em equipamentos especiais para a remoção, embora, após o processo ter sido otimizado, a qualidade sensorial das cervejas produzidas geralmente é boa. Além disso, a vantagem é que esses processos podem remover o álcool das cervejas a níveis bem baixos (BRANYIK et al., 2012).

2.3.2 Métodos Biológicos

Na utilização dos processos biológicos, as tecnologias mais exploradas são aquelas que utilizam equipamentos da fábrica de cerveja tradicional, sendo os procedimentos aplicados em escala industrial frequentemente combinações de estratégias (BRANYIK et.al, 2012). Dentre esses processos para a produção de cerveja sem álcool encontram-se os de modificação na mosturação, fermentação limitada, utilização de leveduras especiais ou fermentação contínua limitada (BRANYIK et al., 2012; STREJC et al., 2013; BLANCO et al., 2014; FRANCESCO et al., 2015; COSTA, 2016).

A quantidade e a variedade dos açúcares fermentescíveis presentes no mosto são determinados durante a mosturação. Assim, modificações no perfil de aquecimento empregado na mosturação permite que as enzimas presentes no malte atuem, liberando maiores ou menores quantidades de açúcares para uma maior ou menor fermentabilidade do mosto cervejeiro, pois é na etapa de fermentação que o álcool é produzido (DRAGONE e SILVA, 2010). Assim, mosturações realizadas entre 75º e 80ºC interrompem a sacarificação pela beta-amilase, permanecendo quantidade suficiente de alfa-amilase para digerir e liquefazer o amido. Este procedimento resulta em cerca de 85% de extração de malte e um mosto fermentável por volta de 25%. O conteúdo final de etanol é influenciado também pela gravidade original do mosto, a atenuação alcançada durante a fermentação e a diluição final. O ajuste adequado desses parâmetros é uma ferramenta útil quando se produz cervejas de baixo teor alcoólico. O aroma das cervejas resultantes é muito bom, embora permaneça um sabor de mosto característico, indicando que o processo utilizado em sua produção foi uma alteração do processo original. As preocupações quanto à estabilidade coloidal

também são relevantes (DRAGONE e SILVA, 2010; BRANYIK et al., 2012; IVANOV et al., 2016). PERPÈTE e COLLIN (2000) sugerem que a retenção de aldeído de uma cerveja normal pode ser 'imitado' pelo aumento no nível de dextrinas (a 10%). Neste caso a concentração de dextrinas pode ser melhorada através da minimização da atividade da beta-amilase durante a mosturação.

A aplicação de outras técnicas de preparação de mosto de forma não convencional também tem sido estudada (VAN IERSEL et al., 1995; PERPÈTE e COLLIN, 1999; FRANCESCO et al., 2015; RODMAN e GEROGIORGIS; 2016). Técnicas como 'mosturação fria', utilizando temperaturas máximas de 60ºC e substituição parcial do malte (cerca de 40-70%) por bagaço de malte de cevada, não permite extensa sacarificação, diminuindo a oferta de açúcares que serão transformados em álcool. O uso de variedades especiais de cevada, com baixa atividades de beta-amilase e processos de separação de certos açúcares, como a maltose, também tem sido estratégias empregadas (DRAGONE e SILVA, 2010; SOHRABVANDI et al., 2010; BRANYIK et al., 2012).

O processo Barrell utiliza uma mistura de mostos de diferentes concentrações. O CO_2 produzido durante a fermentação do mosto mais concentrado, que contem compostos voláteis, é transferido para a fermentação do mosto de menor concentração, seguindo proporções específicas conforme o grau alcoólico desejado. Mesmo nesse processo, ainda há ausência de alguns álcoois superiores, já que estes não são suficientemente voláteis para serem transferidos juntamente com o CO_2 (DRAGONE e SILVA, 2010; CATARINO e MENDES, 2011).

Em processos em que se restringe o metabolismo das leveduras para produção de cerveja sem álcool, a diminuição da temperatura de fermentação, por volta de 6 a 7ºC tem sido utilizada. No processo tradicional para a produção de cervejas do tipo Pilsen, a temperatura normalmente empregada durante a fermentação é de 12ºC. Quando são utilizadas temperaturas menores, a produção de álcool é limitada, mas são formados os componentes responsáveis pelos aromas característicos da cerveja. Tempos menores de fermentação também são empregados, sendo o processo conhecido como fermentação interrompida ou limitada. Elevação ou queda brusca de temperatura (choque térmico), retirada das leveduras do meio por centrifugação ou filtração ou ainda aumento da pressão são técnicas que podem ser utilizadas no processo de fermentação interrompida. Como desvantagens, o processo apresenta formação limitada de álcoois superiores e

ésteres, responsáveis pelo aroma e sabor, além de uma baixa conversão de aldeídos, sendo as cervejas resultantes caracterizadas por um sabor de mosto e, pela perda do aroma frutado normalmente encontrado em cervejas com álcool (DRAGONE e SILVA, 2010). Em uma cerveja lager com teor alcoólico de 4%, o etanol aumenta a retenção de aldeído, enquanto em cervejas sem álcool, tanto a ausência de etanol (menos de 0,1%) como o nível mais elevado de açúcares (tais como maltose) podem intensificar sabores desagradáveis (PERPÈTE e COLLIN, 2000; NARVÁTIL et al., 2002).

No processo de contato a frio, o mosto é inoculado com uma alta concentração de leveduras (da ordem de 10^8 células/mL) em temperaturas em torno de -1º a 0ºC, permanecendo nessa temperatura durante alguns dias. Nessas condições, ocorre a adsorção de compostos contendo carbonila pela célula da levedura, reduzindo o sabor de mosto geralmente encontrados nas cervejas sem álcool produzidas pela técnica de fermentação interrompida (DRAGONE e SILVA, 2010).

Processos contínuos com leveduras imobilizadas em matrizes de microfibras de celulose (SOHRABVANDI et al., 2010), bem como a utilização de linhagens de leveduras selecionadas e/ou modificadas geneticamente (BRANYIK et al., 2008; FRANCESCO et al., 2015) também tem sido utilizados para a produção de cervejas com teores alcoólicos reduzidos. Reatores de mistura, de leito empacotado ou leito fluidizado estão entre as configurações utilizadas para reatores em processos de fermentação contínua (DRAGONE e SILVA, 2010; CATARINO e MENDES, 2011). Além disso, vários métodos de imobilização de leveduras estão disponíveis e a natureza do produto, muitas vezes, determina a escolha da matriz de imobilização. Sistemas em escala industrial utilizando levedura imobilizada em transportadores pré-formados tem sido utilizados tanto durante a fermentação como na etapa de maturação (NARVÁTIL et al., 2002; BRANYIK et al., 2012; STEWART et al., 2013).

A formação de etanol, álcoois superiores, ésteres, dicetonas vicinais e aldeídos em diferentes taxas de aeração com leveduras imobilizadas num meio complexo com sais e nutrientes (com a vantagem de uma composição constante na fermentação contínua) imitando um mosto de cerveja real foram estudadas por LEHNERT et al. (2009). Eles observaram que sob condições de fornecimento de oxigênio ótimo foi possível obter um fermentado com composição próxima das cervejas sem álcool produzidas em processo descontínuo.

A utilização de sistemas de fermentação contínua indicam a importância de seleção de uma estirpe de levedura para obter uma composição desejada do produto (LEHNERT et al., 2009). O aproveitamento de leveduras especiais aumentam os custos de produção tanto pela seleção ou construção de organismos melhorados, quanto pela necessidade de sua propagação ter que ser separada. Entretanto, a utilização de microrganismos adequados ou selecionados pode contribuir significativamente para a qualidade sensorial do produto. Os processos utilizando fermentação contínua com levedura imobilizada, para formação limitada de álcool, requerem equipamentos e materiais especiais (biorreatores de operação contínua, veículos para imobilização celular) e, nestes casos, os maiores custos de investimento devem ser justificados pela maior produtividade dos processos contínuos. Em geral, a formação de etanol, intrínseca aos processos biológicos fermentativos torna impraticável a produção de cervejas totalmente sem álcool (DRAGONE e SILVA, 2010; CATARINO e MENDES, 2011; BRANYIK et al., 2012).

CATARINO e MENDES (2011) utilizaram duas tecnologias estudando um processo de produção industrial de cerveja sem álcool e com o perfil de sabor natural da cerveja corrigida: uma unidade de pervaporação para extrair os compostos aromáticos da cerveja e uma unidade de destilação para remover o etanol após a fermentação. Os pesquisadores obtiveram bons resultados, equilibrando o perfil de aroma ao adicionar 0,3% em volume de extrato de aroma (obtido de pervaporação) e de 5 a 10% em volume de uma cerveja comum (com álcool) à cerveja desalcoolizada para equilibrar a falta de aroma, sem ultrapassar o limite de 0,5% de volume alcoólico final.

NUNES (2016) estudou leveduras isoladas de fermentação espontânea de cachaça, utilizando polpa de cacau como adjunto. Foram avaliados a produção de álcool, glicerol, ésteres e viabilidade celular. Os resultados mostraram que algumas cepas isoladas foram mais eficiente na produção de ésteres, contribuindo principalmente para o aroma e o sabor das cervejas produzidas, do que as leveduras comerciais utilizadas no trabalho.

2.4 Benefícios para a saúde

Apesar de a cerveja ser considerada um veículo de relaxamento e diversão, existem estudos que mostram que essa bebida possui substâncias que podem ser

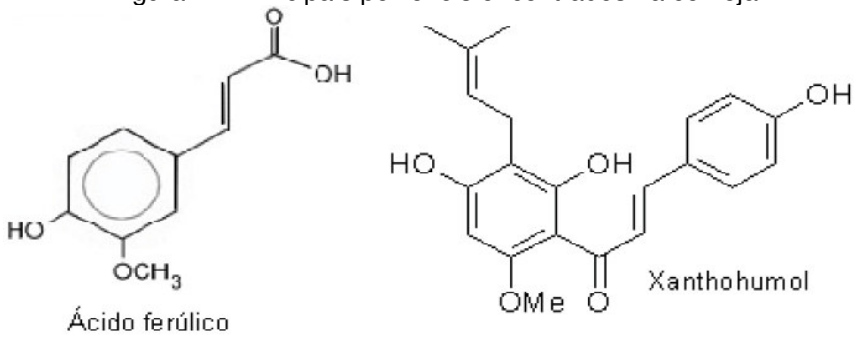
importantes para a saúde, como antioxidantes, flavonóides, entre outros (HENDGES, 2014; OLIVEIRA NETO et al., 2016).

A cerveja é uma bebida saudável e faz parte da dieta do homem desde tempos ancestrais. A cerveja contém fibras solúveis oriundas dos grãos de cevada e isso aumenta a quantidade de fibras naturais do organismo, diminuindo o tempo de permanência do alimento no intestino, melhorando a digestão e a absorção dos nutrientes, reduzindo a probabilidade de câncer no cólon e aliviando a prisão de ventre. Além disso, as leveduras de cerveja são probióticos, aumentando as defesas do organismo e melhorando a textura da pele, dos cabelos e das unhas (DRAGONE e SILVA, 2010). O lúpulo, considerado uma erva com propriedades medicinais, é usado como antibiótico e anti-inflamatório (NIMUBONA et al., 2013).

Do ponto de vista nutricional, a cerveja contém quantidades significativas de vitaminas do complexo B, principalmente folatos, riboflavinas e selênio. Os polifenóis são os antioxidantes encontrados em maior quantidade na dieta (LUGASI, 2003; TUFALO et al., 2010). Classificados como um grupo de substâncias fenólicas de baixo peso molecular, podem ser encontrados em forma livre ou mais frequentemente ligados a outros compostos como ésteres e glicosídeos e atuam como captadores de radicais livres devido a sua estrutura química. Os principais polifenóis encontrados na cerveja provem da casca da cevada malteada e do lúpulo. Cerca de 70 a 80% dos compostos fenólicos são originários do malte, enquanto 20 a 30% se originam do lúpulo (ZHAO et al., 2010; MOURA-NUNES et al., 2016).

O ácido ferúlico é o principal ácido fenólico encontrado em cervejas, representando entre 48% e 58% do total de ácidos fenólicos. Presente na cevada em maior quantidade ligado na forma de éster com polímeros arabinoxilados e apenas 10% em sua forma livre, quando combinado com outras substâncias naturalmente presentes na cerveja, como açúcares, ácidos orgânicos, substâncias nitrogenadas e íons metálicos, tem sua quantificação dificultada (MONTANARI, 1999). O flavonóide encontrado em maior quantidade no lúpulo é o xanthohumol (figura 4). Entretanto, durante o processamento, os polifenóis, principalmente os flavonóis, podem se polimerizar e se combinar com proteínas, causando turbidez no produto (KEUKELEIRE, 2000; QUIFER-RADA et al., 2015).

Figura 4 – Principais polifenóis encontrados na cerveja



Fonte: KEUKELEIRE, 2000.

Devido a essa capacidade antioxidante, comparável à do vinho branco, e baixo teor alcoólico, a cerveja é capaz de melhorar a atividade antioxidante do plasma, reduzindo o risco de doenças coronarianas (SIQUEIRA et al., 2008). E além de não possui gordura ou colesterol, fornece minerais essenciais, contribuindo para uma dieta equilibrada e saudável. Polissacarídeos provenientes das paredes celulares do malte, que não são utilizados durante a fermentação também atuam como fibras solúveis, contribuindo para o trânsito intestinal. A cerveja contêm amino ácidos essenciais em níveis entre 5 – 10mg/100g (BAMFORTH, 2002). A cerveja contêm os elementos sódio, magnésio, alumínio, sílica, fósforo, enxofre, cloro, potássio, cálcio, titânio, cromo, manganês, ferro, cobre, zinco, bromo, rubídio, estanho, selênio, chumbo e mercúrio, em quantidades traço (HATORI, 2010). Graças ao seu baixo teor de sódio e elevado teor de potássio, a cerveja produz um efeito diurético, estimulando o funcionamento renal, ajudando também no combate à hipertensão e à formação de pedras na vesícula por ser rica em magnésio (DRAGONE e SILVA, 2010; BRANYIK et al., 2012).

O estatístico Raymond Pearl provavelmente foi o primeiro pesquisador a fazer um estudo sério sobre o impacto da abstinência, moderação e consumo excessivo de bebida na saúde. Em 1926, ele entrevistou mais de 2000 trabalhadores em Baltimore, concluindo que os trabalhadores que bebiam moderadamente viviam mais do que os abstêmios e muito mais do que aqueles que bebiam excessivamente (BAMFORTH, 2004).

2.5 Análise Sensorial

O crescimento no número das microcervejarias e das cervejarias artesanais

está ligada ao estilo de vida contemporâneo de consumo. Experiências de consumo diferenciadas são oferecidas já que são produzidas uma grande variedade de estilos de cervejas. O sabor e o aroma de uma cerveja são aspectos vitais de sua qualidade e portanto, na percepção dos consumidores (CABALLERO et al., 2012).

Essas experiências de consumo incluem quatro dimensões: sensorial, afetivo, intelectual e comportamental. Algumas cervejas podem provocar apenas uma experiência puramente sensorial, através do paladar, enquanto outras podem provocar uma mistura de experiências sensoriais e afetivas ou sensoriais e cognitivas, e é esse tipo de estímulo que as pessoas tem procurado cada vez mais. Assim, o sucesso de uma marca depende do envolvimento com o produto, a satisfação do consumidor em apreciar o produto e a personalidade da marca (GÓMEZ-CORONA et al., 2017).

A análise sensorial é uma etapa importante no processo de produção de cerveja, já que mesmo embora os instrumentos analíticos sejam efetivos em detectar características físico-químicas, ainda assim não são capazes de medir a percepção humana. Assim, a análise sensorial é importante para avaliar a aceitação do produto como, por exemplo, determinar a porção do mercado que tem intenções de compra e quantificar características sensoriais do produto. O uso da análise sensorial se desenvolveu com o surgimento de métodos descritivos de análises, os quais permitem detalhar as características de um determinado produto (DRAGONE e SILVA, 2010; CARDELLO et al., 2016).

