

**VITOR MASSAMI IMAIZUMI**

**CERVEJA COM JABUTICABA: CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA,  
ENERGÉTICA E SENSORIAL**

**Botucatu**

**2019**



**VITOR MASSAMI IMAIZUMI**

**CERVEJA COM JABUTICABA: CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA,  
ENERGÉTICA E SENSORIAL**

Tese apresentada à Faculdade de Ciências  
Agronômicas da Unesp Campus de Botucatu,  
para obtenção do título de Doutor em Agronomia  
(Energia na Agricultura).

Orientador: Prof. Dr. Waldemar Gastoni Venturini Filho

**Botucatu**

**2019**

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉCNICA DE AQUISIÇÃO E TRATAMENTO DA INFORMAÇÃO - DIRETORIA TÉCNICA DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - UNESP - FCA - LAGEADO - BOTUCATU (SP)

I31c	Imaizumi, Vitor Massami, 1989- Cerveja com jabuticaba: caracterização físico-química, energética e sensorial / Vitor Massami Imaizumi. - Botucatu: [s.n.], 2019 94 p.: grafs., tabs.  Tese (Doutorado)- Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agronômicas, Botucatu, 2019 Orientador: Waldemar Gastoni Venturini Filho Inclui bibliografia  1. Jabuticaba. 2. Bebidas alcoólicas - Sabor e aroma. 3. Fermentação. 4. Físico-química. 5. Cerveja. I. Venturini Filho, Waldemar Gastoni. II. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (Câmpus de Botucatu). Faculdade de Ciências Agronômicas. III. Título.
------	---

Elaborada por Ana Lucia G. Kempinas - CRB-8:7310

"Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte"

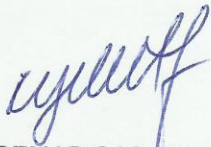
CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

Título: "CERVEJA COM JABOTICABA: CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA, ENERGÉTICA E SENSORIAL"

AUTOR: VÍTOR MASSAMI IMAIZUMI

ORIENTADOR: WALDEMAR GASTONI VENTURINI FILHO

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Doutor em AGRONOMIA (ENERGIA NA AGRICULTURA), pela Comissão Examinadora:



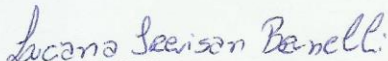
Prof. Dr. WALDEMAR GASTONI VENTURINI FILHO  
Horticultura / UNESP/ Câmpus de Botucatu



Prof. Dr. RICARDO FIGUEIRA  
Horticultura / Faculdade de Ciências Agrônomicas - UNESP



Prof. Dr. VANILDO LUIZ DEL BIANCHI  
Engenharia e Tecnologia de Alimentos / UNESP/Câmpus de São José do Rio Preto



Dr.ª LUCIANA TREVISAN BRUNELLI  
/ Avaré/SP



Prof. Dr. JOÃO BATISTA DE ALMEIDA E SILVA  
Biotecnologia / Escola de Engenharia de Lorena - USP

Botucatu, 20 de fevereiro de 2019.



## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por ter me proporcionado mais essa chance de evoluir espírito e intelectualmente

Ao Professor Doutor Waldemar Gastoni Venturini Filho pela orientação, amizade, atenção, dedicação e confiança

Ao Professor Doutor Tomáš Brányik pela orientação, atenção e conselhos dados durante o período de estágio sanduíche em Praga, República Tcheca

À Vysoká Škola Chemicko-Technologická v Praze, VŠCHT, pela oportunidade de realizar o doutorado sanduíche, bem como por suporte fornecido

À minha família que todo esse momento esteve ao meu lado me apoiando e me aconselhando a sempre continuar em meu caminho e nunca desistir

À Natália Tamagusko Miura pelo amor e carinho que me dedicou, estando sempre ao meu lado e me ajudando em todos os momentos difíceis

Aos meus amigos João Arthur Antonangelo, Ricardo Hideaki Miyajima, Humberto de Jesus Eufraide Júnior, João Victor Ribeiro da Silva de Souza, Luís Eduardo Fagian Serrano pela amizade e por todos os momentos de felicidade e descontração

Ao Ricardo Figueira e Daniel Araújo Doretto pela amizade e por toda ajuda nas práticas laboratoriais

Aos colegas de trabalho em Praga, Tomáš Potočar, Bára Šenkářcinová, Zuzana Ježková, Matěj Patrovský, pela amizade, instrução e auxílio na execução das tarefas

O presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001

Obrigado a todos aqueles que de forma direta ou indireta me auxiliaram nessa conquista.





## RESUMO

Atualmente os cervejeiros artesanais e caseiros vêm ganhando grande destaque no mercado nacional por apresentarem cervejas diferenciadas. O movimento dos cervejeiros caseiros e artesanais engloba a liberdade de adicionar características peculiares à bebida, com auxílio de uma gama de ingredientes (temperos, frutas, xaropes, extratos) podendo agregar assim perfis sensoriais que remetem ao provador uma identidade própria de um local. Dessa forma, o presente trabalho teve por objetivo utilizar a jabuticaba (*Myrciaria cauliflora* Berg.), fruto tipicamente brasileiro, na produção de uma cerveja de baixa fermentação (*lager*) do tipo *fruit beer* (cerveja com fruta), no intuito de agregar características sensoriais desta fruta a uma das bebidas mais consumidas do mundo. Esta tese foi dividida em cinco capítulos, sendo o primeiro uma revisão bibliográfica da temática abordada e, os demais, diferentes manuscritos relacionados ao planejamento experimental e à execução da pesquisa. Os capítulos de dois a cinco referem à maneira em que o fruto foi utilizado na fabricação da cerveja. O segundo capítulo corresponde à adição de frutos inteiros congelados *in natura* ao mosto nas etapas de fervura, fermentação e maturação. O terceiro capítulo corresponde à adição de frutos inteiros desidratados ao mosto nas mesmas etapas anteriores. O quarto capítulo do trabalho corresponde à produção de um xarope de jabuticaba (60 °Brix) e sua adição na cerveja. Para os três capítulos citados, utilizou-se como base uma cerveja estilo *American lager*. O quinto capítulo corresponde à produção de cerveja estilo *Czech lager* que recebeu extrato de jabuticaba. Todas as cervejas produzidas foram analisadas físico-química e sensorialmente. Os resultados desta pesquisa indicam que a jabuticaba é um fruto que apresenta potencial para a fabricação de uma *fruit beer*, podendo ser utilizada de várias maneiras durante o processamento da cerveja, agregando características físico-químicas e sensoriais que valorizam a bebida e lhe conferindo uma identidade brasileira.

---

**Palavras-chave:** *Myrciaria cauliflora*, *lager*, bebida alcoólica, fermentação, escala hedônica.



## ABSTRACT

Nowadays craft brewers and homemade brewers have been gaining a great prominence in the national market for producing different beer styles. The movement of homemade and craft breweries includes the freedom to improve the beverage characteristics, using a range of ingredients (spices, fruit, syrups, extracts), thus adding sensory profiles that reminds the taster an specific place. The objective of this work was to use jaboticaba (*Myrciaria cauliflora* Berg.), a typical Brazilian fruit, in the production of a bottom fermented beer (lager), fruit beer style, in order to provide jaboticaba's features to one of the most consumed beverages in the world. This thesis is divided into five chapters. Chapter one regards a general review of the subject. Chapters two to five are manuscripts describing the way jaboticaba was used in brewing. The second chapter describes the addition of whole frozen fruits to the wort in the stages of boiling, fermentation and maturation. The third chapter describes the addition of whole dried fruits to the wort in the same previous stages. The fourth chapter of the work describes the production of a jaboticaba syrup (60 °Brix) and its addition to the beer. An American lager beer style was used as the base for producing the previous three chapters. The fifth chapter describes the production of a fruit beer, Czech lager style, with jaboticaba extract. All beers produced were physicochemical and sensory analyzed. The results of this research indicate that jaboticaba is a fruit that presents great potential for a fruit beer production; can be used by several ways during brewing; improves both physicochemical and sensory features, providing a Brazilian identity to the beverage.