As metodologias desenvolvidas para realização da análise sensorial são baseadas em delineamentos estatísticos e interpretações adequadas dos dados, depois de terem sido realizados testes objetivos para avaliação organoléptica da cerveja. Atualmente existem três linhas básicas na condução de ensaios sensoriais: métodos afetivos para avaliação da aceitabilidade e preferência, métodos discriminativos para identificar diferenças entre atributos e métodos descritivos para avaliar a intensidade de atributos sensoriais dos produtos (DRAGONE e SILVA, 2010). A tabela 5 mostra um resumo dos métodos sensoriais, seus pré-requisitos e finalidades (LABOISSIÈRE et al., 2001).

Tabela 5 – Resumo métodos sensoriais, pré-requisitos e finalidade

Método	Número de amostras Testadas	Servidas	Nº juízes	Finalidade
Escala				
Descritiva	1-6	1-6	5-15	Seleção da amostra
Numérica	1-6	1-6	5-12	Seleção da amostra
Composta	1-4	1-4	5-12	Avaliação comparada
Diferença				
Triangular	1	3	6-25	Detectar diferenças quando variações entre amostras são pequenas
Duo-trio	1	3	6-25	Detectar diferenças quando existem variações entre amostras e também para treinamento
Comparação pareada	2	8	5-12	Detectar pequenas diferenças quando há pequena variação entre amostras
Comparação múltipla	1-4	1-5	5-12	Detectar diferenças de intensidade média quando há pequena variação entre amostras
Analítico				
Estímulo único	1	1	6-25	Detectar sabor estranho
Perfil de sabor	1	1	4-6	Detectar sabor estranho ou mudança de sabor; descrever o sabor de produtos novos; análise de sabor

Fonte: LABOISSIÈRE et al., 2001.

A análise sensorial é realizada em função das respostas dos indivíduos às várias sensações que se originam de reações fisiológicas e são resultantes de certos estímulos, gerando a interpretação das propriedades dos produtos. Para isto é preciso que haja entre as partes, indivíduos e produtos, contato e interação. O estímulo é medido por processos físicos e químicos e as sensações por efeitos psicológicos. As sensações produzidas podem dimensionar a intensidade, extensão, duração, qualidade, gosto ou desgosto em relação ao produto avaliado. Nesta avaliação, os indivíduos, numa percepção somato-sensorial, utilizam os sentidos da visão, olfato, audição, tato e gosto (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 2008).

Os testes sensoriais discriminativos ou de diferença são considerados métodos objetivos utilizados em análise sensorial de alimentos, bebidas e água, com os efeitos das opiniões dos indivíduos minimizados. Medem atributos específicos pela discriminação simples, indicando por comparações, se existem ou não diferenças estatísticas entre amostras. Exigem cuidados na padronização do preparo e apresentação das amostras e na formação da equipe sensorial. Todas as amostras devem ser codificadas com números aleatórios de três dígitos, casualizadas e apresentadas à equipe pré-selecionada e treinada. Os testes devem ser conduzidos em cabines individualizadas com controle das condições ambientais, tais como: iluminação, temperatura, ausência de sons ou ruídos e livre

de odores estranhos. Os testes mais empregados são o triangular, duo-trio, ordenação, comparação pareada e comparação múltipla ou diferença de controle (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 2008).

Os testes sensoriais descritivos são métodos que descrevem os componentes ou parâmetros sensoriais e medem a intensidade em que são percebidos. Se referem a aparência, odor, aroma, textura, sabor e gosto. Geralmente, a equipe sensorial define previamente os termos relativos às propriedades mais relevantes do produto e sua sequência de avaliação. Na análise descritiva o provador também avalia, através de uma escala, o grau de intensidade com que cada atributo está presente. Os julgadores devem ser treinados a usar a escala de forma consistente em relação à equipe e às amostras, durante todo período de avaliação. Exige-se cuidado na padronização do preparo e apresentação de amostras e na formação da equipe sensorial. As amostras selecionadas devem ser apresentadas à equipe treinada (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 2008).

Teste afetivo é o método utilizado em análise sensorial de alimentos, bebidas e água. O julgador expressa seu estado emocional ou reação afetiva ao escolher um produto pelo outro. É a forma usual de se medir a opinião de um grande número de consumidores com respeito as suas preferências, gostos e opiniões. As escalas mais empregadas são: de intensidade, a hedônica, do ideal e de atitude ou de intenção. Os julgadores não precisam ser treinados bastando ser consumidores frequentes do produto em avaliação. Os testes afetivos em função do local de aplicação podem ser de laboratório, localização central e uso doméstico. Basicamente, os testes afetivos podem ser classificados em duas categorias: de preferência (escolha) e de aceitação (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 2008). Essa metodologia tem sido cada vez mais empregada nas empresas, já que o sucesso comercial do produto está diretamente relacionado com o atendimento às expectativas do seu consumidor (DRAGONE e SILVA, 2010).

3 OBJETIVOS

3.1 Objetivo geral

O presente trabalho visou produzir cerveja com baixo teor alcoólico utilizando banana como adjunto de malte, com o objetivo de avaliar suas características físico-químicas e sensoriais, contribuindo para o aprimoramento da tecnologia de produção de cervejas com adjuntos não convencionais.

3.2 Objetivos específicos

✦ Estudar o processo fermentativo de cervejas com 100, 65, 45 e 25% de malte em mostos complementados com 0, 35, 55 e 75% de polpa de banana madura, respectivamente, para ajuste do teor do extrato primitivo;

✦ Determinar a fermentabilidade dos mostos preparados nas temperaturas de mosturação de 65º e 70ºC por 1 hora;

✦ Avaliar o processo fermentativo na produção das cervejas nas temperaturas de fermentação de 9º e 15ºC;

✦ Avaliar as características físico-químicas das cervejas com adição da banana;

✦ Determinar a proporção de malte e adjunto que mais agrada ao consumidor por meio de análise sensorial;

4 METODOLOGIA PROPOSTA

Os experimentos foram realizados na Planta Piloto de Bebidas do Departamento de Biotecnologia da Escola de Engenharia de Lorena da Universidade de São Paulo, EEL-USP.

4.1 Água

A água utilizada para a produção do mosto cervejeiro nas análises preliminares foi do poço artesiano localizado no campus I da Escola de Engenharia de Lorena da Universidade de São Paulo, EEL-USP. As análises físico-químicas e microbiológicas foram realizadas no Departamento de Hidráulica e Saneamento da USP, no campus de São Carlos/SP. A tabela 6 mostra as características físico-químicas da água utilizada.

Tabela 6 – Características físico-químicas da água do poço artesiano da EEL

Características	Resultados	Possível afetação
Ph	6,66	Corrosão ou inibição das enzimas
Odor	Poucos odores	Defeito sensorial (odor)
Sabor	Livre	Defeito sensorial (teste)
Aspecto	Limpo	Defeito sensorial (visual)
Turbidez	0,54 UNT	Defeito sensorial (visual)
Cor	< 5 MG PI/L	Defeito sensorial (visual)
Dureza total	26 mg/L	Depende do tipo de cerveja a elaborar
Cloretos	1,2 mg/L	Corrosão e sabor salgado
Nitrato	0,19 mg/L	Problemas na fermentação (elaboração e sensorial)
Ferro	0,055 mg/L	Detecção sensorial (teste e turbidez)

Fonte: AIZEMBERG, 2015.

A água utilizada para a produção das cervejas puro malte, nas proporções malte/banana de 65/35 e 45/55 foi mineral comercial, da marca Monteiro Lobato. As características físico-químicas fornecidas pelo site da empresa envasadora estão mostradas na figura 5.

Figura 5 – Características da água mineral da marca Monteiro Lobato utilizada nas cervejas Ale produzidas

FONTE EMÍLIA (POÇO)				FONTE VISCONDE (POÇO)			
COMPOSIÇÃO QUÍMICA (mg/L)				COMPOSIÇÃO QUÍMICA (mg/L)			
ANÁLISE nº 326 LAMIN/CPRM-SP				ANÁLISE nº 327 LAMIN/CPRM-SP			
Bário	0,020	Fosfato	0,09	Bário	0,034	Sulfato	10,64
Estrôncio	0,059	Sulfato	1,10	Estrôncio	0,250	Bicarbonato	159,93
Cálcio	5,410	Bicarbonato	32,80	Cálcio	37,20	Fluoreto	0,12
Magnésio	1,250	Fluoreto	0,09	Magnésio	7,990	Nitrato	0,51
Potássio	2,140	Nitrato	0,64	Potássio	2,940	Cloreto	0,82
Sódio	3,510	Cloreto	0,17	Sódio	6,460	Brometo	0,03
CARACTERÍSTICAS FISICO-QUÍMICAS				CARACTERÍSTICAS FISICO-QUÍMICAS			
pH a 25°C			6.15	pH a 25°C			7.15
Temperatura da água na fonte			21,4°C	Temperatura da água na fonte			23°C
Condutividade a 25°C			59,4	Condutividade a 25°C			243
Resíduo de evaporação a 180°C calculado			58,25mg/L	Resíduo de evaporação a 180°C calculado			175,22mg/L
CLASSIFICAÇÃO				CLASSIFICAÇÃO			
"Água Mineral Fluoretada"				"Água Mineral Fluoretada"			

Fonte: SITE EMPRESA MONTEIRO LOBATO.

4.2 Lúpulo

Na elaboração do mosto foi utilizado o lúpulo Zeus T-90, na forma de pellet para amargor e aroma.

4.3 Malte de cevada

O malte de cevada utilizado foi o malte claro tipo Pilsen, doado pela Malteria do Vale S/A, de Taubaté – SP e fornecido em sacos de 50 Kg. A tabela 7 mostra as principais características do malte, analisados pelo fabricante.

Tabela 7 – Laudo do fabricante contendo as características do malte Pilsen

Característica	Resultados
Aspecto, cor e odor	Normais
Umidade (%)	4,4
Extrato M.F. i.a.[a]	82,5
Diferença de extrato (%)[b]	1,8
Cor do mosto após fervura (EBC)	6,0
Sacarificação (min)	< 10
Proteína total (%)	9,9
Nitrogênio solúvel malte (mg/100g)	638
Nitrogênio amino livre – FAN (mg/100g)	135
Poder diastático (WK)	256
pH do mosto	6,05

Fonte: Maltearia do Vale Ltda. (2012) a – rendimento do extrato moagem fina, base seca. b – diferenças de rendimento de moagem fina e grossa.

4.4 Leveduras

A levedura utilizada foi a linhagem cervejeira da espécie *Saccharomyces cerevisiae* de baixa fermentação (tipo lager), pertencente ao banco de Microrganismos da Planta Piloto de Bebidas da Escola de Engenharia de Lorena – PPB-01. Utilizou-se também a levedura Safale S-04, da empresa Fermentis (tipo ale).

4.5 Adjunto de banana

O adjunto do malte foi preparado a partir de bananas do tipo prata (*Musa SP*). Foram utilizadas bananas no estágio E7, critério baseado na coloração da casca em amarelo com áreas marrons classificadas na escala de maturação de Von Loesecke (PBMH & PIF, 2006). As bananas selecionadas foram lavadas com água corrente potável e sabão neutro para retirada de resíduos. Após esta sanitização as frutas foram descascadas e trituradas em aparelho Mixer Walita para incorporação na composição do mosto.

Os sólidos solúveis foram quantificados com auxílio de refratômetro digital portátil, utilizando-se a polpa após trituração e diluição em água destilada (1:1) com o resultado expresso em graus Brix (AOAC, 1992). O teor de umidade da banana foi determinado em triplicata. Amostras de 5g foram colocadas em balança de umidade Denver Instruments IR-30 a 105ºC até massa constante (EBC, 2005). A determinação do pH da banana foi realizada em pHmetro digital da marca MARCONI, modelo MA522. Na determinação da acidez total titulável (ATT) foi colocado 5g da polpa homogeneizada em um bequer e acrescentado água destilada até o volume final de 100mL. A solução foi então titulada com hidróxido de sódio 0,1M, com auxílio do pHmetro. O percentual de ácido málico (g de ácido málico por 100g de polpa de banana fresca) foi determinado de acordo com INSTITUTO ADOLFO LUTZ (2008).

4.6 Mosturação e fermentabilidade

Foram elaborados quatro tipos de mostos com diferentes proporções de malte e de adjunto de banana. As mosturações foram conduzidas com as seguintes

proporções de malte/banana: 100/0, 65/35, 45/55 e 25/75. O processo de mosturação foi realizado em um banho de brassagem (Lochner Labor Tecnik), com quatro recipientes com capacidade de 500mL cada um, segundo a norma EBC (2005), a fim de verificar a melhor condição de fermentação. Os ensaios foram realizados em duplicata. As concentrações de extratos fermentescíveis e FAN foram realizadas segundo a norma EBC (2005) e as análises de pH realizadas em medidor da marca Marconi, modelo MA522.

4.7 Produção da cerveja

Foram produzidas cervejas com as seguintes proporções de malte/banana: 100/0, 65/35 e 45/55. O objetivo desses ensaios foi verificar a quantidade de açúcares fermentescíveis liberados na etapa da mosturação, o teor alcoólico resultante nas cervejas obtidas e verificar se o FAN disponível foi suficiente para a atividade das leveduras.

A moagem do malte de cevada foi realizada passando-se os grãos uma vez no moinho de rolos motorizado com distanciamento de 0,7 mm entre os rolos, para obtenção da granulometria desejada para a mosturação.

No processo de mosturação, inicialmente foi aquecida a água primária a 35ºC e em seguida adicionado o malte e a polpa de banana. Foram realizadas mosturações com duas temperaturas diferentes: 65º e 70ºC com duração fixa de uma hora para cada uma dessas mosturações. O pH inicial foi ajustado para 5,5 pela adição de ácido lático, e tamponado com $CaCl_2$ na proporção de 1,26 g/kg de malte, quando necessário. Ao final de uma hora de mosturação as temperaturas dos mostos foram elevadas para 78ºC a fim de se inativar as enzimas e interromper o processo.

Ao término da mosturação, o mosto primário foi filtrado por uma malha de aço colocada no fundo da panela e pela camada filtrante formada pela própria casca do malte de cevada que serviu de filtro para a lavagem com um determinado volume de água secundária a 80ºC. O volume de água secundária foi calculado de acordo com as proporções de malte/banana utilizados no processo. A água secundária teve a função de extrair os açúcares residuais ainda presentes nas cascas do malte.

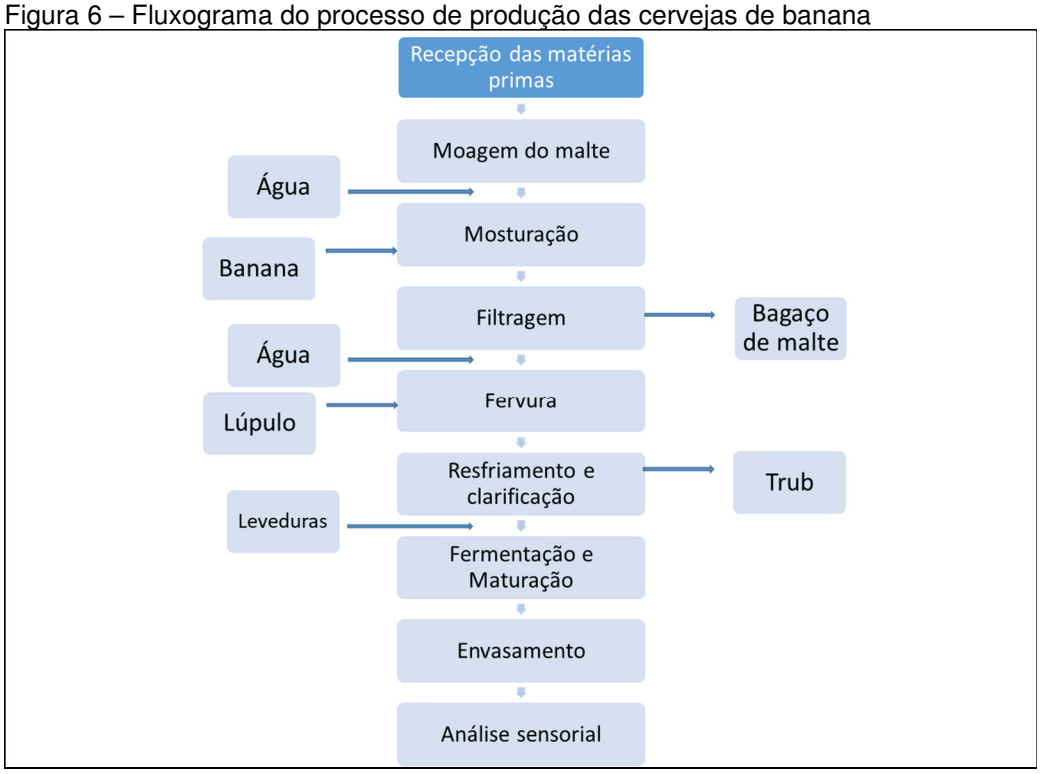
O mosto obtido após a filtração foi aquecido até a fervura e mantido nessas

condições até que a concentração de sólidos solúveis atingisse 3,26ºP de extrato original (extrato primitivo), calculado em função da obtenção de uma bebida com teor de 2% (v/v) de álcool final. No início da fervura foi adicionado lúpulo na forma de pellets na proporção de 0,9g/L de mosto e à aproximadamente 20 minutos do final da fervura foi adicionado novamente lúpulo na mesma proporção de 0,9g/l.

Após o término da fervura o mosto foi resfriado até 12ºC, temperatura que propicia a decantação do trub (complexo insolúvel formado por proteínas do malte e polifenóis do lúpulo e outras substâncias insolúveis provenientes da banana). Em seguida o mosto foi transferido para o recipiente de fermentação.

As fermentações foram realizadas em garrafão de vidro com capacidade para 20 L contendo 10 L de mosto malte/banana a 3,26ºP de concentração. Os garrafões foram mantidos em geladeira a 9º ou 15ºC até que a concentração de açúcares atingisse uma concentração constante, indicando o final do processo fermentativo. Após o término da fermentação, as cervejas foram transferidas para outro recipiente semelhante, tomando-se o cuidado de retirar o excesso de leveduras. O processo de maturação a frio aconteceu durante 10 dias visando a sedimentação de células, colóides e outras substâncias presentes. Após esse período, as cervejas foram engarrafadas e tampadas em garrafas de vidro de 600mL, contendo solução concentrada de açúcar na concentração de 5g/L de cerveja. A cerveja engarrafada sofreu uma fermentação secundária por um período de 14 dias a temperatura ambiente, resultando na sua carbonatação. A figura 6 mostra o processo de produção das cervejas de banana.

Figura 6 – Fluxograma do processo de produção das cervejas de banana



Fonte: Arquivo pessoal.

Durante o processo de fermentação foram retiradas 10mL de amostras, periodicamente a cada 6 horas, durante as 48 horas iniciais e depois, a cada 12 horas. O rendimento aparente da fermentação foi calculado pela diferença de extrato antes da fermentação (extrato original) e depois da fermentação (extrato aparente). Para se conhecer o perfil do processo fermentativo dos diferentes tratamentos, foram feitas as seguintes análises físico-químicas: extrato aparente (ºP), teor alcoólico (%, v/v), grau de fermentação aparente (%) e densidade (g/mL), determinados em um analisador de cerveja (Beer Analyser 2, ANTON-PAAR®, Áustria). As amostras foram centrifugadas em tubos falcon a 5.000rpm por 10min em centrífuga CIENTEC, modelo CT 5000d e transferidas para outros tubos falcon. Após a retirada do gás do sobrenadante, a amostra foi injetada no analisador de cerveja. A medição do pH foi realizada por potenciometria, com auxílio de pHmetro (Marconi, modelo MA522).

Para a determinação microscópica da concentração das células em suspensão foi utilizado 1,0mL das amostras colhidas durante a etapa de fermentação primária. As concentrações de células em suspensão foram determinadas por contagem em câmara de Neubauer (1/400 x 1/10mm) e

expressas em células/mL. A determinação da viabilidade celular foi realizada pelo Método Internacional de coloração com azul de metileno segundo ASBC (1996).

Ao final da fermentação e maturação foram calculados o fator de conversão de extrato em álcool (equação 1), a eficiência da conversão de substrato em álcool (equação 2) e a produtividade em álcool (equação 3).

Equação 1 – Fator de conversão de extrato em álcool

$$Y(p/s) = \frac{Massa\ de\ álcool\ produzida\ por\ quantidade\ de\ açúcar\ consumido}{Massa\ de\ extrato\ consumido}\ [g/g]$$

Equação 2 – Eficiência da conversão de substrato em álcool

$$Eficiência = \frac{Y(p/s)\ obtido}{Y(p/s)\ teórico} \times 100\ [\%]$$

Equação 3 – Produtividade em álcool

$$Q = \frac{Taf - Tai}{tempo}\ [g/L.h]$$

Em que:

T_{af} = teor de álcool final [g/L]

T_{ai} = teor de álcool inicial [g/L]

t = tempo [h]

Os dados obtidos foram analisados por Análise de Variância (ANOVA) e para a comparação das médias foi aplicado o teste de Tukey, com significância de 5% ($p<0,05$).

4.8 Inóculo

O inóculo foi preparado com as leveduras cervejeiras utilizadas (linhagem pertencente ao banco de Microrganismos da Planta Piloto de Bebidas da EEL – *Saccharomyces cerevisiae* – PPB-01 e fermento S-04 Safale, adquirido da empresa Fermentis).

Foi transferido 1,0mL da levedura PPB-01 contendo $1,0 \times 10^8$ células/mL de células, em condições assépticas, para um tubo de ensaio contendo 10mL de mosto cervejeiro na concentração de 5ºP. O cultivo foi realizado em estufa a 30ºC

até atingir a metade da concentração inicial do mosto. Após o cultivo, os 10mL foram transferidos para um Erlenmeyer de 250mL contendo 90mL de mosto de malte/banana com concentração de 5ºP formando um volume de 100mL. Em seguida foi incubado a 30ºC e colocado sob agitação (agitador rotatório Innova 4000 – New Brunswick Scientific) a 200rpm até que a concentração do mosto atingisse aproximadamente a metade da concentração inicial (2,5ºP). O próximo passo foi transferir esse volume de 100mL para um Erlenmeyer de 2L contendo 900mL de mosto a 5ºP, também sob agitação de 200rpm e temperatura de 30ºC, que foi incubado até atingir 2,5ºP. Em seguida o conteúdo do Erlenmeyer foi transferido para geladeira até a decantação para a concentração das células. Na sequência foi retirado o sobrenadante e efetuado a contagem de células para garantir que fosse inoculado uma concentração de $1,0x10^8$ células/mL em 10L de mosto.

A levedura S-04 Safale, da empresa Fermentis, foi utilizada conforme instruções do fabricante.

4.9 Análise Sensorial

As cervejas prontas serão submetidas à análise sensorial para se obter a melhor formulação a ser testada na planta piloto e com isso desenvolver um novo produto. Essas análises estão em curso e devem estar finalizadas até o final do mês de agosto.

Os testes de Análise Sensorial serão aplicados em uma equipe composta de 20 a 30 provadores treinados, consumidores regulares de bebidas alcoólicas e com experiência em análises descritivas de cervejas. Os provadores responderão um questionário padrão aprovado pelo BJCP, o ‘Beer Judge Certification Program’, entidade sem fins lucrativos cujo principal objetivo é formar e certificar juízes em cerveja. O questionário que será utilizado está em anexo.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Como o objetivo do trabalho é a obtenção de cerveja com baixo teor alcoólico a partir de mostos produzidos pela adição da banana ao malte em diferentes proporções, em uma primeira etapa foram realizados experimentos embasados na metodologia de preparação da cerveja apenas com o malte, sem a presença do adjunto de banana. Em uma segunda etapa, foram avaliados diferentes perfis de mosturação com o mosto contendo malte e banana em diferentes proporções.

5.1 Avaliação das mosturações modificadas

A metodologia desenvolvida nessa etapa foi baseada na preparação de uma cerveja apenas com o malte. Os mostos foram preparados nas temperaturas de 65º e 70ºC por 1 hora e o inóculo utilizado foi o pertencente ao banco de Microrganismos da Planta Piloto de Bebidas da Escola de Engenharia de Lorena – PPB-01. Amostras de 10mL foram retiradas de 12 em 12 horas durante a fermentação. A Tabela 8 mostra a evolução do grau de fermentação real e do grau de fermentação aparente em função do tempo de fermentação. Observa-se maiores valores do grau de fermentação aparente na temperatura de 65ºC, faixa de temperatura em que as enzimas beta-amilase e alfa-amilase, responsáveis pela quebra do amido em moléculas menores, estão atuando. Já a temperatura de 70ºC apenas a alfa-amilase está atuando, o que realmente confirmaria os menores valores de fermentação aparente, ou seja, resultando em um mosto com menos teor de fermentáveis, uma cerveja mais encorpada e menor teor alcoólico.

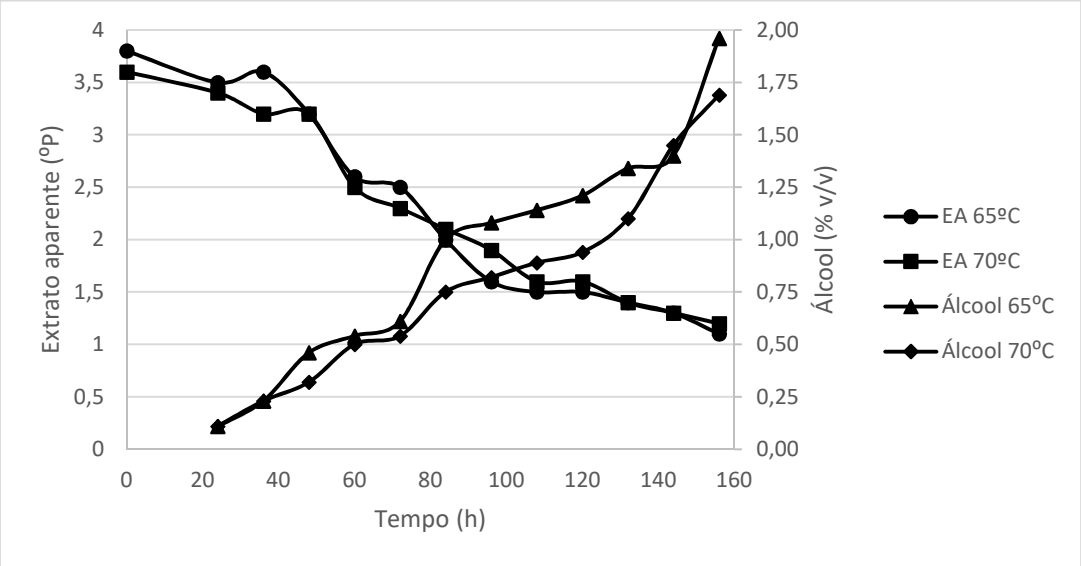
Tabela 8 – Evolução do grau de fermentação real e aparente

Horas	Grau de fermentação real (%)		Grau de fermentação aparente (%)	
	Temperatura			
	65ºC	70ºC	65ºC	70ºC
24	6,29±0,21	7,78±0,15	7,19±0,21	9,00±0,31
36	11,14±0,18	12,76±0,19	13,00±0,29	15,03±0,26
48	20,06±0,16	16,31±0,21	24,13±0,35	19,36±0,25
60	26,84±0,20	21,69±0,15	32,19±0,15	25,93±0,19
72	36,06±0,24	27,77±0,25	43,55±0,18	32,77±0,21
84	45,00±0,21	32,98±0,30	54,64±0,30	39,80±0,28
96	46,25±0,22	36,92±0,16	56,20±0,25	44,67±0,27
108	50,30±0,19	40,93±0,18	61,25±0,19	49,64±0,25
120	53,52±0,21	44,58±0,10	65,28±0,15	58,18±0,21
132	56,71±0,20	47,46±0,40	68,70±0,21	57,93±0,19
144	58,46±0,30	49,79±0,36	70,96±0,28	60,68±0,18
156	59,61±0,18	50,97±0,21	72,37±0,26	62,15±0,15

Fonte: Arquivo pessoal.

A figura 7, mostra o perfil da fermentação em relação ao extrato aparente em graus Plato (ºP) e a formação de álcool em % (v/v). Observou-se que a partir de 72 horas a produção de etanol aumentou rapidamente na fermentação a 65ºC, diminuindo a velocidade de produção até 144 horas, voltando a aumentar até atingir o máximo em 156 horas. O mesmo perfil foi observado na fermentação a 70ºC, porém num ritmo menor. Verificou-se um aumento na velocidade de produção de etanol com 120 horas, atingindo o máximo em 156 horas, quando as fermentações foram paradas. A mosturação a 65ºC foi a que proporcionou maior produção de etanol e a que chegou mais próxima ao teor alcoólico desejado (2% v/v).

Figura 7 – Consumo de extrato aparente (ºP) e produção de etanol (% v/v) nos mostos preparados nas temperaturas de 65ºC e 70ºC por 1h



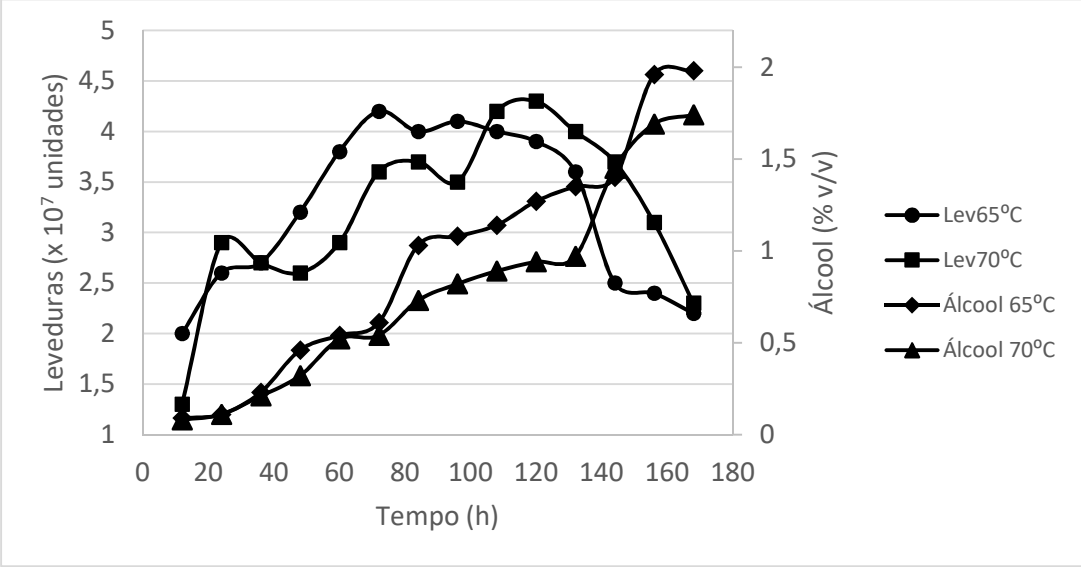
Fonte: Arquivo pessoal.

As mosturações realizadas a 65ºC geraram uma maior quantidade de extrato, já que a temperatura favoreceu a atividade da enzima beta-amilase, proporcionando uma maior sacarificação do mosto pela liberação de maltose, que é metabolizada prontamente pela levedura.

A figura 8 apresenta o comportamento do crescimento celular, bem como a produção de álcool resultante do metabolismo das leveduras nas mosturações realizadas a 65º e 70ºC. As mosturações realizadas a 65º e 70ºC apresentaram perfis de crescimento semelhantes, embora tenham atingido o máximo de células em tempos diferentes (ao redor de 72 horas para a mosturação realizada a 65ºC e 120 horas para a realizada a 70ºC). Para o mosto obtido a 70ºC a quantidade de maltose pode ter sido menor devido a uma menor atuação da beta-amilase, enzima que atua melhor na temperatura de 65ºC, por isso as leveduras demoraram mais a se multiplicarem, atingindo o pico apenas com 120 horas de fermentação, diferentemente do mosto obtido a 65ºC.

Nesses dois mostos, o crescimento das leveduras acompanharam um perfil típico de fermentação alcoólica, apresentando as fases de adaptação celular, aumento da velocidade de multiplicação celular, fase exponencial, fase estacionária e a fase de declínio.

Figura 8 – Número de células/mL de mosto e produção de etanol nas diferentes temperaturas de mosturação



Fonte: Arquivo pessoal.