---

**Keywords:** *Myrciaria cauliflora*, *lager*, alcoholic beverage, fermentation, hedonic scale



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1.	Rampa de mosturação pelo método de infusão.....	34
Figura 2.	Variação tempo x temperatura no processo de mosturação por infusão.....	57
Figura 3.	Localização cartesiana dos tratamentos da análise multivariada.....	82
Figura 4.	Análise multivariada.....	82



## LISTA DE TABELAS

Tabela 1.	Composição físico-química de água cervejeira genérica.....	25
Tabela 2.	Características dos grãos de cevada e de malte.....	26
Tabela 3.	Composição química do lúpulo Hallertauer Magnum.....	27
Tabela 4.	Composição química dos componentes do fruto de jabuticaba da variedade Sabará.....	28
Tabela 5.	Análises físico químicas das cervejas.....	49
Tabela 6.	Análise sensorial das cervejas com jabuticaba e controle.....	50
Tabela 7.	Análises físico-químicas das <i>fruit beers</i> de jabuticaba.....	61
Tabela 8.	Análise sensorial das cervejas com jabuticaba e controle.....	62
Tabela 9.	Análises físico-químicas das cervejas adoçadas com xarope de jabuticaba e açúcar/caramelo.....	71
Tabela 10.	Análises físico químicas das cervejas de três marcas comerciais..	71
Tabela 11.	Análise sensorial das cervejas adoçadas com xarope de jabuticaba ou açúcar/caramelo.....	73
Tabela 12.	Dados de variância dos componentes da análise multivariada.....	83
Tabela 13.	Médias da análise de açúcares da cerveja (g.L <sup>-1</sup> ).....	84
Tabela 14.	Médias das análises físico-químicas das cervejas.....	84
Tabela 15.	Médias da análise de polifenóis totais na cerveja.....	85
Tabela 16.	Médias das análises de polifenóis individuais na cerveja (mg.L <sup>-1</sup> )..	86
Tabela 17.	Médias das análises de álcoois superiores, ácidos orgânicos e ésteres na cerveja (mg.L <sup>-1</sup> ).....	77
Tabela 18.	Avaliação sensorial das cervejas com extrato de jabuticaba.....	88





## SUMÁRIO

INTRODUÇÃO GERAL.....	19
CAPÍTULO 1 - FRUIT BEER DE JABUTICABA: CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS E SENSORIAIS.....	41
RESUMO.....	41
ABSTRACT.....	42
1.1 INTRODUÇÃO.....	42
1.2 MATERIAIS E MÉTODOS.....	43
1.2.1 Materiais.....	43
1.2.2 Métodos.....	44
1.2.2.1 Planejamento experimental.....	44
1.2.2.2 Processo de fabricação artesanal.....	44
1.2.2.3 Análises físico-químicas.....	45
1.2.2.4 Análise sensorial.....	46
1.2.2.5 Análise estatística.....	46
1.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	46
1.3.1 Análises Físico-Químicas.....	46
1.3.2 Análise Sensorial.....	49
1.4 CONCLUSÕES.....	50
1.5 REFERÊNCIAS.....	50
CAPÍTULO 2 - CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA E SENSORIAL DE FRUIT BEER DE JABUTICABA DESIDRATADA.....	53
RESUMO.....	53
ABSTRACT.....	54
2.1 INTRODUÇÃO.....	54
2.2 MATERIAIS E MÉTODOS.....	55
2.2.1 Materiais.....	55
2.2.2 Métodos.....	56
2.2.2.1 Planejamento experimental.....	56
2.2.2.2 Secagem e armazenamento dos frutos.....	56
2.2.2.3 Processo de fabricação da cerveja puro malte (Controle).....	56
2.2.2.4 Análises físico-químicas.....	58
2.2.2.5 Análise sensorial.....	58

2.2.2.6	Análise estatística.....	59
2.3	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	59
2.3.1	Análises Físico-Químicas.....	59
2.3.2	Análise Sensorial.....	62
2.4	CONCLUSÕES.....	63
2.5	REFERÊNCIAS.....	63
	CAPÍTULO 3 - PRODUÇÃO DE CERVEJAS ADOCICADAS: CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA, SENSORIAL E ENERGÉTICA.....	65
	RESUMO.....	65
	ABSTRACT.....	66
3.1	INTRODUÇÃO.....	66
3.2	MATERIAIS E MÉTODOS.....	67
3.2.1	Materiais.....	67
3.2.2	Métodos.....	68
3.2.2.1	Planejamento experimental.....	68
3.2.2.2	Xarope de jabuticaba.....	68
3.2.2.3	Processo de fabricação artesanal.....	68
3.2.2.4	Análises físico-químicas.....	69
3.2.2.5	Análise sensorial.....	70
3.2.2.6	Análise energética.....	70
3.2.2.7	Análise estatística.....	70
3.3	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	70
3.3.1	Análises Físico-Químicas.....	70
3.3.2	Análise Sensorial.....	73
3.3.3	Análise energética.....	73
3.4	CONCLUSÕES.....	74
3.5	REFERÊNCIAS.....	74
	CAPÍTULO 4 - CERVEJA CZECH LAGER COM JABUTICABA: CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS E SENSORIAIS .....	76
	RESUMO.....	76
	ABSTRACT.....	77
4.1	INTRODUÇÃO.....	77

4.2	MATERIAIS E MÉTODOS.....	78
4.2.1	Materiais.....	78
4.2.2	Métodos.....	79
4.2.2.1	Secagem e armazenamento dos frutos.....	79
4.2.2.2	Planejamento experimental.....	79
4.2.2.3	Produção do extrato de jabuticaba.....	79
4.2.2.4	Produção da cerveja.....	79
4.2.2.5	Análises físico-químicas.....	80
4.2.2.6	Análise sensorial.....	80
4.2.2.7	Análise estatística.....	81
4.3	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	81
4.4	CONCLUSÕES.....	88
4.5	REFERÊNCIAS.....	88
	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	90
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	91



## INTRODUÇÃO GERAL

Apesar de ser uma bebida muito antiga, a cerveja vem sendo aprimorada a cada dia. A tendência atual da indústria cervejeira é de segmentação e desenvolvimento de novas formulações para se manter ou crescer neste mercado competitivo. Assim, cresce a demanda no uso de matérias-primas não convencionais, no intuito de criar bebidas diferenciadas.

As *fruit beers* (cervejas com fruta) são exemplos dessas bebidas diferenciadas. Essa modalidade está em expansão no mercado atual de cerveja, dado ao fato de serem, muitas vezes, adocicadas, o que proporciona a extensão do consumo dessa bebida às pessoas que não apreciam o gosto amargo do lúpulo. Cervejas com morango, cereja, framboesa e pêssego são exemplos de *fruit beers*.

No Brasil, a utilização de frutas nativas na fabricação de cerveja, além de agradar o paladar de seus apreciadores, incentiva seu consumo e as valoriza. A jabuticaba (*Myrciaria cauliflora* Berg.) é um exemplo de fruta nativa brasileira que é possível utilizar na fabricação de uma *fruit beer*. Seu uso na fabricação de cerveja certamente proporcionará à bebida características peculiares. Possui aroma e sabor suave, com polpa adocicada e levemente ácida, tornando-se um perfeito adjunto cervejeiro. Sua casca lisa possui cor roxo escuro, devido à grande quantidade de antocianinas.

A sazonalidade da jabuticabeira não permite que seus frutos sejam colhidos o ano todo. Além disso, os frutos são altamente perecíveis, suportando curtos períodos de armazenamento. O congelamento, a desidratação, produção de extrato e de xarope são exemplos das várias formas de se armazenar o fruto por longo período. Esses produtos podem ser aplicados de diversas formas durante o processo de fabricação da *fruit beer*.

A fabricação de uma cerveja artesanal utilizando-se a jabuticaba como adjunto confere uma identidade brasileira a uma das bebidas mais consumidas do mundo.

## REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### Legislação

O artigo n. 36 do decreto n. 6871 de 4 de junho de 2009, que dispõe sobre a padronização, a classificação, o registro, a inspeção, a produção e a fiscalização de bebidas, estabelece que (BRASIL, 2009):

*Cerveja é a bebida obtida pela fermentação alcoólica do mosto cervejeiro oriundo do malte de cevada e água potável, por ação da levedura, com adição de lúpulo.*

*§ 1º O malte de cevada usado na elaboração de cerveja e o lúpulo poderão ser substituídos por seus respectivos extratos.*

*§ 2º Malte é o produto obtido pela germinação e secagem da cevada, devendo o malte de outros cereais ter a designação acrescida do nome do cereal de sua origem.*

*§ 3º Extrato de malte é o resultante da desidratação do mosto de malte até o estado sólido, ou pastoso, devendo, quando reconstituído, apresentar as propriedades do mosto de malte.*

*§ 4º Parte do malte de cevada poderá ser substituído por adjuntos cervejeiros, cujo emprego não poderá ser superior a quarenta e cinco por cento em relação ao extrato primitivo.*

*§ 5º Consideram-se adjuntos cervejeiros a cevada cervejeira e os demais cereais aptos para o consumo humano, malteados ou não-malteados, bem como os amidos e açúcares de origem vegetal.*

*§ 6º Quando se tratarem de açúcares vegetais diferentes dos provenientes de cereais, a quantidade máxima de açúcar empregada em relação ao seu extrato primitivo será:*

*I - na cerveja clara, menor ou igual a dez por cento em peso;*

*II - na cerveja escura, menor ou igual a cinquenta por cento em peso, podendo conferir ao produto acabado as características de adoçante; e*

*III - na cerveja extra, menor ou igual a dez por cento do extrato primitivo.*

*§ 7º Carboidratos transformados são os derivados da parte amilácea dos cereais obtidos por meio de transformações enzimáticas.*

*§ 8º Mosto cervejeiro é a solução, em água potável, de carboidratos, proteínas, glicídios e sais minerais, resultantes da degradação enzimática dos componentes da matéria-prima que compõem o mosto.*

§ 9º *Mosto lupulado é o mosto fervido com lúpulo ou seu extrato, e dele apresentando os princípios aromáticos e amargos, ficando estabelecido que:*

*I - lúpulo são os cones da inflorescência do Humulus lupulus, em sua forma natural ou industrializada, aptos para o consumo humano; e*

*II - extrato de lúpulo é o resultante da extração, por solvente adequado, dos princípios aromáticos ou amargos do lúpulo, isomerizados ou não, reduzidos ou não, devendo o produto final estar isento de solvente.*

§ 10. *Extrato primitivo ou original é o extrato do mosto de malte de origem da cerveja.*

*Art. 37. Das características de identidade da cerveja deverá ser observado o seguinte:*

*I - a cor da cerveja deverá ser proveniente das substâncias corantes do malte da cevada, sendo que:*

*a) para corrigir ou intensificar a cor da cerveja, é permitido o uso do corante caramelo, e de corantes naturais previstos em legislação específica;*

*b) na cerveja escura será permitido somente o uso de corante caramelo; e*

*c) admite-se a utilização de corante natural, autorizados pela legislação própria, com a finalidade de padronizar a cor das cervejas definidas nos arts. 40, 41 e 42;*

*II - para fermentação do mosto, será usada a levedura cervejeira;*

*III - a cerveja deverá ser estabilizada biologicamente por processo físico apropriado, podendo ser denominada de Chope ou Chopp a cerveja não submetida a processo de pasteurização para o envase;*

*IV - a água potável empregada na elaboração da cerveja poderá ser tratada com substâncias químicas, por processo físico ou outro que lhe assegure as características desejadas para boa qualidade do produto, em conjunto ou separadamente; e*

*V - a cerveja deverá apresentar, a vinte graus Celsius, pressão mínima de atmosfera de gás carbônico proveniente da fermentação, sendo permitida a correção por dióxido de carbono ou nitrogênio, industrialmente puros. Art. 38. As cervejas são classificadas:*

*I - quanto ao extrato primitivo, em:*

*a) cerveja leve, definida como sendo a cerveja cujo extrato primitivo é maior ou igual a cinco por cento em peso e menor que dez e meio por cento em peso, podendo denominar-se cerveja light a cerveja leve que cumpra também, cumulativamente, os requisitos constantes dos itens 1 e 2, seguintes:*

1. redução de vinte e cinco por cento do conteúdo de nutrientes ou do valor energético com relação a uma cerveja similar do mesmo fabricante (mesma marca comercial), ou do valor médio do conteúdo de três cervejas similares conhecidas e que sejam produzidas na região; e

2. valor energético da cerveja pronta para o consumo deve ser no máximo de trinta e cinco quilocalorias por cem mililitros;

b) cerveja ou cerveja comum, definida como sendo a cerveja cujo extrato primitivo é maior ou igual a dez e meio por cento em peso e menor que doze por cento em peso;

c) cerveja extra, definida como sendo a cerveja cujo extrato primitivo é maior ou igual a doze por cento em peso e menor ou igual a quatorze por cento em peso; ou

d) cerveja forte, definida como sendo a cerveja cujo extrato primitivo é maior que quatorze por cento em peso;

II - quanto à cor, em:

a) cerveja clara, a que tiver cor correspondente a menos de vinte unidades EBC (European Brewery Convention);

b) cerveja escura, a que tiver cor correspondente a vinte ou mais unidades EBC (European Brewery Convention); ou

c) cerveja colorida, a que, pela ação de corantes naturais, apresentar coloração diferente das definidas no padrão EBC (European Brewery Convention);

III - quanto ao teor alcoólico, em:

a) cerveja sem álcool, quando seu conteúdo em álcool for menor ou igual a meio por cento em volume, não sendo obrigatória a declaração no rótulo do conteúdo alcoólico; ou

b) cerveja com álcool, quando seu conteúdo em álcool for superior a meio por cento em volume, devendo obrigatoriamente constar no rótulo o percentual de álcool em volume;

IV - quanto à proporção de malte de cevada, em:

a) cerveja de puro malte, aquela que possuir cem por cento de malte de cevada, em peso, sobre o extrato primitivo, como fonte de açúcares;

b) cerveja, aquela que possuir proporção de malte de cevada maior ou igual a cinquenta e cinco por cento em peso, sobre o extrato primitivo, como fonte de açúcares; ou



c) “cerveja de ...”, seguida do nome do vegetal predominante, aquela que possuir proporção de malte de cevada maior que vinte por cento e menor que cinquenta e cinco por cento, em peso, sobre o extrato primitivo, como fonte de açúcares;

V - quanto à fermentação, em:

a) de baixa fermentação; ou

b) de alta fermentação.

*Art. 39. De acordo com o seu tipo, a cerveja poderá ser denominada: Pilsen, Export, Lager, Dortmunder, Munchen, Bock, Malzbier, Ale, Stout, Porter, Weissbier, Alt e outras denominações internacionalmente reconhecidas que vierem a ser criadas, observadas as características do produto original.*

Esse mesmo decreto permite a adição de suco ou extrato vegetal à cerveja conforme estabelecido:

*Art. 40. A cerveja poderá ser adicionada de suco ou extrato de vegetal, ou ambos, que poderão ser substituídos, total ou parcialmente, por óleo essencial, essência natural ou destilado vegetal de sua origem.*

*Art. 41. A cerveja adicionada de suco de vegetal deverá ser denominada “cerveja com ...”, acrescida do nome do vegetal.*

*Art. 42. Quando o suco natural for substituído total ou parcialmente pelo óleo essencial, essência natural ou destilado do vegetal de sua origem, será denominada “cerveja sabor de ...”, acrescida do nome do vegetal.*

### **Produção artesanal de cerveja**

A produção artesanal de cerveja é a prática que compreende a produção da bebida sem uma intensa utilização de maquinários, ou seja, uma produção manual. Em relação às grandes cervejarias, a produção artesanal é em pequena escala, variando desde cervejeiros caseiros, produzindo para consumo próprio, até microcervejarias com produção comercial (GLASS et al., 2012; OLIVER, 2012a)

Essa produção descende do movimento de microcervejarias iniciado no Reino Unido no fim da década de 1970 e emergido nos Estados Unidos na década de 1990, se espalhando para todos os cantos do mundo na primeira década do século XXI (OLIVER, 2012b). No Brasil uma pequena revolução cervejeira aconteceu no início da década de 1990, com o surgimento de cervejarias artesanais inspiradas naquelas

existentes na Europa e Estados Unidos, atraindo os entusiastas ao mundo de cervejas especiais (MENDES, 2012).

### **Mercado da cerveja no Brasil**

De acordo com Abracerva (2018), dados divulgados pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) apontam um crescimento de 37,7% no número de cervejarias artesanais registradas no Brasil no ano de 2017. O ano de 2016 encerrou com 493 registros, sendo que em 2017 esse número foi de 679. O estado do Rio Grande do Sul lidera o *ranking* de registros com 142 cervejarias artesanais, seguido de São Paulo (124), Minas Gerais (87), Santa Catarina (78) e Paraná (67).

O Brasil produz cerca de 14 bilhões de litros de cerveja por ano (artesanais e de grandes grupos cervejeiros), ocupando o terceiro lugar no *ranking* mundial, atrás de China e Estados Unidos, obtendo um faturamento anual de R\$ 77 bilhões (ANUÁRIO, 2016). Consumindo 67 litros/habitante/ano, o país ocupa o 24º lugar no ranking mundial de consumo de cerveja *per capita*, que é liderado pela República Tcheca com 147 litros/habitante/ano, seguido da Alemanha e Áustria, ambas com 108 litros/habitante/ano (CERVIERI JÚNIOR et al., 2014).

De acordo com Anuário (2016), as vendas de cerveja correspondem a 1,6% do PIB nacional, gerando R\$ 23 bilhões em impostos, R\$ 27 bilhões em salários e promovendo 2,2 milhões de empregos diretos e indiretos no país.