Alguns parâmetros fermentativos obtidos nesses ensaios como extrato real

(ºP), extrato aparente (ºP), concentração alcoólica (%v/v) e grau de atenuação aparente da fermentação (%) foram comparados com os resultados obtidos por HENDGES (2014), que estudou a produção de uma cerveja de baixo teor alcoólico utilizando quinoa como adjunto do malte (tabela 9). HENDGES (2014) realizou mosturações padrão em rampas (35ºC/20min, 45ºC/10min, 52ºC/10min, 62ºC/20min, 72ºC/20min e 78ºC/10min), Infusão Simples (72ºC/30min) e mosturação de dois passos (MDP) (52ºC/30min e 72ºC/30min). A comparação com o trabalho de HENDGES (2014) foi utilizada porque em ambos os trabalhos foram estudadas modificações nas mosturações, verificando a disponibilidade do extrato obtida para a etapa da fermentação.

Tabela 9 – Comparação dos valores de extrato original, concentração alcoólica, extrato aparente, grau de atenuação aparente e rendimento ao final da fermentação

Parâmetros fermentativos obtidos						
Mosturações	EO (ºP)	Álcool (%v/v)	EA (%m/m)	GFA (%)	Yp/s (g/g)	Tempo (h)
65ºC – 1 h	3,68±0,06	1,38±0,02	0,99±0,06	73,09±0,03	0,40	168
70ºC – 1 h	3,17±0,04	1,02±0,02	1,16±0,05	65,53±0,03	0,36	168
Parâmetros fermentativos obtidos por HENDGES						
Padrão	10,02	4,04±0,02	2,41±0,01	75,90±0,01	0,40	180
Inf. simples	9,60±0,01	2,48±0,02	4,55±0,02	50,59±0,01	0,39	108
MDP	10,69±0,01	3,18±0,01	4,26±0,02	58,56±0,01	0,39	132

Fonte: Arquivo pessoal. EO – extrato original, EA – extrato aparente, GFA – grau de atenuação aparente, Yp/s – rendimento da fermentação (g/g).

Embora a concentração de extrato para a produção da cerveja de HENDGES (2014) tenha sido de aproximadamente três vezes a concentração de extrato utilizada neste ensaio preliminar, foi possível notar que os graus de atenuação ficaram próximos da condição padrão, bem como os rendimentos.

Foi possível notar também que as temperaturas de mosturação utilizadas neste trabalho foram adequadas ao objetivo de se obter menor quantidade de extrato fermentescível para a fermentação, resultando em um teor alcoólico menor, diminuindo o sabor de mosto na cerveja resultante.

Neste trabalho foi levado em consideração que os maltes comercializados atualmente são modificados de modo que não necessitam rampas de temperatura tão exatas durante a mosturação. Isso porque uma boa parte das proteínas de maior peso molecular já foram quebradas em proteínas médias e pequenas durante a subida gradual da temperatura do mosto. De uma forma geral, são as de cadeia média que realmente irão contribuir para a formação e estabilidade da espuma. Assim, efetuar uma parada proteica num mosto com baixa presença de grãos ricos

em proteína é extremamente prejudicial ao corpo e espuma da cerveja. Esse foi um dos motivos pelos quais foi escolhida apenas uma temperatura durante a mosturação e não várias rampas, como é feito tradicionalmente na produção de cervejas.

5.2 Avaliação das mosturações modificadas com o adjunto banana

A banana utilizada foi a da variedade Prata, no estágio de maturação E7, ou seja, muito madura com a casca completamente tomada pelas manchas de coloração marrom. As medidas de pH, sólidos solúveis totais, acidez titulável total e umidade da banana estão apresentadas na tabela 10 abaixo.

Tabela 10 – Características da banana utilizada como adjunto do malte nas mosturações modificadas

Parâmetros	Medições
pH	4,8±0,2
SST	21,4±0,01 ºBrix
ATT	0,78±0,05 (% ácido málico/100 g polpa)
Umidade	73,3±0,45%

Fonte: Arquivo pessoal. SST – sólidos solúveis totais, ATT – acidez titulável total.

Os valores de pH e sólidos solúveis totais encontrados ficaram bem próximos aos valores encontrados por outros pesquisadores (CANO et al., 1997; PINHEIRO, 2004; NASCIMENTO JUNIOR et al., 2008; CARVALHO, 2009; TUFALO et al., 2010) para bananas do tipo Prata maduras. O pH ácido do fruto maduro e a redução da adstringência também está associado ao acúmulo de açúcares solúveis, precursores dos ácidos orgânicos, como o ácido málico, provenientes da transformação do amido.

O teor de sólidos solúveis aumenta com o estágio de maturação do fruto em decorrência da hidrólise do amido, precursor dos açúcares glicose, maltose e dextrinas. Na literatura foram encontrados valores que oscilaram de 19,72 a 22,36° Brix para o fruto maduro. A intensificação da doçura dos frutos decorre da hidrólise do amido, com consequente acúmulo de açúcares solúveis, principalmente glicose, frutose e sacarose.

A acidez total titulável está associada ao aumento da concentração de ácido málico e mede o grau de maturação do fruto. Segundo NOMURA et al. (2020), a banana no estágio verde caracteriza-se por apresentar uma baixa acidez,

aumentando com o decorrer do amadurecimento, até atingir um máximo, quando a casca está totalmente amarela, decrescendo em estágios mais avançados. Valores encontrados na literatura por CANO et al. (1997) e NASCIMENTO JUNIOR et al. (2010) foram menores do que os encontrados neste trabalho (0,57% e 0,66% por 100g de polpa, respectivamente). Isso provavelmente pode ser devido ao grau de amadurecimento das bananas utilizadas, que foi muito maduro. Nesse caso, não houve prejuízo quanto ao 'flavour' final das cervejas produzidas. Segundo NASCIMENTO JUNIOR et al. (2010) em estágios muito maduros, quando começa a senescência do fruto, há aumento substancial da liberação dos compostos voláteis, principalmente ésteres da classe dos acetatos e butiratos, como por exemplo, o acetato de isoamila e o 3-metil-butanoato, responsáveis pelo aroma característico da banana e característica desejável para a obtenção desta cerveja.

Com o decorrer do processo de maturação do fruto, a umidade na polpa da banana tende a aumentar. Isso ocorre porque a hidrólise do amido em açúcar solúvel causa um aumento da pressão osmótica na polpa, fazendo com que a água migre da casca, menos rica em açúcares, em direção à polpa. CARVALHO (2009) encontrou valores de umidade menores (65,12%) para a banana madura, provavelmente devido ao fato da banana utilizada estar em um estágio mais maduro. BLEINROTH et al. (1995), MATTOS et al. (2010) e EMBRAPA (2012) relataram valores variando de 70% a 75% de umidade quando completamente madura.

Com o intuito de verificar a fermentabilidade dos mostos produzidos nas diferentes proporções, o processo de mosturação foi realizado em banho de brassagem (Lochner Labor Tecnik), com quatro recipientes com capacidade de 500 mL cada um, segundo a norma EBC (2005). A polpa obtida foi pesada e misturada ao malte nos recipientes de mosturação nas diferentes proporções, conforme tabela 11. As massas de banana foram calculadas com base nas proporções de malte utilizadas na norma.

Tabela 11 – Resultados da fermentação limite segundo norma EBC

Mostos	Proporção	EO (ºP)	EA (ºP)	GFA (%)	Álcool (% v/v)	Yp/s (g/g)
Puro malte	100/0	4,93±0,02	1,62±0,02	67,2±0,04	1,72±0,02	0,40
Malte/Banana	65/35	6,64±0,02	1,11±0,03	83,3±0,06	2,88±0,02	0,40
	45/55	5,85±0,02	1,05±0,01	81,9±0,02	2,09±0,02	0,40
	25/75	4,98±0,02	1,69±0,03	66,0±0,03	1,70±0,02	0,40

Fonte: Arquivo pessoal. Yp/s – rendimento da fermentação (g/g).

A vantagem na utilização da banana é que ela possui um baixo teor de amido quando nos estágios de maturação mais avançados (CARVALHO, 2009), como é o caso deste estudo. Assim, devido ao elevado poder diastático do malte, o tempo de hidrólise do amido durante a mosturação não foi alterado, já que as próprias enzimas do malte foram responsáveis pela hidrólise do amido da banana.

Ainda segundo CARVALHO (2009), a elevada viscosidade pode tornar a filtração após a mosturação mais lenta. Isso de fato ocorreu durante as filtrações, principalmente no mosto contendo a proporção de 25/75. A torta resultante possuía um aspecto viscoso, assemelhando-se a um 'mingau' de banana. A hipótese é que o aumento na proporção de banana tenha aumentado significativamente a quantidade de dextrinas, polissacarídeos que não são consumidos pela maioria das leveduras e que, quando presentes em quantidades maiores, aumentam a viscosidade do mosto e consequentemente o 'corpo' da cerveja resultante.

A cor do mosto produzido com suco de banana como adjunto é ligeiramente mais escura do que aquela obtida por mosturações tradicionais com malte de cevada ou por processos comerciais tradicionais. Essa observação está de acordo com CARVALHO (2009) e provavelmente é resultado de enzimas presentes na própria fruta tais como a polifenol oxidase, responsável pelo aparecimento da coloração escura. Não foi observado relação direta entre a concentração de banana como adjunto e a coloração do mosto obtido quando é utilizado o fruto, já que em todas as concentrações os mostos obtidos foram semelhantes.

O objetivo da técnica de atenuação limite descrita na norma EBC é a determinação da quantidade de açúcares fermentescíveis no mosto, sendo assim possível determinar a fermentabilidade do mosto. Na técnica utilizada, o mosto é fermentado durante 24 horas, com excesso de leveduras e agitação.

Analisando o rendimento em álcool obtidos nesses ensaios, verificamos Yp/s semelhantes (0,40). Quando se compara esse valor ao Yp/s com o fator de conversão encontrado por Balling de 0,4839 g/g na produção de cerveja puro malte, que se tornou referência (para a construção inclusive de densímetros digitais), é possível encontrar a eficiência de transformação dos açúcares em álcool de 82,7% neste processo de produção de cerveja.

Assim, os mostos contendo malte/banana nas proporções 65/35 e 45/55 resultaram em elevados graus de atenuação aparente (83,3% e 81,9%, respectivamente) com relação ao mosto puro malte (67,2%) e ao mosto contendo

a proporção de 25/75 (66,0%). A tabela 12 mostra os valores do grau de fermentação aparente e o grau de fermentação real.

Tabela 12 – Comparação do grau de fermentação aparente e real nos mostos em diferentes proporções malte/banana

Mostos	Proporção	GFA (%)	GAR (%)
Puro malte	100/0	67,2±0,04	54,4±0,04
	65/35	83,3±0,06	67,5±0,06
Malte/Banana	45/55	81,9±0,02	66,3±0,02
	25/75	66,0±0,03	53,4±0,03

Fonte: Arquivo pessoal.

Esses altos valores de atenuação podem ter ocorrido devido ao maior teor de extrato fermentescível obtido durante a mosturação e o melhor balanceamento entre os nutrientes do malte e da banana, favorecendo a fermentação desses mostos. Entretanto, quando se verifica o grau de atenuação real, os valores estão no intervalo de 68% a 75%, que são valores geralmente encontrados na produção de cervejas lager (AIZEMBERG, 2015).

5.3 Produção das cervejas de banana

Com esses dados preliminares foram produzidos mostos nas proporções malte/banana de 65/35 e 45/55 na concentração adequada para se obter um teor alcoólico de 2% (v/v). A temperatura de mosturação utilizada foi a de 65ºC/1h e os mostos foram fermentados a 9º e 15ºC. A condição de mosturação de 65ºC/1h foi escolhida pois nos ensaios preliminares foi a que proporcionou maiores graus de fermentação real e aparente.

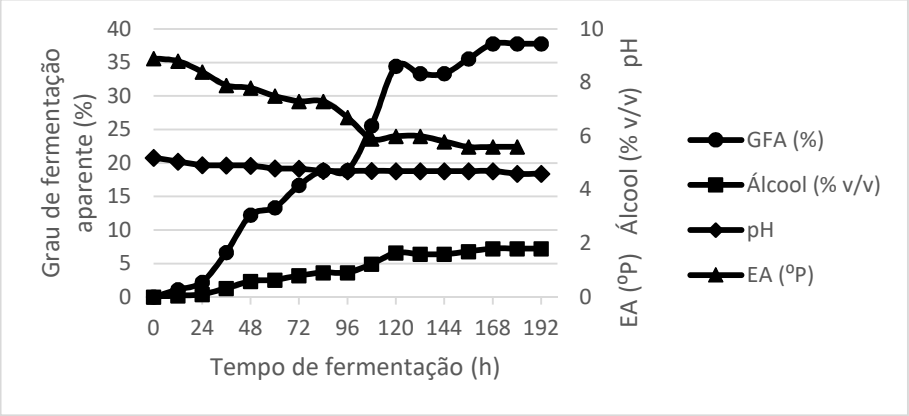
O controle de formação de etanol durante a fermentação pode ser influenciado pela temperatura em que ocorre, já que a temperatura exerce primeiramente seu efeito na velocidade de metabolismo da levedura. CARVALHO (2009) verificou que foi obtido melhor produtividade volumétrica em etanol aumentando a temperatura de fermentação e diminuindo a concentração do mosto em processos high gravity. Em outro estudo, DRAGONE et al. (2004) relata que aumentando a temperatura a 15ºC, temperatura limite para que não haja alteração no ‘flavour’ da bebida, a velocidade de fermentação é aumentada, diminuindo o tempo total do processo. Neste estudo, como se deseja obter teores alcoólicos baixos, por volta de 2%, com a utilização de mostos de baixas concentrações, foram

escolhidas as temperaturas de 9º e 15ºC.

A proporção malte/banana 25/75 não foi produzida. A elevada concentração da polpa da banana dificultou a filtração da torta obtida após o processo da mosturação. Além disso, nessa proporção o grau de atenuação aparente foi de 66%, o mais baixo entre as proporções estudadas e o teste do iodo mostrou-se inconclusivo quanto à total conversão do amido do malte. Isso pode ter ocorrido devido à baixa concentração das enzimas responsáveis pela quebra do amido em açúcares fermentescíveis do malte já que havia pouco malte quando utilizada essa proporção.

A figura 9 apresenta a evolução da concentração do extrato original do mosto, da concentração de etanol, do pH e do grau de fermentação aparente do mosto na proporção malte/banana de 65/35, utilizando a levedura Saccharomyces cerevisiae PPB-01 e temperatura de fermentação de 9ºC. Verifica-se o consumo de substrato desde o início do processo, com concomitante queda no pH do mosto. Porém, com 84 h do início da fermentação, o valor do pH manteve-se constante.

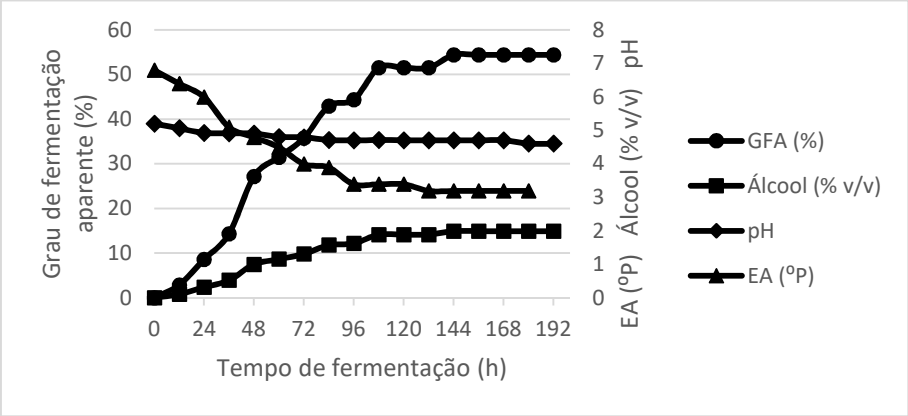
Figura 9 – Concentração de extrato, concentração de etanol, pH e grau de fermentação aparente do mosto na proporção malte/banana 65/35 fermentado a 9ºC com a levedura PPBI-01



Fonte: Arquivo pessoal.