O investimento em publicidade no setor de bebidas foi de R\$ 5,86 milhões, dos quais R\$ 2,74 milhões foram gastos com a cerveja, o que corresponde a aproximadamente 47% do marketing em bebidas, para o ano de 2013 (CERVIERI JÚNIOR et al., 2014).

### **Matéria-prima cervejeira**

#### **Água**

Sob o ponto de vista quantitativo, a água é a matéria-prima mais importante na fabricação de cerveja, representando cerca de 85-95% da composição da maioria das cervejas (KISSMEYER, 2012). De acordo com Eumann (2006), diversas reações químicas na fabricação da cerveja (maceração dos grãos, atuação de amilases, extração de componente de amargor do lúpulo, coagulação do *trub*) dependem da composição físico-química da água (Tabela 1). Para este autor, a água potável para o consumo humano pode ser utilizada como água cervejeira.

Tabela 1. Composição físico-química de água cervejeira genérica

<b>Parâmetro</b>	<b>Expresso como</b>	<b>Padrão</b>	<b>Máximo</b>
<b>Cor</b>	mg/L Pt/ escala Co	1	20
<b>Turbidez</b>	mg/l SiO <sub>2</sub>	1	10
<b>Temperatura</b>	°C	12	25
<b>pH</b>	pH	6,5-8,5	9,5
<b>Condutividade</b>	µS/cm	400	-
<b>Cloro</b>	mg/L Cl	25	-
<b>Sulfato</b>	mg/L SO <sub>4</sub>	25	250
<b>Cálcio</b>	mg/L Ca	100	-
<b>Magnésio</b>	mg/L Mg	30	50
<b>Sódio</b>	mg/L Na	20	150

Fonte: Kunze (1999).

Os diferentes estilos de cerveja são influenciados pela composição da água, fazendo com que a indústria cervejeira se instale em regiões, onde a água é uniforme e de boa qualidade (EUMANN, 2006).

### **Malte**

O processo de maltagem consiste na germinação de qualquer cereal sob condições controladas, no intuito de elevar seu conteúdo enzimático (síntese de amilases, proteases e outras enzimas), o qual catalisa as reações de quebra das macromoléculas, como o amido, durante a etapa de mosturação. As principais enzimas que são sintetizadas no processo de maltagem são  $\alpha$  e  $\beta$  amilases (KUNZE, 1999). Na Tabela 2 estão apresentadas as características dos grãos e malte de cevada.

Tabela 2. Características dos grãos de cevada e de malte

<b>Características</b>	<b>Cevada</b>	<b>Malte</b>
<b>Massa do grão (mg)</b>	32 – 36	29 - 33
<b>Umidade (%)</b>	10 – 14	4 - 6
<b>Amido (%)</b>	55 – 60	50 - 55
<b>Açúcares (%)</b>	0,5 - 1,0	8 - 10
<b>Nitrogênio total (%)</b>	1,8 - 2,3	1,8 - 2,3
<b>Nitrogênio solúvel (% N total)</b>	10 – 12	35 - 50
<b>Poder diastático (°L)</b>	50 – 60	100 - 120
<b><math>\alpha</math> - amilase (DU)</b>	Traços	30 - 60
<b>Atividade proteolítica</b>	Traços	15 - 30

Fonte: Cereda (1983)

Os grãos contêm todos os nutrientes, principalmente carboidratos, proteínas e lipídios, além de outros elementos traços que as gramíneas necessitam para a sua reprodução. O processo de maltagem torna esses nutrientes disponíveis para a levedura alcoólica (KRAUS – WEYERMANN, 2012).

Os grãos malteados são chamados de malte base, pois apresentam uma atividade enzimática suficiente, com notável poder diastático, para assegurar que ocorra a conversão do amido em açúcares fermentescíveis durante a mosturação, geralmente compondo a maior porcentagem do total de grãos da receita (cerca de 60 a 100%). A porcentagem restante pode ser completada com maltes especiais (MALFARA, 2012).

Os tipos de malte especiais variam de muito claros e doces, âmbar com sabor de biscoito, até preto remetendo ao sabor de café. O cervejeiro normalmente seleciona uma combinação de maltes para produzir uma receita em particular (KRAUS – WEYERMANN, 2012).

## **Lúpulo**

O lúpulo (*Humulus lupulus* L.) é uma planta da família *Cannabaceae* originária da Ásia. Essa espécie possui planta masculinas e femininas, das quais apenas as femininas possuem interesse industrial. Suas inflorescências são ricas em glândulas com lupulina, as quais apresentam óleos essenciais e resinas que caracterizam o aroma e amargor da cerveja (ROBERTS; WILSON, 2006).

A Tabela 3 mostra a composição química do lúpulo Magnum da região de Hallertau, Alemanha.

Tabela 3. Composição química do lúpulo Hallertauer Magnum

<b>Componente</b>	<b>Quantidade</b>
<b>Alfa ácidos</b>	12,6%
<b>Beta ácidos</b>	5,0 - 7,0%
<b>Cohumulona</b>	21 - 29% dos alfa ácidos
<b>Óleos totais</b>	1,6 - 2,6 ml.100g <sup>-1</sup> dos óleos totais
<b>Mirceno</b>	30 – 45% dos óleos totais
<b>Humuleno</b>	30 – 45% dos óleos totais
<b>Cariofileno</b>	8 – 12% dos óleos totais
<b>Farneseno</b>	<1% dos óleos totais

Fonte: Barth-Haas Group (2015)

Os lúpulos podem ser classificados quanto ao seu uso, sendo ele para amargor ou para conferir aroma. Há também variedades de duplo propósito, as quais além de prover amargor, também podem ser utilizadas para conferir aroma. Os lúpulos de amargor, são os lúpulos adicionados ao mosto no início da fervura e os aromáticos, são os lúpulos adicionados a partir de 30 minutos antes do final da fervura (BLAKE, 2012).

Há estilos clássicos de cervejas artesanais que possuem uma grande quantidade de lúpulo em sua composição. A India Pale Ale (IPA) é um estilo de cerveja britânico cuja principal característica é o elevado amargor, provindo de grande quantidade de lúpulo de amargor adicionado à tina de fervura (BROWN, 2012). Há também cervejas que são submetidas à prática da lupulagem a frio (*dry hopping*), que consiste na adição de lúpulo à cerveja nas tinas de fermentação, no recipiente de carbonatação ou na hora de servir a bebida. Essa prática tem o propósito de conferir aromas e sabores frescos do lúpulo à bebida e não amargor, pois os alfa ácidos responsáveis pelo amargor da cerveja não são isomerizados, permanecendo insolúveis durante o *dry hopping* (OLIVER, 2012c).

## Jaboticaba

A jaboticabeira (*Myrciaria spp.*) é uma planta da família *Myrtaceae*, nativa do Brasil e encontrada em diversos biomas. Adapta-se tanto a climas subtropicais como tropicais podendo ser cultivada de 0 a 1.400 m de altitude. Requer solo úmido, fértil, profundo e bem drenado, tolerando curto período de estiagem. Suas flores são hermafroditas e se encontram em abundância ao longo do tronco. Os frutos são do tipo baga, subgloboso, negro, liso, com polpa doce e levemente ácida de coloração branca à translúcida. Amadurecem cerca de 3 semanas após o florescimento (DONADIO; MORO; SERVIDONE, 2004). A jaboticabeira é propagada naturalmente pelo método sexuado utilizando-se sementes (pé-franco). Contudo, a partir desse método a planta inicia sua produção com cerca de 10 anos de idade. Os viveiros comerciais de mudas, para diminuir o tempo de produção, utilizam propagação assexuada (estaquia, mergulhia e enxertia), obtendo plantas que produzem com cerca de 5 anos de idade (DONADIO, 2009). A composição físico-química dos componentes do fruto de jaboticaba (casca, polpa e semente) e do fruto inteiro da variedade Sabará é apresentada na Tabela 4.

Tabela 4. Composição química dos componentes do fruto de jaboticaba da variedade Sabará

<b>Partes do fruto (100 g)</b>	<b>Sólidos solúveis (°Brix)</b>	<b>Acidez titulável (g)</b>	<b>pH</b>	<b>Proteína bruta (g)</b>	<b>Extrato etéreo (g)</b>	<b>Cinzas (g)</b>	<b>Polifenóis (g)</b>
<b>Casca</b>	11,60	1,67	3,39	1,16	0,57	4,40	11,99
<b>Semente</b>	9,30	2,12	3,97	1,17	0,58	2,68	0,49
<b>Polpa</b>	14,13	0,97	3,50	0,47	0,06	2,71	8,56
<b>Fruto Inteiro</b>	11,20	1,41	3,55	0,92	0,42	3,82	8,51

Fonte: Adaptado de Lima et al. (2008). Acidez titulável expressa em ácido cítrico.