A figura 10 apresenta a evolução da concentração do extrato original do mosto, da concentração de etanol, do pH e do grau de fermentação aparente do mosto na proporção malte/banana de 45/55, utilizando a levedura Saccharomyces cerevisiae PPB-01 e temperatura de fermentação de 9ºC. Verifica-se o consumo de substrato desde o início do processo, com concomitante queda no pH do mosto, como no mosto anterior. Entretanto, apenas com 96 horas do início da fermentação, o valor do pH manteve-se constante. Quanto ao consumo de extrato aparente, a atenuação é mais acentuada.

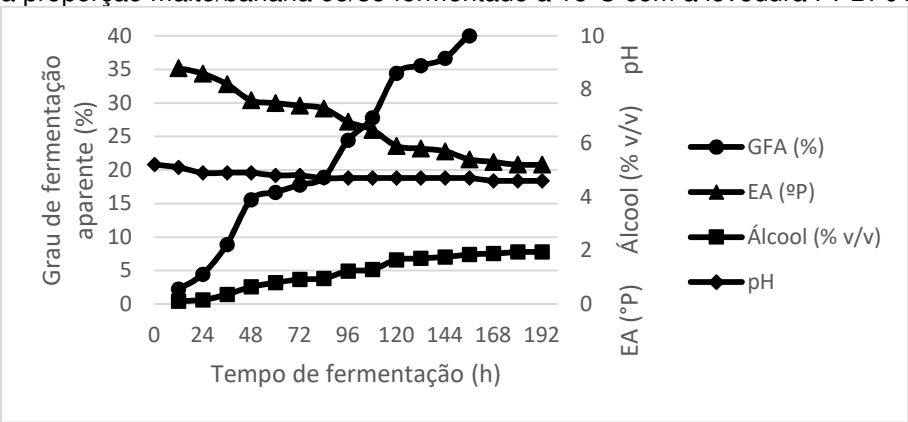
Figura 10 – Concentração de extrato, concentração de etanol, pH e grau de fermentação aparente do mosto na proporção malte/banana 45/55 fermentado a 9ºC com a levedura PPBI-01



Fonte: Arquivo pessoal.

A figura 11 apresenta a evolução da concentração do extrato original do mosto, da concentração de etanol, do pH e do grau de fermentação aparente do mosto na proporção malte/banana de 65/35, utilizando a levedura Saccharomyces cerevisiae PPB-01 e temperatura de fermentação de 15ºC. Verifica-se o consumo de substrato desde o início do processo, com concomitante queda no pH do mosto. Porém, com 72 h do início da fermentação, o valor do pH manteve-se constante.

Figura 11 – Concentração de extrato, concentração de etanol, pH e grau de fermentação aparente do mosto na proporção malte/banana 65/35 fermentado a 15ºC com a levedura PPBI-01

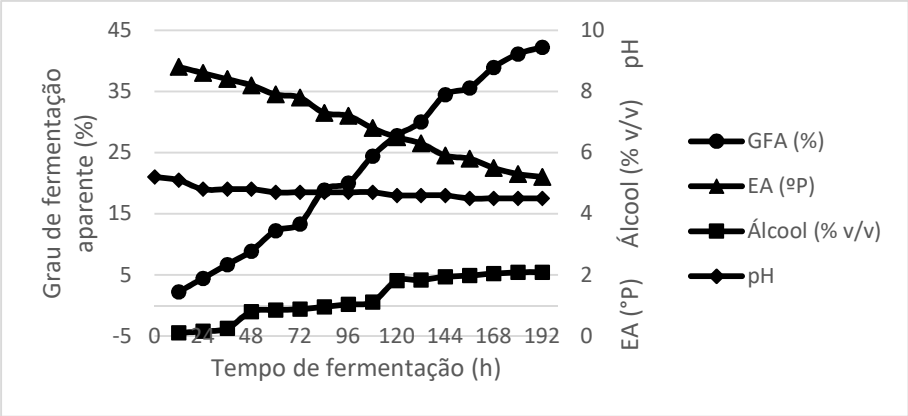


Fonte: Arquivo pessoal.

A figura 12 apresenta a evolução da concentração do extrato original do mosto, da concentração de etanol, do pH e do grau de fermentação aparente do mosto na proporção malte/banana de 45/55, utilizando a levedura Saccharomyces cerevisiae PPB-01 e temperatura de fermentação de 15ºC. Verifica-se o consumo

de substrato desde o início do processo, porém verifica-se uma queda menos acentuada do pH do mosto.

Figura 12 – Concentração de extrato, concentração de etanol, pH e grau de fermentação aparente do mosto na proporção malte/banana 45/55 fermentado a 15ºC com a levedura PPBI-01

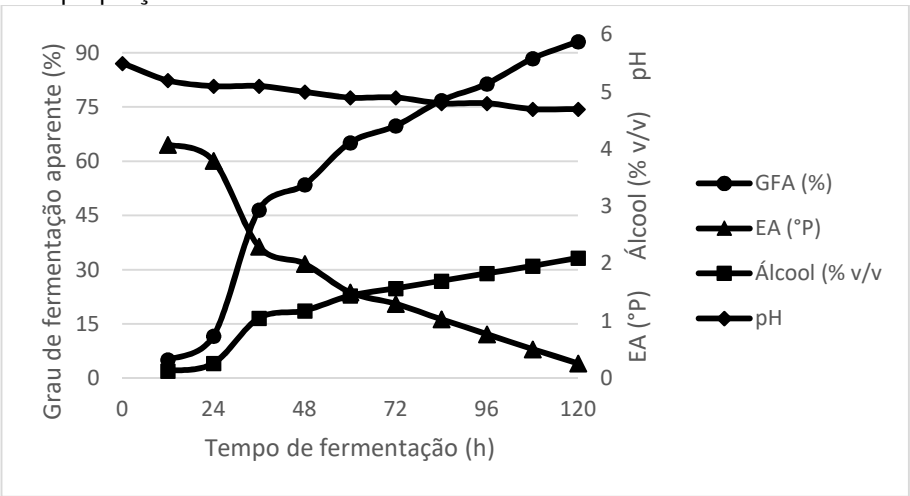


Fonte: Arquivo pessoal.

Nas cervejas tipo ale o sabor e o aroma de ésteres frutados, por exemplo, o éster de isoamila, são de moderados a fortes. Por isso também foram produzidas cervejas nas mesmas condições de mosturação de 65ºC/1h e fermentação a 15ºC com fermento tipo ale.

A figura 13 apresenta a evolução da concentração do extrato original do mosto, da concentração de etanol, do pH e do grau de fermentação aparente do mosto na proporção malte/banana de 65/35, utilizando a levedura S-04 da empresa Fermentis e temperatura de fermentação de 15ºC. Verifica-se alta velocidade de consumo de substrato até as 36 h de fermentação, seguindo num ritmo mais lento a partir daí com concomitante queda no pH do mosto. O grau de fermentação aparente e o teor alcoólico observados foram os mais elevados dentre as cervejas produzidas.

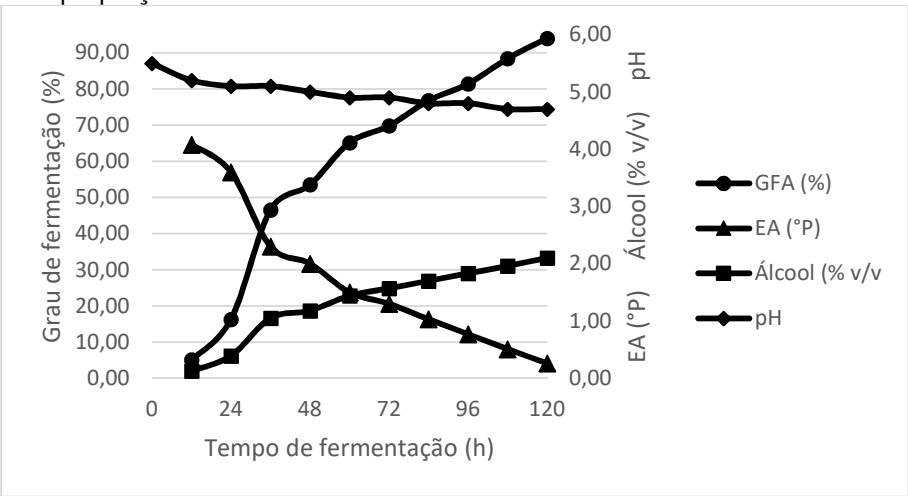
Figura 13 – Concentração de extrato, concentração de etanol, pH e grau de fermentação aparente do mosto na proporção malte/banana 65/35 fermentado a 15ºC com a levedura S-04



Fonte: Arquivo pessoal.

A figura 14 apresenta a evolução da concentração do extrato original do mosto, da concentração de etanol, do pH e do grau de fermentação aparente do mosto na proporção malte/banana de 45/55, utilizando a levedura S-04 da empresa Fermentis e temperatura de fermentação de 15ºC. A cerveja produzida nessa concentração apresentou comportamento muito semelhante a cerveja produzida na concentração 65/35 utilizando o fermento S-04. Também foi verificado alta velocidade de consumo de substrato até as 36 h de fermentação, seguindo num ritmo mais lento a partir daí com concomitante queda no pH do mosto. O grau de fermentação aparente e o teor alcoólico observados foram também foram semelhantes. Nas duas concentrações estudadas houve queda do pH do mosto.

Figura 14 – Concentração de extrato, concentração de etanol, pH e grau de fermentação aparente do mosto na proporção malte/banana 45/55 fermentado a 15ºC com a levedura S-04



Fonte: Arquivo pessoal.

A formação de álcool na fermentação do mosto cervejeiro está diretamente ligada à ação das enzimas alfa-amilase (degradação do amido em dextrinas) e beta-amilase (hidrólise do amido em maltose) que possuem atividade ótima nas temperaturas de 72º e 62ºC, respectivamente. Entretanto, conforme a temperatura do mosto sobe, cerca de 1ºC/min, até alcançar a temperatura de 65ºC e em seguida a temperatura de 78ºC, necessária para a inativação das enzimas presentes, as enzimas atuam mesmo que não por tempos prolongados e nem na temperatura ótima de ação (KUNZE, 1996; TSCHOPE, 2001).

Observou-se queda no pH em todos os mostos produzidos. Isto está em acordo com AIZEMBERG (2015) já que a queda do pH é decorrente da produção de ácidos orgânicos, como o ácido lático, acético e succínico produzidos como subprodutos e excretados pelas leveduras. O meio ácido também contribui para evitar uma possível contaminação do mosto por bactérias indesejáveis ao processo de produção. Nas cervejas produzidas na maior temperatura de fermentação utilizando o fermento PPBI-01 o teor alcoólico final foi ligeiramente maior. Nas concentrações 65/35 e 45/55 fermentadas a 9ºC os valores foram de 1,81 e 1,99 (% v/v), enquanto nas concentrações 65/35 e 45/55 fermentadas a 15ºC os valores foram de 1,94 e 2,09 (% v/v), respectivamente. As cervejas ale produzidas utilizando o fermento S-04 os teores alcoólicos nas concentrações 65/35 e 45/55 fermentadas a 15ºC os valores foram de 2,10 (% v/v).

Em concordância com CARVALHO (2009) a banana prata muito madura

confirmou a presença de carboidratos disponíveis em quantidades substanciais demonstrando seu potencial como adjunto do malte no processo cervejeiro, possibilitando a elaboração de uma cerveja com atributos sensoriais característicos.

A tabela 13 resume os parâmetros como rendimento, eficiência e produtividade volumétrica obtida nas cervejas produzidas nas diferentes concentrações malte/banana e diferentes condições de fermentação (9º e 15ºC) com as diferentes leveduras utilizadas (PPBI-01 e S-04). Segundo CASTRO (2014) para a análise da eficiência de fermentação de um mosto na produção de uma cerveja é necessário verificar a conversão de substrato em produto (Yp/s), ou seja, a transformação de extrato em álcool, já que quando se produz uma cerveja, objetiva-se um determinado teor alcoólico, e o nível de atenuação, indicando que os açúcares presentes sejam consumidos adequadamente sem que o produto final tenha um sabor adocicado, evitando também uma possível contaminação.

Tabela 13 – Parâmetros das fermentações realizadas nas diferentes concentrações malte/banana

Condições de fermentação	Concentração malte/banana	Yp/s (g/g)	Efyp/s	Prod. Vol. (g/L.h)
9ºC/PPBI-01	65/35	0,41	86%	0,79
	45/55	0,41	85%	0,82
15ºC/PPBI-01	65/35	0,40	83,2%	0,80
	45/55	0,43	89%	0,86
15ºC/S-04	65/35	0,41	85%	0,86
	45/55	0,41	84,6%	0,86

Fonte: Arquivo pessoal.

Visando a produção de cervejas com baixo teor alcoólico, os rendimentos em etanol ficaram semelhantes em todas as condições estudadas e ao mosto controle (0,40 g/g), embora o maior valor encontrado tenha sido com a levedura PPBI-01 a 15ºC (0,43 g/g), já que o aumento da temperatura pode ter influenciado o metabolismo da levedura. Os valores referentes à eficiência de transformação dos açúcares em álcool foram mais elevados do que nos mostos controle. Isso pode ter ocorrido pelo acréscimo dos açúcares da banana, como a sacarose, mais facilmente assimiláveis pelas leveduras.

Em todas as cervejas produzidas o crescimento das leveduras acompanharam um perfil típico de fermentação alcoólica, apresentando as fases de adaptação celular, aumento da velocidade de multiplicação celular, fase exponencial, fase estacionária e a fase de declínio. Nas primeiras horas de

fermentação não houve aumento significativo no número de células, já que a levedura está se adaptando ao meio, produzindo as enzimas necessárias ao metabolismo das substâncias presentes no meio. Por volta de 24h do início das fermentações, em geral, foi observado um aumento gradual nesses números, com declínio por volta das 120h nas fermentações com a levedura PPBI-01 em todas as temperaturas de fermentação e por volta das 96h nas fermentações com a levedura S-04. Durante o declínio no número de células ocorre lise celular, provocado pela ação das enzimas intracelulares. Nesta fase ocorre a floculação das leveduras no mosto cervejeiro e indica que o meio já não possui glicose (AIZEMBERG, 2015). A floculação foi um dos primeiros indícios de que a fermentação estava no final. Em todas as fermentações os valores de viabilidade celular se mantiveram elevados ao longo de toda as fermentações, atingindo o menor valor na concentração 45/55, fermentada a 9ºC com a levedura PPBI-01 de 91,7% ao final da fermentação com 192h.

5.4 Avaliação da concentração de nitrogênio amínico livre (FAN)

O aumento na quantidade de adjunto pode resultar em mostos nutricionalmente pobres para a levedura, afetando a fermentação. Quando são utilizados adjuntos que acrescentam grandes porcentagens de fermentescíveis ao mosto e em grandes proporções, o acentuado desvio da composição clássica do mosto pode ocasionar efeitos negativos devido ao incremento desproporcional dos açúcares fermentescíveis e a sensível diminuição do nitrogênio assimilável pela levedura, já que os adjuntos podem ser considerados diluidores de todos os componentes do mosto cervejeiro, menos os açúcares (VENTURINI FILHO e CEREDA, 2001; CARVALHO, 2009; CASTRO, 2014). Entretanto, isso não ocorreu nos mostos utilizando a banana como adjunto. A banana possui carboidratos como glicose, frutose e sacarose, assimiláveis pela levedura, minerais e proteínas como a albumina, globulina e diversos aminoácidos, dentre eles, a lisina, aminoácido fundamental no desenvolvimento celular (HENDGES, 2014). Em média, a levedura utiliza de 10 a 14mg de nitrogênio amínico na forma de aminoácidos e pequenos peptídeos por 100mL de mosto (KUNZE, 1999). A tabela 14 apresenta os valores de FAN medidos com o decorrer do tempo de fermentação (9ºC) para os mostos preparados nas diferentes proporções malte/banana com a levedura PPBI-01.

Tabela 14 – Teor de aminoácidos livres (FAN) nos mostos de diferentes proporções malte/banana fermentados a 9ºC utilizando a levedura PPBI-01

Tempo de fermentação (h)	FAN (mg/L)		
	Proporção malte/banana		
	100/0	65/35	45/55
0	118,65±0,01	200,19±0,01	156,14±0,01
12	110,09±0,01	198,04±0,02	124,93±0,02
24	105,68±0,02	177,88±0,03	88,12±0,02
36	92,15±0,02	176,12±0,02	80,75±0,03
48	85,48±0,01	174,54±0,03	76,45±0,03
60	73,12±0,03	171,47±0,03	73,85±0,04
72	68,52±0,02	166,73±0,03	73,54±0,04
84	62,74±0,03	157,95±0,03	73,25±0,04
96	58,51±0,02	144,42±0,01	68,09±0,03
108	46,25±0,02	140,02±0,01	68,06±0,02
120	44,54±0,01	137,17±0,02	67,95±0,02
132	42,01±0,02	126,89±0,02	67,14±0,02
144	40,58±0,02	123,79±0,02	64,84±0,02
156	39,15±0,02	123,05±0,03	64,84±0,01
168	38,45±0,03	122,96±0,03	64,27±0,01
180	37,12±0,03	122,12±0,03	63,96±0,02
192	35,89±0,02	122,10±0,04	63,49±0,01

Fonte: Arquivo pessoal.

A Tabela 15 apresenta os valores de FAN medidos com o decorrer do tempo de fermentação (15ºC) para os mostos preparados nas diferentes proporções malte/banana com a levedura PPBI-01.

Tabela 15 – Teor de aminoácidos livres (FAN) nos mostos de diferentes proporções malte/banana fermentados a 15ºC utilizando a levedura PPBI-01

Tempo de fermentação (h)	FAN (mg/L)		
	Proporção malte/banana		
	100/0	65/35	45/55
0	118,65±0,04	200,09±0,02	157,54±0,02
12	110,59±0,04	197,83±0,01	125,51±0,01
24	106,08±0,01	177,98±0,03	89,54±0,02
36	92,75±0,02	176,12±0,01	81,25±0,02
48	85,12±0,02	175,42±0,02	77,21±0,02
60	72,98±0,01	171,62±0,02	74,03±0,02
72	68,15±0,03	165,53±0,03	72,63±0,02
84	63,24±0,03	157,95±0,02	73,25±0,02
96	58,51±0,03	144,94±0,02	68,91±0,01
108	47,04±0,04	140,02±0,03	67,71±0,03
120	45,51±0,03	136,87±0,04	66,95±0,03
132	42,61±0,03	126,89±0,04	66,14±0,02
144	40,08±0,03	123,57±0,04	64,84±0,02
156	39,15±0,02	123,05±0,04	64,24±0,02
168	38,55±0,02	122,96±0,03	64,17±0,02
180	37,63±0,02	122,27±0,03	63,96±0,02
192	34,89±0,01	122,10±0,02	63,35±0,02

Fonte: Arquivo pessoal.

A tabela 16 apresenta os valores de FAN medidos com o decorrer do tempo

de fermentação (15ºC) para os mostos preparados nas diferentes proporções malte/banana com a levedura S-04.

Tabela 16 – Teor de aminoácidos livres (FAN) nos mostos de diferentes proporções malte/banana fermentados a 15ºC utilizando a levedura S-04

Tempo de fermentação (h)	FAN (mg/L)		
	Proporção malte/banana		
	100/0	65/35	45/55
0	120,12±0,04	200,01±0,02	157,32±0,02
12	118,84±0,04	198,35±0,01	143,51±0,01
24	116,08±0,01	187,79±0,03	118,54±0,02
36	92,75±0,02	178,61±0,01	81,25±0,02
48	81,25±0,02	165,42±0,02	77,21±0,02
60	72,98±0,01	161,01±0,02	74,86±0,02
72	68,52±0,03	145,78±0,03	71,02±0,02
84	63,24±0,03	123,25±0,02	67,25±0,02
96	58,31±0,03	112,94±0,02	65,91±0,01
108	46,25±0,04	99,62±0,03	63,25±0,03
120	45,51±0,03	96,87±0,04	60,95±0,03

Fonte: Arquivo pessoal.

O teor de FAN inicial no mosto controle, puro malte, foi de 118,65mg/L, enquanto que nos mostos nas proporções 65/35 e 45/55 fermentados a 9º e 15ºC com a levedura PPBI-01 foram 200,19, 156,14, 200,09 e 157,54mg/L, respectivamente. Os teores de FAN inicial nos mostos controle e nas proporções 65/35 e 45/55 fermentados a 15ºC com a levedura S-04 foram 120,12, 200,01 e 157,32mg/L, respectivamente. Ou seja, em todas as proporções estudadas a quantidade de aminoácidos livres estão dentro da quantidade adequada para a levedura realizar a fermentação e os perfis de consumo ficaram semelhantes. Embora os teores de FAN tenham sido menores nos mostos com maiores proporções de banana, não houve carência de aminoácidos livres para a levedura realizar a fermentação, pelo contrário, a banana elevou a quantidade de aminoácidos presentes nos mosto, possibilitando que todas as cervejas produzidas apresentassem teor alcoólico próximo ao desejado.

6 CONCLUSÕES

A banana da variedade prata contém uma grande quantidade de açúcares fermentescíveis que estão prontamente disponíveis para as leveduras. Por essa razão foi possível adicionar a polpa da banana durante a mosturação nas condições utilizadas (65º e 70ºC por 1h), o que garantiu a quebra de qualquer amido residual, sem modificar em grande extensão esses açúcares e outras substâncias da banana.

Verificou-se que as diferentes proporções utilizadas (65/35 e 45/55 malte/banana) resultaram em menores quantidades de extrato sendo possível obter uma cerveja final com baixo teor alcoólico, sem o sabor residual de açúcares, que normalmente ocorre em cervejas que utilizam o método da fermentação interrompida para produção de cervejas com baixos teores alcoólicos. Também foi possível verificar que as duas temperaturas de fermentação utilizadas resultaram em cervejas com baixos teores alcoólicos. Ainda não foi possível definir claramente se as cervejas resultantes agradariam um público grande, visto que a análise sensorial com um público sem treinamento específico não foi possível devido à quarentena imposta pela pandemia do Covid-19.

Assim, esse estudo demonstrou que é viável preparar cervejas com teor alcoólico por volta de 2% ou menos, utilizando banana prata madura sem grandes alterações no processo, o que poderia encarecer sua produção ao invés de diminuir os custos, que foi um dos objetivos desse estudo.

7 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Com a paralisação das atividades de pesquisa causadas pela pandemia pelo COVID-19 não foi possível a realização de diversas etapas previstas para a conclusão deste trabalho de pesquisa. Assim as etapas seguintes ficam como sugestão para trabalhos futuros.

Um planejamento fatorial de 2^2 com três pontos centrais analisando as diferentes temperaturas de mosturação, tendo a concentração de açúcares fermentescíveis e o rendimento em álcool como respostas poderá ser realizado.

A formulação de mostos contendo biomassa de banana verde e a banana madura com casca em diferentes concentrações também serão adicionadas aos mostos e estudados os parâmetros físicos-químicos das cervejas assim obtidas. Todas as cervejas serão submetidas à análise sensorial e a que mais agradar aos consumidores deverá ser produzida na planta piloto.

Fermentações com diferentes linhagens de levedura cervejeira de baixa fermentação (tipo lager) e leveduras de alta fermentação (tipo ale), linhagens selecionadas por outro grupo de pesquisa, indicadas como boas produtoras de diversos ésteres e baixa quantidade de álcool, bem como linhagens comerciais, sendo uma delas a Craft Series M84 (Mangrove Jacks), serão avaliadas, além de diferentes temperaturas de fermentação (9º e 15ºC). As cervejas assim produzidas serão estudadas e os parâmetros físicos-químicos acompanhados. Todas as cervejas serão submetidas à análise sensorial e a que mais agradar aos consumidores deverá ser produzida na planta piloto.

A caracterização do perfil de substâncias, tais como álcoois superiores, ésteres, ácidos orgânicos, cetonas e outros compostos aromáticos, presentes nas cervejas acima mencionadas poderão ser quantificados por técnicas pertinentes, por exemplo, HPLC.

Avaliação da substituição de 40 a 60% do malte no mosto por bagaço de malte para produção de cervejas sem álcool ou com teor alcoólico reduzido, obtenção e avaliação de cervejas com menores teores alcoólicos obtidas pela mistura de cervejas com concentrações alcoólicas diferentes, conservando o sabor e o aroma das cervejas poderão ser realizados.

REFERÊNCIAS

ÁGUA MINERAL MONTEIRO LOBATO. Características físico-quimicas da água mineral Monteiro Lobato. http://www.aguamonteirolobato.com.br/index.php/site/pagina/94 (acessado em 30 mar. 2021).

AIZEMBERG, R. 2015. Emprego do caldo de cana e do melado como adjunto de malte de cevada na produção de cervejas. Tese – Escola de Engenharia de Lorena – Universidade de São Paulo, 274 f.

ALMEIDA e SILVA, J. B. 2005. Tecnologia de bebidas: matéria prima, processamento, BPF / APPCC, legislação e mercado. São Paulo: Edgard Blucher, p.347-380.

ANDRÉS-IGLESIAS, C., GARCÍA-SERNA, J., MONTERO, O., BLANCO, C. A. 2015. Simulation and flavour compound analysis of dealcoholized beer via one-step vacuum destillation. Food Research International: v. 76, p. 751–760.

AOAC – ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTRY 1992 Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemistry. Washington: 1015 p, 12º ed.

ASBC – AMERICAN SOCIETY OF BREWING CHEMISTS 1996. Methods of Analysis of the American Society of Brewing Chemists. 8ª Rev. Ed. Minnesota: The Technical Committee and the Editorial Committe of the ASBC.

BAMFORTH, C. W. 2002. Nutritional aspects of beer – a review. Nutrition Research, 22 (1/2), p. 227–237.

BAMFORTH, C. W. 2004. Beer – Health and Nutrition. Blackwell Science Ltd: 1ª Ed. 184 p.

BAMFORTH, C. W.; RUSSEL, I.; STEWART, G. 2009. Beer and health. Handbook of alcoholic Beverages series. Beer – A quality Perspective. Elsevier: Cap. 8, p. 229-243.

BASSO, R. F., ALCARDE, A. R., PORTUGAL, C. B. 2016. Could non-Saccharomyces yeasts contribute on innovative brewing fermentations? Food Research International: n. 86, p. 112–120.

BLANCO, C. A., CABALLERO, I., BARRIOS, R., ROJAS, A. 2014. Innovations in the brewing industry: light beer. Int J Food Sci Nutr: v. 65(6), p. 655–660.

BLEINROTH, E. W. 1995. Banana: cultura, matéria-prima, processamento e aspectos econômicos. 2ª ed. rev. e ampl. Campinas: ITAL, 302 p.

BOTELHO, B.G 2009. Perfil e teores de aminas bioativas e características físico-químicas em cervejas. Dissertação – Faculdade de Farmácia – Universidade Federal de Minas Gerais, 75 f.

BRANYIK, T., VICENCE, A. A., DOSTALEK, P., TEIXEIRA, J. A. 2008. A Review of Flavour Formation in Continuous Beer Fermentations. J. Inst. Brew: v. 114(1), p. 3–13.

BRANYIK, T., SILVA, D. P., BASZCZYŇSKI, M., LEHNERT, R., ALMEIDA e SILVA, J. B. 2012. A review of methods of low alcohol and alcohol-free beer production. Journal of Food Engineering: v. 108, p. 493-506.

BRASIL, 2009. Decreto n. 6.871, de 4 de junho de 2009. Regulamenta a lei nº 8.918, de 14 de julho de 1994, que dispõe sobre a padronização, a classificação, o registro, a inspeção e fiscalização de bebidas. Diário Oficial da União. Brasília/DF, 05 de junho de 2009. <http: //www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2009/Decreto/D6871.htm> (acessado em 30 abr. 2017).

BRESSIANI, C. E. (2017). Jornal O Globo – O crescimento de 39,6% no número de cervejarias em 2016 é espetacular. http://blogs.oglobo.globo.com/aqui-se-bebe/post/artigo-o-crescimento-de-396-

no-numero-de-cervejarias-em-2016-e-espetacular.html. Publicado em 30/05/2017 (acessado em 01 ago. 2017).

CABALLERO, I. BLANCO, C. A., PORRAS, M. 2012. Iso-a-acids, bitterness and loss of beer quality during storage. Trends Food Sci Tech: v. 26, p. 21–30.

CAMARGO, R. C. 2012. Avaliação do Potencial Poluidor dos Efluentes Gerados em Processo de Fabricação de Cervejas. Dissertação – Tecnologia Ambiental da Universidade de Ribeirão Preto – UNAERP. http://www.unaerp.br/documentos/686-renata-campolim-camargo/file (acessado em 09 set. 2017).

CANO, M. P., ANCOS, B., MATALLANA, M. C., CÁMARA, M., REGLERO, G., TABERA, J. 1997. Differences among spanish and latin-american banana cultivars: morphological, chemical and sensory characteristics. Food Chemistry: v. 59, n. 3, p. 411-419.

CARDELLO, A. V., PINEAU, B., PAISLEY, A. G., ROIGARD, C. M., CHEANG, S. L., GUO, L. F., HEDDERLEY, D. I., JAEGER, S. R. 2016. Cognitive and emotional differentiators for beer: An exploratory study focusing on “uniqueness”. Food Quality and Preference: n. 54, p. 23–38. http://dx.doi.org/10.1016/j.foodqual.2016.07.001.

CARDENETTE, G. H. L. 2006. Produtos derivados da banana verde (Musa ssp.) e sua influência na tolerância à glicose e na fermentação colônica. Tese – Faculdade de Ciências Farmacêuticas da Universidade de São Paulo – USP.

CARMO, A. F. S. 2015. Propriedades Funcionais da Biomassa e Farinha de Banana Verde. Trabalho de Conclusão de Curso – Escola de Engenharia de Lorena – Universidade de São Paulo. 59 p.

CARVALHO, L. G 2007. Dossiê Técnico – Produção de Cerveja. REDETEC – Rede de Tecnologia do Rio de Janeiro. Serviço Brasileiro de Respostas Técnicas – SBRT. http://www.sbrt.ibict.br. (acessado em 10 jul. 2017).

CARVALHO, G. B. M., BENTO, C. V., ALMEIDA e SILVA, J. B. 2007. Elementos Biotecnológicos Fundamentais no Processo Cervejeiro: 3º parte – A maturação. Revista Analytica: n. 26, p. 46-54.

CARVALHO, G. B. M. de 2009. Obtenção de Cerveja usando Banana como Adjunto e Aromatizante. Tese – Escola de Engenharia de Lorena – Universidade de São Paulo.

CARVALHO, G. B. M., SILVA, D. P., BENTO, C. V., VICENTE, A. A., TEIXEIRA, J. A., FELIPE, M. G. A., ALMEIDA e SILVA, J. B. 2009. Banana as adjunct in beer production: applicability and performance of fermentative parameters. Appl Biochem Biotechnol: n. 155: p. 356–365. DOI 10.1007/s12010-008-8458-y.

CARVALHO, G. B. M.; SILVA, D. P.; TEIXEIRA, J. A.; ALMEIDA e SILVA, J. B. 2011. Cerveja a partir de banana como adjunto do malte. In: Venturini Filho, G. W. Industria de Bebidas: Inovação, Gestão e produção. São Paulo: Edgar Blucher, p. 475-485.

CASTRO, P. R. C., KLUGE, R. A. 1997. Ecofisiologia de fruteiras tropicais: abacaxizeiro, maracujazeiro, mangueira, bananeira e cacaueiro. Nobel S. A., São Paulo.

CATARINO, M., MENDES, A 2011. Non-alcoholic beer: a new industrial process. Separation and Purification Technology, p. 342-351.

CERQUEIRA, T. S., ROQUE, R. L, SILVA, S. H. N. D., AMORIM, E. P., PEREIRA, M. E. C. 2015. Alterações de açúcares e amido em banana ‘Grande Naine’ durante o amadurecimento. In: Congresso Brasileiro de Processamento Mínimo e Pós-colheita de Frutas, Flores e Hortaliças, Aracajú: Anais.

CERVBRASIL 2015. CERVBRASIL – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CERVEJA - Anuário 2015. http://www.cervbrasil.org.br/arquivos/ANUARIO_CB_2015_WEB.pdf (acessado em 05 ago 2017).

CERVBRASIL 2016. CERVBRASIL – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CERVEJA - Anuário 2016. http://www.cervbrasil.org.br/arquivos/anuario2016/161130_CervBrasil-Anuario2016_WEB.pdf (acessado em 05 ago. 2017).