De acordo com a Tabela 4, a jaboticaba é um fruto que possui grande quantidade de polifenóis em sua composição, principalmente na casca. Machado et al. (2013), analisando a casca liofilizada de frutos de jaboticaba, detectaram a presença das antocianinas delfinidina-3-glicosídeo e cianidina-3-glicosídeo.

Os frutos de jaboticaba podem ser utilizados tanto para consumo *in natura* como para a fabricação de sucos, xaropes, licores, fermentados e geleias (DONADIO;

MORO; SERVIDONE, 2004). Outra aplicação relevante é o uso da jabuticaba na fabricação de cervejas, não somente como um adjunto açucarado, mas também para alterar suas características organolépticas.

### **Adjunto**

O adjunto é qualquer material rico em carboidratos, não maltado, cuja adição na formulação tem por finalidade aumentar a quantidade de açúcares fermentescíveis no processo de mosturação. Os adjuntos podem ser amiláceos, como no caso de milho, sorgo e trigo ou açucarados, como xaropes de cana de açúcar, beterraba e milho, os quais contêm glicose, frutose e sacarose (KUNZE, 1999). As enzimas amilases possuem a capacidade de hidrolisar não somente as moléculas de amido do malte, mas também de outros cereais não maltados. A indústria cervejeira faz uso de adjuntos para diminuir os custos de produção, devido ao seu menor preço em relação ao malte de cevada. Outro fator relevante no uso desse material é a melhora das características físico-químicas e organolépticas (STEWART, 2006), diminuindo ou intensificando a coloração, melhorando a espuma e conferindo uma gama de aromas para o produto final (BAMFORTH, 2012).

### **Jabuticaba como adjunto de malte**

De acordo com Oliveira (2013), no Brasil há várias pesquisas enfocando a utilização de frutas como adjuntos cervejeiros. As grandes indústrias utilizam arroz e milho como adjunto de malte, porém os pesquisadores estão interessados em testar a grande variedade de frutas brasileiras, as quais conferem sabor e aroma característicos à cerveja.

A utilização da jabuticaba como matéria-prima cervejeira a classificaria como um adjunto açucarado, pois em seu estágio máximo de maturação, possui um grande acúmulo de açúcares, os quais são responsáveis pela rápida fermentação do fruto (MAGALHÃES; BARROS; FINGER, 1996). De acordo com Lima et al. (2011) a jabuticaba da variedade Sabará, com base na matéria seca, possui em sua composição os açúcares frutose ( $32,96 \text{ g} \cdot 100\text{g}^{-1}$ ), glicose ( $26,40 \text{ g} \cdot 100\text{g}^{-1}$ ) e sacarose ( $11,69 \text{ g} \cdot 100\text{g}^{-1}$ ).

## Levedura cervejeira

De acordo com Lewis e Young (1995), a levedura é um organismo vivo e, portanto, não pode ser considerada como matéria-prima. Durante a produção de cerveja ocorre a fermentação, na qual o açúcar do mosto é convertido em álcool e gás carbônico (KUNZE, 2004). Ainda de acordo com esse autor, a levedura não somente produz álcool e gás carbônico, mas também, como parte de seu metabolismo, uma grande quantidade de compostos de aroma.

Há uma enorme gama de cepas de leveduras utilizadas na fabricação de cerveja, sendo elas pertencentes a dois principais grupos: leveduras de alta fermentação (*ale*) e leveduras de baixa fermentação (*lager*) (KUNZE, 2004). Segundo Zandycke (2012), esta classificação está equivocada, pois o uso de fermentadores cilindro-cônicos promoveu uma seleção de leveduras *ale* que decantam para o fundo do tanque, facilitando a sua reutilização

As leveduras *ale* pertencem a uma série de cepas da espécie *Saccharomyces cerevisiae*, sendo largamente utilizadas na fabricação de cervejas de alta fermentação claras, marrons e escuras, cervejas de trigo, etc. O intervalo de temperatura na qual as leveduras *ale* fermentam é de 18 °C a 24 °C (DUNN, 2012). A levedura *lager*, *Saccharomyces pastorianus*, é uma levedura utilizada para fabricação de cervejas de baixa fermentação, fisiologicamente distinta da levedura *ale*, por sua capacidade de fermentar em temperaturas baixas e de fermentar o açúcar melibiose. As leveduras *lager* também fermentam mais açúcares do que a levedura *ale*, provendo um sabor mais refrescante. Sua temperatura de fermentação é compreendida entre o intervalo de 5 °C a 14 °C (SHERLOCK, 2012; DUNN, 2012).

Há leveduras do gênero *Brettanomyces* que têm sido utilizadas para a produção de cervejas como *sour ales* e *Belgian lambics*, contudo, tais leveduras são consideradas “contaminantes” ou “selvagens”. Esses microrganismos possuem a capacidade de metabolizar alguns dos açúcares que a levedura cervejeira não é capaz (dextrinas), os quais contribuem para encorpar a bebida. Podem também afetar negativamente a qualidade da cerveja ao conferirem turbidez à bebida ou formarem uma película sobre a sua superfície. Além disso, também podem produzir sabores estranhos, tais como compostos fenólicos (ZANDYCKE, 2012).



### ***Fruit beers***

De acordo com BJCP (2015) a *fruit beer* (cerveja com fruta) é qualquer estilo de cerveja produzida com fruta ou combinação de frutas, resultando em uma nobre harmonização, na qual nenhum dos sabores, de ambas partes, sobrepuja o outro. Alguns exemplos de frutas utilizadas nessa categoria são maçã, pêra, banana, laranja, goiaba, manga, ameixa e cereja.

Alguns parâmetros sobre *fruit beer* são estabelecidos por BJCP (2015):

**-Aparência:** A aparência deve ser apropriada tanto para o tipo de cerveja declarada, bem como para a fruta declarada. Para as cervejas mais claras dotadas de frutas com cor distinta, essa coloração deve ser notável na bebida. *Fruit beers* podem apresentar certa transparência ou turbidez, embora turbidez seja geralmente indesejável. A espuma deve conter certa coloração da fruta.

**-Aroma:** Os compostos aromáticos distintos associados à fruta declarada devem ser notáveis no aroma da bebida. Há frutas com aromas mais fortes e outros mais fracos; permite-se uma variedade de frutas com intensidade e características de sutil a agressiva.

**-Sabor:** Assim como no aroma, os sabores associados à fruta declarada devem ser notáveis e devem variar de intensidade, de sutil a agressiva. O balanço entre a fruta e a cerveja base é vital, sendo que as características da fruta não devem ser tão artificiais e/ou impropriamente excessivas que sugira um “suco de frutas”. O amargor e sabor do lúpulo, sabor do malte, conteúdo alcoólico e produtos da fermentação, como ésteres, devem ser apropriados à cerveja base, harmonizando com o sabor da fruta presente. Lembre-se que frutas conferem sabor às *fruit beers* e não doçura. Os açúcares encontrados nessas frutas costumam ser totalmente fermentados, contribuindo com sabores suaves e um final mais seco do que o esperado para a cerveja base declarada. Entretanto, sólidos solúveis residuais não são necessariamente uma característica negativa, a menos que possuam uma qualidade primária não fermentescível.

**-Impressão geral:** um harmonioso casamento entre fruta e cerveja, mas ainda reconhecível como cerveja. As características da fruta devem ser evidentes, mas balanceada com a cerveja, não tão fortes a ponto de sugerir um produto artificial.

## **Processamento industrial da cerveja**

### **Moagem do malte**

A moagem é um processo mecânico que consiste no esmagamento ou trituração do grão maltado, no intuito de expor seu endosperma à ação das enzimas do malte. Nesse estágio, é necessária atenção com a cascas, as quais, dependendo do tipo de filtro, devem se manter mais íntegras possível para serem utilizadas como elemento filtrante do mosto (LEIPER; MIEDL, 2006; KUNZE, 2004). Há em geral dois tipos de moinhos. O moinho de rolos e o moinho de martelo.

### **Moinho de rolos**

Esse tipo de moinho possui 2 formas de moagem, seca e úmida. Na moagem seca, o moinho é dotado de pares de rolos que giram em sentidos opostos e possuem distância regulável, realizando a moagem pelo esmagamento do grão seco. Há moinhos de dois, quatro, cinco e seis rolos. Na moagem úmida, os grãos são umedecidos por meio de maceração em água quente, aspersão de água quente ou vapor a baixa pressão e esmagados por um par de rolos como descrito acima. Quando o grão está úmido, a casca se torna mais elástica e o endosperma consegue ser removido facilmente sem danificá-la (KUNZE, 2004; DORNBUSCH, 2012).

### **Moinho de martelo**

O moinho de martelo (moagem seca) é utilizado quando se deseja uma moagem fina, para aumentar o contato das enzimas com seus substratos (amido e proteínas, principalmente). A moagem é realizada nesse tipo de equipamento pela trituração do malte por uma série de “martelos” fixados em um eixo central rotativo, os quais pressionam os grãos contra uma peneira metálica na parte inferior do equipamento. Contudo, esse tipo de moinho só pode ser utilizado por cervejarias dotadas de filtro prensa e não da tina de filtração convencional (KUNZE, 2004; DORNBUSCH, 2012).

### **Mosturação**

O objetivo desse processo é aumentar, na água cervejeira, a quantidade de açúcares fermentescíveis (principalmente maltose), por meio da hidrólise enzimática dos carboidratos não fermentescíveis (amido) presentes no malte. Há também a liberação de dextrina, carboidrato não fermentescível (ANDREWS, 2006). Ao final do

processo de mosturação, o mosto cervejeiro é composto de diversos componentes, como carboidratos, polifenóis, aminoácidos e vitaminas, essenciais para o crescimento das leveduras. O mosto cervejeiro é composto por açúcares fermentescíveis (10% glicose, 45% maltose, 15% maltotriose, 5% sacarose) o que compreende 75% do total de carboidratos e açúcares não fermentescíveis (15% dextrina e 10% maltotetraose) totalizando os 25% restantes (PALMER, 2006).

O processo de mosturação é realizado nas cervejarias em um recipiente denominado *tina de mosturação*, onde os grãos moídos são misturados com água, formando a mostura, a qual é aquecida por vapor na jaqueta da tina. A tina pode ser construída de vários materiais, como cobre e aço inoxidável. Seu diâmetro e profundidade são variáveis, bem como sua forma (BUTTRICK, 2012b).

A atividade enzimática é controlada com diversas elevações de temperaturas em tempos alternados. A escolha da relação tempo/temperatura (Figura 1) varia conforme o tipo de cerveja desejado, havendo dessa forma, um controle de produção de açúcares fermentescíveis e não fermentescíveis (dextrinas), os quais alteram o corpo da bebida e consistência da espuma. Nas faixas de temperatura mais baixa (60-65°C) há a predominância da atividade da enzima  $\beta$ -amilase (produção de maltose), sendo que em temperaturas mais elevadas (70-75°C) há maior atividade de enzimas  $\alpha$ -amilase (produção de dextrina). Temperaturas acima de 76°C inativam as enzimas (TOSS; CRISTOFOLI, 2014).

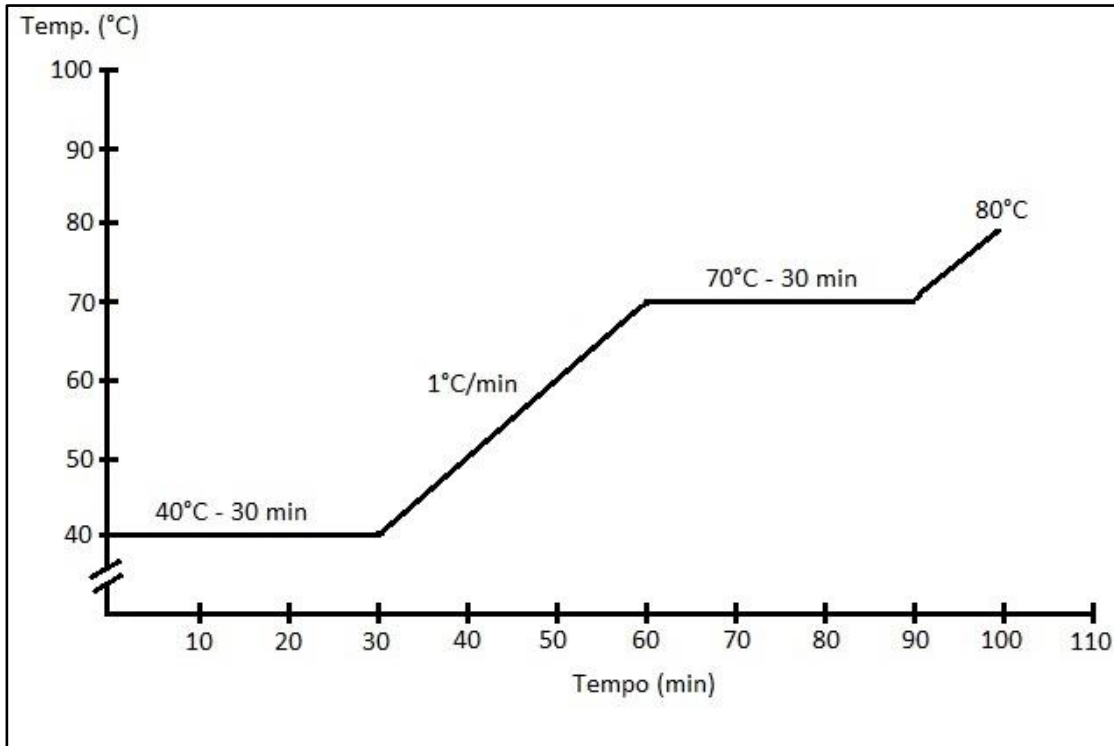


Figura 1. Rampa de mosturação pelo método de infusão (BRUNELLI et al., 2014).

### Filtração do mosto

Esse processo consiste na separação da parte sólida (bagaço de malte) da parte líquida (mosto primário). Após essa primeira filtração, realiza-se a lavagem do bagaço de malte com água cervejeira (água de segunda) a 75°C, para máximo aproveitamento dos carboidratos remanescentes. Há vários equipamentos para realização dessa operação, sendo que no Brasil a mais utilizada é a tina de filtração, feita em aço inoxidável, com fundo falso ranhurado (DRAGONE; ALMEIDA E SILVA, 2010; VENTURINI FILHO, 2000). A mistura do mosto primário com o secundário resulta no mosto misto.

### Fervura do mosto

A fervura do mosto é uma das mais cruciais e complexas etapas no processo de fabricação de cerveja. Nela há extração e transformação dos componentes do lúpulo, destruição dos microrganismos, inativação das enzimas, evaporação de água, evaporação de substâncias indesejáveis, desenvolvimento de cor, etc. (KUNZE, 2004; BAMFORTH, 2012).

É realizada após o processo de filtração do mosto, permanecendo de 30 a 120 minutos (normalmente 60 minutos) a uma temperatura em torno de 100°C, utilizando um recipiente metálico denominado “tina de fervura”, feito de cobre ou de aço inoxidável, onde recebe o lúpulo e adjuntos líquidos (LEIPER; MIEDL, 2006).

Durante a fervura, a evaporação de água (e conseqüentemente a concentração do mosto) é feita na taxa ao redor de 4% por hora. Uma fervura vigorosa se faz necessária para movimentar o mosto na tina e promover uma melhor coagulação da proteína (*trub*), que decanta e é removida do fundo do tanque (BAMFORTH, 2012).

### **Clarificação do mosto**

Após a fervura, o mosto deve ser clarificado para que se remova o *trub*, material constituído por proteínas, polifenóis e carboidratos que decantam e se acumulam no fundo da tina. A separação do *trub* pode ser realizada por sedimentação (*whirlpool*), filtração ou centrifugação, sendo que a sedimentação é a técnica mais utilizada pelas cervejarias (LEIPER; MIEDL, 2006; ANDREWS, 2006). Há diversos equipamentos que podem ser utilizados para a realização dessa etapa. O *whirlpool*, um recipiente cilíndrico fechado, de fundo chato, é dotado de uma bomba de abastecimento que, quando ligada, mantém um fluxo circulatório dentro do recipiente de modo que se assemelha a um redemoinho, fazendo com que o *trub* se acumule no centro (KUNZE, 2004). O *hop back*, um recipiente fechado, normalmente feito em aço inoxidável (antigamente em cobre), é um equipamento instalado em sequência à tina de fervura para que o mosto fervido possa passar pela camada de *pellets* ou folhas de lúpulo existentes em seu interior, conferindo ao mosto componentes de aroma e sabor. Em consequência dessa operação, a camada de lúpulo age como um elemento filtrante ao mosto (BUTTRICK, 2012a). O tanque de sedimentação, um recipiente com altura de 1 a 2 m, fechado e de fundo chato, possui em seu interior uma serpentina de circulação de água, onde lentamente o mosto é resfriado e o *trub* decanta para fundo, sendo posteriormente retirado por uma válvula (KUNZE, 1999).