CERVESIA 2017. Estudo do MAPA sobre o mercado cervejeiro no Brasil. https://www.cervesia.com.br/dados-estatisticos/2864-estudo-do-mapa-sobre-o-mercado-cervejeiro-no-brasil.html (acessado em 05 ago. 2017).

CERVIERI JUNIOR, O., JUNIOR, J. R. T., GALINARI, R., RAWET, E. L., SILVEIRA, C. T. J. 2014. O Setor de Bebidas no Brasil. BNDES Setorial: 40, p. 93-130.

CHAMP0LIN, J. 1963. Le bananier. Paris: Maisovineuve et Lorose.

CIANI, M., COMITINI, F. 2011. Non-Saccharomyces wine yeasts have a promising role in biotechnological approaches to winemaking. Annals of Microbiology: n. 61(1), p. 25–32.

CORDERO-BUESO, G., ESTEVE-ZARZOSO, B., CABELLOS, J., GIL-DÍAZ, M., ARROYO, T. 2013. Biotechnological potential of non-Saccharomyces yeasts isolated during spontaneous fermentations of Malvar (*Vitis vinifera* cv. L.). European Food Research and Technology: n. 236(1), p. 193–207. DOI: 10.1007/s00217–012–1874-9.

COSTA, R. H. K. Produção de cerveja com baixo teor alcoólico 2016. Dissertação – Escola de Engenharia de Lorena – Universidade de São Paulo. 86 p.

COUTINHO, C. A. T., QUINTELLA, C. A. S., PANZANI, M. M. 2017 A História da Cerveja no Brasil. https://www.cervesia.com.br/historia-da-cerveja/72-a-historia-da-cerveja-no-brasil.html (acessado em 04 jul. 2017).

D´ÁVILA, R. F., LUVIELMO, M. M., MENDONÇA, C. R. B., JANTZEN, M. M. 2012. Adjuntos utilizados na produção de cerveja: características e aplicações. Estudos Tecnológicos em Engenharia: v. 8(2), p. 60-68. DOI 10.4013/ete.2012.82.03.

DEBSKA, B., GUZOWSKA-SWIDER, B. 2011. Decision trees in selection of featured determined food quality. Analytica Chimica Acta: v. 705, n. 1-2, p. 261-271.

DESBROW, B., CECCHIN, D., JONES, A., GRANT, G., IRWIN, C., LEVERITT, M. 2015. Manipulations to the Alcohol and Sodium Content of Beer for Postexercise Rehydration. International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism, 2015: v. 25, p. 262-270. DOI: http://dx.doi.org/10.1123/ijsnem.2014-0064.

DIMAS, N. D. 2010. Análise química da cerveja 2M em termos de teores de Ca, Cu, Fe, K, Mg, Na e Zn e verificação da contribuição dos teores destes elementos a partir da água e do malte. Trabalho de conclusão de curso – Faculdade de Ciências – Departamento de Química, Maputo. 45 f.

DRAGONE, G., SILVA, D. P., ALMEIDA e SILVA, J. B. 2004. Factors influencing ethanol production rates at high-gravity brewing. Swiss Society of Food Science and Technology, 2004: v. 37, p. 797-802. DOI: 10.1016/j.lwt.2004.03.006.

DRAGONE, G., ALMEIDA e SILVA, J. B. 2010. CERVEJA. In: VENTURINI FILHO, W. G. (Coord.). Bebidas Alcoólicas – Ciência e Tecnologia, v. 1. São Paulo: Blucher.

ELENA, M., MUSTE, S., TOFANA, M., SOCACI, S. A., GOINA, V. 2008. Improving the hop utilization in the beer biotechnology. Bulletin UASVM, Agriculture: v. 65(2), p. 281-286.

EMBRAPA 2012. Editores Técnicos: LIMA, M. B., SILVA, S. O., FERREIRA, C. F. Banana – O produtor pergunta, a Embrapa responde. 2ª Ed. 218p. https://www.embrapa.br/mandioca-e-fruticultura/busca-de-publicacoes/-/publicacao/956873/banana-o-produtor-pergunta-a-embrapa-responde (acessado em 10 set. 2017).

EMBRAPA 2013. Produção de cevada cervejeira. https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/2303217/prosa-rural---producao-de-cevada-cervejeira (acessado em 01 set. 2017).

ESPERANCINI, M. S. T. 2011. Mercado Brasileiro de Bebidas. In: VENTURINI FILHO, W. G. Indústria de Bebidas: Inovação, Gestão, e Produção. São Paulo: Blucher, p. 293-387.

FRANCESCO, G., TURCHETTI, B., SILEONI, V., MARCONI, O., PERRETTI, G. 2015. Screening of new strains of *Saccharomycodes ludwigii* and *Zygosaccharomyces rouxii* to produce low-alcohol beer. Journal of the Institute of Brewing, v. 121, p. 113-121.

FREITAS, T. 2012. Folha UOL – Mercado: Inventor de bebidas que lançou Kaiser e Kero Coco diz 'nunca estar satisfeito'. http://www1.folha.uol.com.br/mercado/2012/11/1183552-inventor-de-bebidas-que-lancou-kaiser-e-kero-coco-diz-nunca-estar-satisfeito.shtml (acessado em 09 set. 2017).

GAETANO, G., COSTANZO, S., DI CASTELNUEVO, A., BADIMON, L., BEJKO, D., ALKERWI, A., CHIVA-BLANCH, G., ESTRUCH, R., LA VECCHIA, A., PANICO, S., POUNIS, G., SOFI, F., STRANGES, S., TREVISAN, M., URSINI, F., CERLETTI, C., DONATI, M. B., IACOVIELLO, L. 2016. Effects of moderate beer consumption on health and disease: A consensus document. Nutrition, Metabolism & Cardiovascular Diseases: v. 26, p. 443-467.

GARATTONI, B. 2008. Revista Superinteressante. Publicado em 31-08-2008. http://super.abril.com.br/saude/dez-mil-anos-de-pileque-a-historia-da-bebida/ (acessado em 03 jul. 2017).

GATELY, I. 2008. Drink: A Cultural History of Alcohol. Gotham Books, 286 p.

GÓMEZ-CORONA, C.; CHOLLET, S.; ESCALONA-BUENDÍA, H. B.; VALENTIN, D. 2017. Measuring the drinking experience of beer in real context situations. The impact of effects, senses and cognition. Food Quality and Preference, 60, 113-122.

Gonçalves, J. S.; Perez, L. H.; Souza, S. A. M. 1994. Mercado internacional e produção de banana: estrutura produtiva e comercial do complexo bananeiro mundial. Agricultura em São Paulo, n. 41, p. 161-188.

GONZÁLEZ, R., QUIRÓS, M., MORALES, P. 2013. Yeast respiration of sugars by non-Saccharomyces yeast species: A promising and barely explored approach to lowering alcohol content of wines. Trends in Food Science & Technology: n. 29(1), p. 55–61. DOI: 10.1016/j.tifs.2012.06.015.

GUIA DA CERVEJA 2021. https://guiadacervejabr.com/especial-setor-cervejeiro-consumo-abertura-pesquisa/ (acessado em 13 jun. 2021).

HARRISON, M. A., SCHAECHTER, M. 2009. Encyclopedia of Microbiology. San Diego: Elsevier, n. 28.

HATORI, M. 2010. Concentração Elementar da Cerveja. Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade Federal do Rio Grande do Sul – Instituto de Física.

HEIM, K. E., TAGLIAFERRO, A. R., BOBILYA, D. J. 2002. Flavonoid antioxidants: chemistry, metabolism and structure-activity relationships. The Journal of Nutritional Biochemistry, n. 13, p. 572-584.

HEINEKEN 2017(a). Site da Heineken. http://www.heinekenbrasil.com.br/we-love-beer/post/o-que-e-amargor-e-como-ele-aparece-na-cerveja (acessado em 06 set. 2017).

HEINEKEN 2017(b). Site da Heineken. http://www.heinekenbrasil.com.br/we-love-beer/post/independencia-ou-morte-a-cerveja-no-brasil-na-epoca-de-dom-pedro-ii (acessado em: 09 set. 2017).

HEINEKEN 2017(c). Site da Heineken. http://www.heinekenbrasil.com.br/we-love-beer/post/dia-da-agua-biomonitoramento-e-destaque-na-heineken (acessado em 06 set. 2017).

HENDGES, D. 2014. Produção de cervejas com teor reduzido de etanol, contendo quinoa malteada como adjunto. Tese – Escola de Engenharia de Lorena – Universidade de São Paulo, 140 p.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ 2008. Métodos físico-químicos para análise de alimentos. ZENEBON, O., PASCUET, N. S., TIGLEA, P. (Coord.). São Paulo, 1020 p.

IKEDA, P. 2013. Revista Exame: A Cerpa está sem dono e sem rumo. https://exame.abril.com.br/revista-exame/sem-dono-e-sem-rumo/ (acessado em: 09 set. 2017).

IVANOV, K., PETELKOV, I., SHOPSKA, V., DENKOVA, R., GOCHEV, V., KOSTOV, G. 2016. Investigation of mashing regimes for low-alcohol beer production. J Inst Brew: v. 122, p. 508-516.

JOHNSON, E. 2013. Biotechnology of non-Saccharomyces yeasts — The ascomycetes. Applied Microbiology and Biotechnology: n. 97(2), p. 503–517. DOI: 10.1007/s00253–012-4497-y.

KEUKELEIRE, D. 2000. Fundamentals of beer and hop chemistry. Quím. Nova, v. 23, n. 1, p. 108-112.

KUNZE, W. 2009. Technology brewing and malting. 2nd ed. Berlin: VLB, 726 p.

LABOISSIÈRE, L. H. E. S., PEREIRA, A. J. G., MOTTA, S., JUNQUEIRA, R. G. 2001. Análise Sensorial de Alimentos: tópicos em ciência de alimentos B. Apostilas do curso de pós-graduação em ciência de alimentos da Faculdade de Farmácia da UFMG, 90 p.

LAMAS BREW SHOP 2021. https://www.lamasbrewshop.com.br/blog/2021/06/panorama-do-cultivo-de-lupulo-no-brasil.html (acessado em 06 jul. 2021).

LEHNERT, R., NOVAK, P., MACIEIRA, F., KUREC, M., TEIXEIRA, J. A., BRANYIK, T. 2009. Optimisation of Lab-Scale Continuous Alcohol-Free Beer Production. Czech J. Food Sci: n. 4, p. 267-275.

LIGUORI, L., FRANCESCO, G., RUSSO, P., PERRETTI, G., ALBANESE, D., MATTEO, M. 2015. Production and characterization of alcohol-free beer by membrane process. Food and Bioproducts Processing: v. 94, p. 158–168.

LIMA, U. A. 2010. Matérias primas dos alimentos. São Paulo: Blucher, p. 99-104.

LIMA, U. A.; BASSO, L.C.; AMORIM, H. V. 2011. Produção de etanol. In: LIMA, U. A.; AQUARONE, E.; BORZANI, W.; SCHMIDELL, W. Biotecnologia industrial: processos fermentativos e enzimáticos. 4º ed. São Paulo: Blucher.

LUGASI, A. 2003. Polyphenol content and antioxidant properties of beer. Acta Alimentaria: n. 32(2), p. 181-192.

MANICA, I. 1998. Bananas: do plantio ao amadurecimento. Porto Alegre: Cinco Continentes, 98 p.

MARK, J. J. 2011. Beer – Ancient History Encyclopedia. http://www.ancient.eu/Beer/ (acessado em 29 jun. 2017).

MATTOS, L. A., AMORIM, E. P., COHEN, K. O., AMORIM, T. B., OLIVEIRA e SILVA, S. 2010. Agronomic, physical and chemical characterization of banana fruits. Crop Breeding and Applied Biotechnology: v. 10, p. 225-231.

MEILGAARD, M. 2002. Composición del mosto. In: KLIMOVITZ, R. El cervecero en la práctica. 3ª ed. Minnesota: Master Brewers Association of Americas.

MENDEZ, L. M. R. 2013. Processo de Aglomeração de Farinha de Banana Verde com Alto Conteúdo de Amido Resistente em Leito Fluidizado Pulsado. Dissertação – Engenharia Química. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

MONTANARI, L., PERRETTI, G., NATELLA, F., GUIDI, A., FANTOZZI, P. 1999. Organic and Phenolic Acids in Beer. Lebensm.-Wiss. u.-Technol.: v. 32, p. 538-539.

MOURA-NUNES, N., BRITO, T. C., FONSECA, N. D., AGUIAR, P. F., MONTEIRO, M., PERRONE, D., TORRES, A. G. 2016. Phenolic compounds of Brazilian beers from different types and styles and application of chemometrics for modeling antioxidant capacity. Food Chemistry: n. 199, p. 105-113.

NABAIS, R. N., CORREIA-SÁ, I., VIEGAS, C. A., NOVAIS, J. M. 1988. Influence of calcium ion on ethanol tolerance of *Saccharomyces bayanus* and alcoholic fermentation by yeasts. Applied and Environmental Microbiology, v. 54: p. 2439-2446.

NARVÁTIL, M., DOMENY, Z., ŠTURDIK, E., ŠMOGROVICOVA, D., GEMEINER, P., 2002. Production of non-alcoholic beer using free and immobilized cells of Saccharomyces cerevisiae deficient in the tricarboxylic acid cycle. Biotechnology and Applied Biochemistry: v. 35 (2), p. 133–140.

NASCIMENTO JUNIOR, B. B., OZORIO, L. P., REZENDE, C. M., SOARES, A. G., FONSECA, M. J. O. 2008. Diferenças entre bananas de cultivares Prata e Nanicão ao longo do amadurecimento: características físico-químicas e compostos voláteis. Ciência e Tecnologia de Alimentos: v. 28, n. 3, p. 649-658.

NEGRINI, J. A. E., SARDÁ, F. A. H., SOUZA, G. S., GIUNTINI, E. B., MENEZES, E. W. 2013. Impacto do consumo regular de farinha de banana verde sobre o funcionamento intestinal, avaliado através do questionário gastrointestinal symtom rating scale. Nutrire: J. Braz. Soc. Food Nutr., n. 38, p. 36-49.

NEPA – Núcleo de Estudos e Pesquisas em Alimentação 2006. Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP. TACO – Tabela de Composição de Alimentos, Versão II. NEPA: 2ª ed., 113 p.

NIMUBONA, D., BLANCO, C. A., CABALLERO, I., ROJAS, A., ANDRÉS-IGLESIAS, C. 2013. An approximate shelf life prediction of elaborated lager beer in terms of degradation of its iso-α-acids. Journal of Food Engineering: n. 116, p. 138-143.

NOMURA, E. S., DAMATTO Jr., E. R., MARUYAMA, I. S., MENDONÇA, J. C., SAES, L. A., PENTEADO, L. A. C., KOBORI, R. T., MORAES, W. S. 2020. Cultivo da bananeira – Manual Técnico. Campinas, 2020, 178p.

OCDE-FAO 2015. Perspectivas Agrícolas no Brasil: desafios da agricultura brasileira 2015-2024. Cap. 2. http://www.fao.org.br/download/PA20142015CB.pdf (acessado em 20 set. 2017).

OETTERER, M.; REGITANO-D'ARCE, M.A.B.; SPOTO, M. H. F. 2006. Fundamentos de Ciência e Tecnologia de Alimentos. Barueri: Manole, p. 51-98.

OLADOKUN, O., TARREGA, A., JAMES, S., SMART, K., HORT, J., COOK, D. 2016. The impact of hop bitter acid and polyphenol profiles on the perceived bitterness of beer. Food Chemistry: n. 205, p. 212–220.

OLIVEIRA, N. A. M. 2011. LEVEDURAS UTILIZADAS NO PROCESSO DE FABRICAÇÃO DA CERVEJA. Trabalho de Conclusão de Curso - Departamento de Microbiologia do Instituto de Ciências Biológicas da Universidade Federal de Minas Gerais. 45 p. http://www.bibliotecadigital.ufmg.br/dspace/bitstream/handle/1843/BUOS-99VHHA/195.pdf?sequence=1 (acessado em 09 set. 2017).

OLIVEIRA NETO, J. R., OLIVEIRA, T. S., GHEDINI, P. C., VAZ, B. G., GIL, E. S. 2017. Antioxidant and vasodilatory activity of commercial beers. Journal of Functional Foods: n. 34, p. 130-138.