### **Resfriamento do mosto**

Após a etapa da clarificação, o mosto ainda se encontra a uma temperatura elevada para a inoculação, sendo necessário seu decréscimo a uma faixa de 8 a 12°C para cerveja do tipo *Lager* e 16 a 20°C para cervejas do tipo *Ale*. Esse procedimento era realizado antigamente em recipientes denominados “coolship”, na qual o mosto

permanecia por horas ou até por uma noite inteira, não somente para resfriar, mas também para decantar a proteína. Atualmente o resfriamento do mosto é realizado em trocador de calor de placas, que consiste em um conjunto de finas placas de aço inoxidável, onde, em seu interior, circula água em baixa temperatura que troca calor de forma indireta com o mosto quente, reduzindo sua temperatura rapidamente (LEIPER; MIEDL, 2006; ANDREWS, 2006; KUNZE, 2004).

### **Aeração do mosto**

A fermentação do mosto requer uma grande quantidade de leveduras. Dessa forma, no primeiro estágio dessa etapa é fundamental que o cervejeiro fique atento à quantidade de carboidratos e nutrientes disponíveis para a fermentação e o crescimento da levedura. O equilíbrio da quantidade de oxigênio no mosto é um parâmetro determinante nesse processo, pois se há grande disponibilidade de oxigênio as leveduras se multiplicam, o que é favorável no início da etapa, porém ao passo que a quantidade desse elemento decai, o microrganismo cessa seu crescimento celular e começa a fermentar (PHILLISKIRK, 2012a).

Atualmente as práticas de fabricação requerem que o oxigênio seja introduzido ao mosto logo após ser resfriado. Tanto ar comprimido como oxigênio puro são injetados no mosto, via dispositivos de metal sinterizado ou pedra pome, no momento em que o líquido percorre a longa cadeia de tubos e canos da cervejaria (PARKES, 2012). De acordo com Eßlinger (2009), a quantidade ideal de oxigênio por litro de mosto é de 8-10 mg.

### **Inoculação do mosto**

A inoculação é o processo de adição de levedura ao mosto, para que se dê início ao processo de fermentação. Contudo, para que esse processo não seja estressante ao microrganismo, o cervejeiro deve se precaver com a diferença de temperatura entre a cultura e o mosto. Caso a cultura esteja mantida sob baixas temperaturas e subitamente for inoculada em um mosto com temperatura elevada, as células podem ser danificadas gravemente, promovendo uma fermentação lenta ou nula (THOMAS, 2012). Deve-se sempre manter a assepsia em todo o processo de inoculação, pois após o resfriamento, o mosto fica suscetível à contaminação por microrganismos. (LEIPER; MIEDL, 2006; ANDREWS, 2006).

A quantidade de células a serem inoculadas no mosto varia conforme o tipo de fermentação (alta ou baixa) e a densidade do mosto (quanto maior o teor alcoólico final, mais células são necessárias) (THOMAS, 2012). A dosagem de fermento é feita em linha a partir de um tanque de levedura, construído em aço inoxidável, devendo durar todo o tempo de alimentação do fermentador com o mosto (LEIPER; MIEDL, 2006)

### **Fermentação**

A fermentação é o processo no qual os açúcares são convertidos em álcool e dióxido de carbono pela levedura, liberando calor. É uma etapa essencial para o perfil sensorial da bebida, pois a combinação do microrganismo com a temperatura, determina o tipo de fermentação (alta ou baixa) e a produção de características de sabores e aromas mais ou menos proeminentes (PHILLISKIRK, 2012a).

Na indústria cervejeira a fermentação ocorre em tanques construídos em aço inoxidável, com formato cilíndrico-cônico (corpo cilíndrico e fundo cônico), que devem ser mantidos sob refrigeração, devido ao calor liberado pelo processo. O setor de fermentação em uma cervejaria é normalmente dividido em 3 seções: A seção de inoculação, contendo tanques com o fermento a ser inoculado, a seção de fermentação, contendo tanques com sistema de resfriamento e captação de dióxido de carbono (normalmente utilizado para carbonatação da bebida finalizada) e a seção de propagação celular, contendo tanques com injeção de oxigênio e nutrientes para multiplicação das leveduras (KUNZE, 2004).

### **Maturação da cerveja**

O processo de maturação consiste na redução de sabor e aromas indesejáveis a níveis aceitáveis na cerveja recém-fermentada (cerveja verde) (MUNROE, 2006a). Aldeídos, diacetil e compostos sulfurados são componentes voláteis indesejáveis, conhecidos como *off-flavour*. Conferem aroma e sabor imaturo, desbalanceado e impreciso à cerveja, sendo que em altas concentrações podem prejudicar a qualidade da bebida (KUNZE, 2004)

Ao passo em que a maturação avança, há um declínio na concentração dos compostos indesejáveis e um aumento de compostos de aroma, como ésteres, que contribuem positivamente no perfil sensorial da cerveja (KUNZE, 2004).

Tradicionalmente a maturação das cervejas *lager* ocorrem no processo de dois recipientes, no qual a bebida verde é transferida da tina de fermentação primária para a tina de maturação, onde os açúcares residuais, como maltotriose e maltose são lentamente fermentados à temperatura de 0 a 4 °C. Durante essa fermentação secundária, os componentes de *off-flavours* são reduzidos e há um aumento na quantidade de dióxido de carbono (STEWART, 2012). Para as cervejas do tipo *lager*, é de extrema importância a redução de *off-flavour* principalmente o diacetil, pois o mesmo confere aroma amanteigado e sabor rançoso ao produto (BRIGGS et al., 2004; VIRKAJÄRVI, 2006). As cervejas *ale* normalmente são maturadas a temperaturas mais elevadas (10 – 20 °C) o que as tornam disponíveis para o envase com cerca de 14 dias (STEWART, 2012).

As cervejarias usualmente maturam suas cervejas em tanques cilíndricos, construídos em aço inoxidável, conhecidos como *unitanques*, onde a cerveja é fermentada e maturada, sem a necessidade de transferência (VENTURINI-FILHO, 2000).

### **Filtração da cerveja**

A filtração é o processo de remoção dos sólidos insolúveis de um líquido por sua passagem através de um meio poroso. Ela ajuda a estabilizar a cerveja e lhe confere uma aparência clarificada (transparente), além de remover leveduras mortas que poderiam prejudicar a palatabilidade da bebida. A eficiência da filtração depende da quantidade de sólidos presentes e do diâmetro dos poros do meio filtrante (NICKEL, 2012).

Os cervejeiros utilizam dois tipos básicos de filtração: a filtração de profundidade e a filtração superficial. O primeiro tipo é representado pelos filtros folhas (horizontais ou verticais) que usam terra diatomácea ou perlita como auxiliar de filtração. O segundo tipo é representado pelos “*sheet filters*” que realiza retenção das partículas por meio placas de celulose impregnadas de terra diatomácea (NICKEL, 2012). A filtração superficial pode ser realizada também por filtro de membrana, onde a cerveja é clarificada e esterilizada, dispensando assim o processo de pasteurização (MUNROE, 2006b)



### **Carbonatação da cerveja**

O gás carbônico da cerveja possui grande influência em seu sabor, aroma, aparência e sensação na boca. Ele é produzido pelas leveduras durante a fermentação dos açúcares do mosto, sendo parcialmente solúvel na bebida (PARKES, 2012).

Normalmente a cerveja permanece com seu conteúdo de dióxido de carbono, provindo da fermentação, durante todo o processo até o envase. Entretanto, em alguns casos, a bebida passa por altas temperaturas ou em um meio com baixa pressão e acaba perdendo este gás. Dessa forma, é importante que o CO<sub>2</sub> seja repostado. Esse processo é conhecido como carbonatação (KUNZE, 2004).

A indústria cervejeira utiliza equipamentos selados, para que não haja vazamento de gás sob pressão, que são capazes de atomizar o dióxido de carbono, para que suas bolhas se tornem pequenas e facilite a dissolução no meio (KUNZE, 2004). Outro método, utilizado por cervejeiros caseiros, é o *primming*, envolvendo a refermentação na garrafa. Essa prática consiste na adição de açúcares fermentescíveis à cerveja antes do seu engarrafamento. Durante a refermentação dos açúcares por leveduras remanescentes, haverá produção de CO<sub>2</sub>, resultando em carbonatação da bebida (PARKES, 2012).

### **Engarrafamento da cerveja**

Para a comercialização do produto acabado, é necessário que haja um adequado acondicionamento da bebida. Esse processo pode ser realizado com diversos tipos de embalagens como barris, tonéis, latas de alumínio, garrafas PET e garrafas de vidro. Garrafas de vidro (55 %) e latas de alumínio (45 %) são as embalagens mais usadas pelas cervejarias brasileiras (CERVBRASIL, 2014).