OLMO, A., BLANCO, C. A., PALACIO, L., PRADANOS, P., HERNANDEZ, A. 2014. Pervaporation methodology for improving alcohol-free beer quality through aroma recovery. Journal of Food Engineering: v. 133, p. 1–8.

PBMH & PIF - PROGRAMA BRASILEIRO PARA A MODERNIZAÇÃO DA HORTICULTURA & PRODUÇÃO INTEGRADA DE FRUTAS 2006. Normas de Classificação de Banana. CEAGESP, (Documentos, 29).

PERPÈTE, P., COLLIN, S. 1999. Fate of the worty flavours in a cold contact fermentation. Food Chemistry: v. 66, p. 359-363.

PERPÈTE, P., COLLIN, S. 2000. Influence of beer etanol content on the wort flavour perception, Food Chem: v. 71(3), p. 379-385.

PERIS, D., LANGDON, Q. K., MORIARTY, R. V., SYLVESTER, K., BONTRAGER, M., CHARRON, G., LEDUCQ, J. B., LANDRY, C. R., LIBKIND, D., HITTINGER, C. T. 2016. Complex Ancestries of Lager-Brewing Hybrids Were Shaped by Standing Variation in the Wild Yeast Saccharomyces eubayanus. PLoS Genet 12(7): e1006155. DOI:10.1371/journal.pgen.1006155.

PINELI, L. L. O., GINANI, V. C., XAVIER, R. N. 2010. CAXIRI. In: VENTURINI FILHO, W. G. (Coord.). Bebidas Alcoólicas – Ciência e Tecnologia, v. 1. São Paulo: Blucher.

PINHEIRO, A. C. M. 2004. Qualidade pós-colheita de banana 'maçã' submetida ao 1-mcp. Dissertação – Departamento de Ciência dos Alimentos – Universidade Federal de Lavras – UFLA. 60p.

QUIFER-RADA, P., VALLVERDÚ-QUERALT, A., MARTÍNEZ-HUÉLAMO, M., CHIVA-BLANCH, G., JÁUREGUI, O., ESTRUCH, R., LAMUELA-RAVENTÓS, R. 2015. A comprehensive characterization of beer polyphenols by high resolution mass spectroscopy (LC-ESI-Orbitrap-MS). Food Chemistry: n. 169, p. 336-343.

REINOLD, M. R. 2003. Técnico em qualidade e produção – Cervesia. http://www.cervesia.com.br (acessado em 30 ago. 2017).

REVISTA ÉPOCA 2020. Matéria de capa de 13-01-2020. https://documentcloud.adobe.com/link/track?uri=urn:aaid:scds:US:835eb0ad-5562-4aff-9d77-275d1ba650aa (acessado em 19 mai. 2021).

REVISTA GLOBO RURAL 2021. Novas técnicas favorecem o cultivo nacional do lúpulo. https://g1.globo.com/economia/agronegocios/globo-rural/noticia/2021/06/06/novas-tecnicas-favorecem-o-cultivo-nacional-do-lupulo-usado-para-preparar-cerveja.ghtml (acessado em: 06 jul. 2021).

RIBEIRO, D. A. 2011. Produção de banana 'Nanicão' (Musa sp. AAA) em clima Cwa. Dissertação – Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" – Universidade de São Paulo.

RODMAN, A. D., GEROGIORGIS, D. I. 2016. Dynamic Simulation and Visualisation of Fermentation: Effect on Process Conditions on Beer Quality. IFAC – Papers On Line: v. 47, n. 7, p. 615-620.

SANTOS, I. J. 2005. Cinética de fermentações e estudo de metabólitos e enzimas intracelulares envolvidas na fermentação alcoólica cervejeira conduzidas com leveduras de alta e baixa fermentação em diferentes composições de mosto. Tese – Universidade Federal de Viçosa, 139 p.

SANTOS, D. C. 2015. Uma Revisão sobre o Amargor da Cerveja, suas Causas e Quantificação. Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade de São Paulo – Escola de Engenharia de Lorena. 44 p.

SARDÁ, F. A. H., LIMA, F. N. R., LOPES, N. T. T., SANTOS, A. O., TOBARUELA, E. C., KATO, E. T. M., MENEZES, E. W. 2016. Identification of carbohydrate parameters in commercial unripe banana flour. Food Research International, n. 81, p. 203-209.

SCHÖNBERGER C., KOSTELECKY, T 2011. The Role of Hops in Brewing. J. Inst. Brew: n. 117(3), p. 259–267.

SEBRAE – SERVIÇO BRASILEIRO DE APOIO ÀS MICRO E PEQUENAS EMPRESAS 2008. Estudos de mercado Sebrae/ESPM: banana. Série Mercado – Relatório completo. http://www.bibliotecas.sebrae.com.br/chronus/ARQUIVOS_CHRONUS/bds/bds.nsf/8E2336FF6093AD96832574DC0045023C/$File/NT0003904A.pdf (acessado em 30 out. 2017).

SEBRAE – SERVIÇO BRASILEIRO DE APOIO ÀS MICRO E PEQUENAS EMPRESAS 2016. Ponto de partida: fábrica de cerveja. https://sebrae.com.br/sites/PortalSebrae/ideias/como-montar-uma-microcervejaria,8f387a51b9105410VgnVCM1000003b74010aRCRD#naveCapituloTopo (acessado em 30 out. 2016).

SEBRAE – SERVIÇO BRASILEIRO DE APOIO ÀS MICRO E PEQUENAS EMPRESAS 2019. ESTUDO DE MERCADO – Agronegócio: produção de banana. http://www.sebrae.com.br/Sebrae/Portal%20Sebrae/UFs/BA/Anexos/Produ%C3%A7%C3%A3o%20de%20banana%20na%20Bahia.pdf (acessado em 19 set. 2019).

SICOBE – SISTEMA DE CONTROLE DE PRODUÇÃO DE BEBIDAS 2016. https://sebrae.com.br/sites/PortalSebrae/artigos/microcervejarias-ganham-espaco-no-mercado-acional,fbe9be300704e410VgnVCM1000003b74010aRCRD (acessado em 01 nov. 2016).

SILVA, D. P.; BRÁNYIK, T.; TEIXEIRA, J. A.; ALMEIDA e SILVA, J. B. 2010. Cerveja sem álcool. In: VENTURINI FILHO, W. G. Bebidas alcoólicas: ciência e tecnologia. São Paulo: Edgard Blucher, p. 69-84.

SIQUEIRA, P. B.; BOLINI, H. M. A.; MACEDO, G. A. 2008. Beer production and its effects on the presence of polyphenols. Alim. Nutr., v.19, n.4, p. 491-498.

SLEIMAN, M., VETURINI FILHO, W. G., DUCOTTI, C.; NOJIMOTO, T. 2010. Determinação do percentual de malte e adjuntos em cervejas comerciais brasileiras através de análise isotópica. Ciência e Agrotecnologia: n. 34, p. 163-172.

SMITH, N. 2013. BJCP Exam Study Group Class 4: Hops. 2013. http://destroy.net/brewing/BJCP2013-hops.pdf (acessado em 27 ago. 2017).

SOHRABVANDI, S., MOUSAVI, S. M., RAZAVI, S. H., MORTAZAVIAN, A. M., REZAEI, K. 2010. Alcohol-free Beer: Methods of Production, Sensorial Defects, and Healthful Effects. Food Reviews International: v. 26, p. 335–352.A

SOHRABVANDI, S., MORTAZAVIAN, A. M., REZAEI, K. 2012. HEALTH-RELATED OF BEER: A REVIEW. International Journal of Food Properties: v. 15, p. 350-373. DOI: 10.1080/10942912.2010.487627.

SOTO-BALLESTERO, M. 1992. Bananos: cultivo y comercialización. Litografia e Imprenta LIL, San José, 674 p.

STEWART, G. G., RUSSEL, I. 1998. An introduction to brewing Science & Technology. Brewer's yeast. Institute of Brewing, London.

STEWART, G. G. 2000. A brewer's delight. Chem. Ind., v.6, n.11, p. 706-709.

STEWART, G. G., HILL, E., RUSSEL, I. 2013. 125th anniversary review: developments in brewing and distilling yeast strains. Journal of the Institute of Brewing: v. 119, n. 4, p. 202-220.

STREJC, J., SIŘÍŠŤOVÁ, L. KARABÍN, M., ALMEIDA e SILVA, J. B., BRÁNYIK, T. 2013. Production of alcohol-free beer with elevated amounts of flavouring compounds using lager yeast mutants. Journal of Institute of Brewing, v. 113, n. 3: 149-155.

TSCHOPE, E. C. 2001. Microcervejarias e Cervejarias: A História, a Arte e a Tecnologia. 1.ed. São Paulo: Aden, 223 p.

TUFALO, P. A. R., QUEIRÓS, R.B., DELERUE-MATOS, C. M., SALES, M. G. F. 2010. Control and comparison of the antioxidant capacity of beers. Food Research International: n. 43, p. 1702-1709.

VALENTE JUNIOR, A. S., ALVES, F. C. D. 2016. Bebidas Alcoólicas: Cerveja. Caderno Setorial ETENE – Banco do Nordeste: ano 1, n. 2, 8 p. https://www.bnb.gov.br/documents/80223/1138347/2_cerveja.pdf/6f5fc80c-fc23-2da8-5b7b-97e3302c6554 (acessado em 01 nov. 2016).

VAN DIJKEN 2002. The 21st International Specialized Symposium on Yeasts (ISSY 2001) “Biochemistry, Genetics, Biotechnology and Ecology of Non-conventional Yeasts (NCY)”. Conference Report. FEMS Yeast Research: n. 1, p. 337-338.

VAN IERSEL, M. F. M., MEERSMAN, I. E., SWINKELS, W., ABEE, T., ROMBOUTS, F. M. 1995. Continuous production of non-alcohol beer by immobilized yeast at low temperature. Journal of Industrial Microbiology: n. 14, p. 495-501.

VENTURINI FILHO, W. G., CEREDA, M. P. 2001. Cerveja. In: ALMEIDA LIMA, U., AQUARONE, E., BORZANI, W., SCHMIDELL, W. Biotecnologia Industrial – Biotecnologia na Produção de Alimentos. v. 4. Sâo Paulo: Edgard Blucher, p. 91-144.

VILAS BOAS, E. V. B.; ALVES, R. E.; FILGUEIRAS, H. A. C.; MENEZES, J. B. 2001. Características da Fruta. Banana Pós-colheita (Série Frutas do Brasil, 16). Embrapa, Brasília, p. 15-19.

WALZL, M. 2005. Beer – a factor of health. Proceedings of the 30th European Brewery Convention Congress, Prague.

WIJNEN, A. H. C., STEENNIS, J., CATOIRE, M., WARDENAAR, F. C., MENSINK, M. 2016. Post-exercise rehydration: effect of consumption of Beer with Varying alcohol content on Fluid Balance after Mild Dehydration. Front. Nutr: v. 3, n. 45. DOI: 10.3389/fnut.2016.00045.

ZHAO, H., CHEN, W., LU, J., ZHAO, M. 2010. Phenolic profiles and antioxidante activities of comercial beers. Food Chemistry: n. 119, p. 1150-1158.

ZUFALL, C., WACKERBAUER, K. 2000. The dealcoholization of beer by dialysis – influencing beer quality by process Engineering. Monatsschrift fuer Brauwissenschaft: v. 53 (9/10), p. 164–179.

ANEXO A

SÚMULA DE CERVEJA

http://www.bjcp.org **Programa de competição aprovado por AHA/BJCP** http://www.homebrewersassociation.org

Nome do Juiz (fôrma)_____

ID BJCP do Juiz _____

Email do Juiz _____

Use etiqueta autoadesiva

Nível ou Situação no BJCP:

☐ Apprentice ☐ Recognized ☐ Certified
☐ National ☐ Master ☐ Grand Master __
☐ Honorary Master ☐ Honorary GM ☐ Juiz de Hidromel
☐ Juiz Provisório ☐ Nível Pendente

Qualificações fora do BJCP:

☐ Cervejeiro Profissional ☐ Beer Sommelier ☐ Não BJCP
☐ Certified Cicerone ☐ Master Cicerone
☐ Treinamento Sensorial ☐ Outro_____

Definição de Nomenclatura (Marque os que se aplicam):

☐ **Acetaldeído** – Aroma e sabor como de maçã-verde.

☐ **Alcoólico** – O aroma, sabor e efeito de calor do etanol e alcoóis superiores. Às vezes descrito como "quente".

☐ **Adstringente** – Aspereza prolongada, sensação de repuxamento e/ou secura no final/retrogosto; sensação áspera de grãos; sensação provocada pelas cascas.

☐ **Diacetil** – Aroma e sabor de manteiga artificial, *butterscotch* ou *toffee*. Às vezes percebido como sensação escorregadia na língua.

☐ **DMS (dimetilsulfureto)** – Em baixos níveis, um aroma e sabor doce parecido com milho cozido ou enlatado.

☐ **Ésteres** – Aroma e/ou sabor de qualquer éster (frutas, aromatizantes de fruta ou rosas).

☐ **Gramíneo** – Aroma/sabor de grama recém-cortada ou folhas verdes.

☐ **Atingido por luz** – Similar ao aroma de um gambá.

☐ **Metálico** – Sabor de lata, moeda, cobre, ferro ou sangue.

☐ **Mofo** – Aromas/sabores de ranço, mofo ou bolor.

☐ **Oxidado** – Qualquer sabor e aroma como de vinho, papelão, papel ou Xerez, ou uma combinação destes.

☐ **Fenólico** – Especiarias (cravo-da-índia, pimenta), fumaça, plástico, fita adesiva e/ou remédio (clorofenol).

☐ **Solvente** – Aromas e sabores de alcoóis superiores (alcoóis fusel). Similar a aromas de acetona ou *thinner*.

☐ **Azedo/Ácido** – Acidez em aroma e sabor. Pode ser intenso e limpo (ácido lático), ou como vinagre (ácido acético).

☐ **Enxofre** – O aroma de ovo podre ou fósforos queimando.

☐ **Vegetal** – Aroma e sabor de legumes cozidos, enlatados ou apodrecidos (repolho, cebola, aipo, aspargo etc.).

☐ **Levedura** – Aroma ou sabor de pão, enxofre ou levedura.

Nº categoria _____ **Subcategoria (a-f)** ____ **Nº Inscrição** ☐

Subcategoria (por extenso) _____

Ingredientes especiais: _____

Inspeção da garrafa: ☐ Tamanho, tampa, enchimento, remoção de rótulo apropriados etc.

Comentários _____

Aroma (conforme apropriado para o estilo) _____/12

Comente sobre malte, lúpulo, ésteres e outros aromáticos

Aparência (conforme apropriado para o estilo) _____/ 3

Comente sobre cor, limpidez e colarinho (retenção, cor e textura)

Sabor (conforme apropriado para o estilo) _____/20

Comente sobre malte, lúpulo, características da fermentação, equilíbrio, final/retrogosto e outras características de sabor

Sensação na Boca (conforme apropriado para o estilo) _____/ 5

Comente sobre corpo, carbonatação, calor, cremosidade, adstringência e outras sensações palatais

Impressão Geral _____/10

Comente sobre o prazer geral de beber associado à amostra, dê sugestões de melhorias

Total _____/50

GUIA DE PONTUAÇÃO

Destacado	(45 - 50):	Exemplo do estilo de classe mundial.
Excelente	(38 - 44):	Exemplifica bem o estilo, requer mínimos ajustes.
Muito Bom	(30 - 37):	Geralmente dentro dos parâmetros do estilo, algumas falhas mínimas.
Bom	(21 - 29):	Erra o alvo no estilo e/ou pequenas falhas.
Razoável	(14 - 20):	Sabores/aromas indesejados ou grandes deficiências de estilo. Desagradável.
Problemático	(00 - 13):	Fortes aromas ou sabores indesejados predominam. Difícil de beber.

Precisão de Estilo

Exemplo Clássico ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ **Fora de Estilo**

Mérito Técnico

Sem Falhas ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ **Falhas Significativas**

Intangíveis

Maravilhoso ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ **Sem Vida**

BJCP Beer Scoresheet Copyright © 2012 Beer Judge Certification Program rev. 120213

Traduzido por Humberto Fröhlich (humberto.fr@gmail.com)