A planta de acondicionamento da bebida varia conforme o tipo de embalagem a ser utilizado, mas é essencial que, independentemente da escolha, siga três importantes recomendações técnicas (BRIGGS et al., 2004; BROWNE, 2006):

- ✓ Evitar a entrada excessiva de oxigênio na cerveja (não exceder 0,02 a 0,03 mg/l), pois o mesmo causa sérias deteriorações ao sabor da bebida.
- ✓ A temperatura da bebida deve ser mantida de -1 a 0°C durante o envase para que o teor de dióxido de carbono permaneça entre 2,1 a 2,7 volumes.
- ✓ Sempre manter a assepsia total da linha de envase, para que não haja contaminações

Na indústria cervejeira as máquinas para engarrafamento são sempre de funcionamento rotativo com cerca de 200 válvulas de enchimento. As garrafas entram no equipamento por uma esteira, direcionadas por um selecionador e posicionadas no enchedor. Após serem devidamente alocadas na válvula de enchimento, as garrafas são pressurizadas, enchidas, seladas e liberadas. O diâmetro do “carrossel rotativo” varia de 1,4 m a mais de 5,0 m, dependendo da máquina, sendo que com esse último diâmetro algumas plantas fabris são capazes de engarrafar de 50 a 100 mil garrafas por hora (KUNZE, 1999).

### **Pasteurização da cerveja**

A pasteurização é o processo de tratamento térmico que destrói os microrganismos causadores de deterioração na cerveja, prolongando assim sua vida de prateleira (PHILLISKIRK, 2012b).

A manutenção da cerveja a uma temperatura de 60°C por 1 minuto caracteriza a “unidade de pasteurização” (UP). A indústria cervejeira aplica cerca de 10 a 30 UP, ou seja, mantém as garrafas à temperatura de 60°C por 10 a 30 minutos (DUNN, 2006) dependendo do teor alcoólico da bebida, quanto menor for o volume de álcool, mais UP são aplicados (PHILLISKIRK, 2012b).

Há dois principais métodos de pasteurização. Para cerveja em garrafas ou latas, os recipientes são submetidos a tratamento térmico dentro de um túnel, onde água quente é pulverizada diretamente nas embalagens por um tempo determinado. Esse equipamento é conhecido como “túnel de pasteurização” (PHILLISKIRK, 2012b). No interior da embalagem, a cerveja recebe as ondas de calor pelas laterais, promovendo seu deslocamento da parte inferior para a parte superior e conseqüentemente o deslocamento da bebida fria, outrora localizada no topo, para o fundo da embalagem (convecção), até que todo seu conteúdo esteja na temperatura desejada (KUNZE, 2004). Outro método é a pasteurização rápida (*flash pasteurization*), utilizada para grandes volumes. Consiste na passagem da cerveja por um trocador de calor de placas que aquece a bebida a uma temperatura de 70-72 °C por 30 segundos, garantindo cerca de 15 UP (PHILLISKIRK, 2012b).

## CAPÍTULO 1

### **FRUIT BEER DE JABUTICABA: CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS E SENSORIAIS**

#### **RESUMO**

O objetivo do trabalho foi produzir artesanalmente cervejas *fruit beers* de jabuticaba (*Myrciaria cauliflora* Berg) e caracterizá-las físico-química e sensorialmente. O experimento foi dividido em quatro tratamentos que corresponderam à etapa em que os frutos foram adicionados ao processamento (fervura, fermentação e maturação) e o controle (puro malte), com três repetições cada, perfazendo um total de 12 parcelas experimentais. Os frutos de jabuticaba foram adicionados na proporção 1:1 (m/m) de malte. A mosturação foi realizada pelo método de infusão, sendo a fervura do mosto realizada por 60 minutos. A fermentação transcorreu à temperatura de  $10\text{ °C} \pm 1$ , sendo posteriormente envasadas e refermentadas em garrafas para carbonatação da bebida (*primming*). A maturação ocorreu nas garrafas por 30 dias à temperatura de  $0\text{ °C} \pm 1$ , com exceção ao tratamento de Maturação, na qual os frutos *in natura* foram adicionados à cerveja verde em baldes de polietileno atóxico e permaneceram em contato com a bebida na mesma temperatura e período dos outros tratamentos. As cervejas foram analisadas físico-quimicamente para os parâmetros de teor alcoólico, extrato real, extrato aparente, fermentabilidade aparente, fermentabilidade real, cor, amargor, turbidez, pH, acidez total e gás carbônico. As bebidas foram submetidas a análise sensorial por meio de teste afetivo utilizando-se escala hedônica. A análise estatística dos resultados foi realizada por meio de Análise de Variância e as médias das análises físico-químicas foram comparadas por teste de Tukey com 5% de probabilidade e as medianas da análise sensorial comparadas por teste de Kruskal-Wallis. A adição da jabuticaba aumenta a acidez total, a carbonatação e o amargor da cerveja, porém não altera seu extrato real, extrato aparente e pH. Sensorialmente, os tratamentos e o Controle apresentaram a mesma preferência para todos os atributos analisados (aparência, aroma, sabor e avaliação global).

**Palavras-chave:** *Myrciaria cauliflora* Berg., *lager*, bebida alcoólica, fermentação.

## JABUTICABA FRUIT BEER: PHYSICOCHEMICAL AND SENSORY FEATURES

### ABSTRACT

This research focused on craft beer production of jabuticaba (*Myrciaria cauliflora* Berg) “fruit beer” and the physicochemical and sensory analysis of the samples. The research was divided into four treatments regarding the stage of fruit addition during the brewing process (Boiling, Fermentation, Maturation) and the Control (all malt), with three repetitions each. The mashing was performed by the infusion method, and the wort was boiled for 60 minutes. The fermentation took place at  $10\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1$ , and the green beer was later bottled with priming sugar and bottle conditioned for carbonation. The maturation occurred in the bottles for 30 days at  $0\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1$ , except for the Maturation treatment. The beers were analyzed physicochemically for the parameters of alcoholic content, real extract, apparent extract, apparent fermentability, true fermentability, color, bitterness, turbidity, pH, total acidity and carbon dioxide. The beers were submitted to sensory analysis by affective test using 9-point hedonic scale. The statistical analysis of the results was performed using Variance Analysis and the means of the physicochemical analyzes were compared by Tukey test with 5% of probability and the medians of the sensory analysis compared by Kruskal-Wallis test. The addition of jabuticaba increases the total acidity,  $\text{CO}_2$  content and bitterness of the beer, but does not alter its real extract, apparent extract and pH. Sensorially, treatments and Control had the same preference for all parameters analyzed (appearance, aroma, flavor and overall evaluation).

**Key words:** *Myrciaria cauliflora* Berg.; Lager; Alcoholic beverage; Fermentation.

### 1.1 INTRODUÇÃO

No Brasil, o movimento da cerveja artesanal tem crescido muito nos últimos anos. Iniciado na década de 1970 nos Estados Unidos, esse novo setor atendeu às necessidades de uma crescente parcela dos consumidores que começaram a preferir cervejas de estilos antigos, mais encorpadas e saborosas (FASTIGI et al. 2015).

A *fruit beer*, definida como “cerveja feita com qualquer fruta ou combinação de frutas, de acordo com as definições desta categoria”, deve apresentar “um casamento harmonioso de frutas e cerveja, mas ainda reconhecível como uma

cerveja. A característica frutada deve ser evidente, mas em equilíbrio com a cerveja, não tão avançado a ponto sugerir um produto artificial” (BJCP, 2015).

A jabuticaba (*Myrciaria cauliflora* Berg) é um exemplo de fruta que pode ser utilizada na fabricação de uma *fruit beer*. Seus frutos são do tipo baga, subgloboso, negro, liso, com polpa doce e levemente ácida de coloração branca à translúcida, podendo ser utilizados tanto para consumo *in natura* como para a fabricação de sucos, xaropes, licores, fermentados e geleias (DONADIO; MORO; SERVIDONE, 2004).

A sazonalidade da jabuticabeira não permite que seus frutos sejam colhidos o ano todo. Além disso, os frutos são altamente perecíveis, suportando curtos períodos de armazenamento. Uma forma de armazenar a fruta *in natura* por longo período é congelando-a ou secando-a.

O objetivo desse trabalho foi produzir *fruit beers*, de baixa fermentação, com adição de jabuticaba *in natura* em diferentes etapas do processo de fabricação e analisá-las físico-química e sensorialmente.

## 1.2 MATERIAIS E MÉTODOS

### 1.2.1 Materiais

- Água da rede pública (Sabesp) filtrada em carvão ativado (remoção de cloro) e celulose (remoção de partículas).
- Malte marca Cargill, importado da Argentina, para cerveja Pilsen. Cor: 4.7 EBC; Poder diastático: 266 EBC; Betaglucanos: 158 mg.L<sup>-1</sup>; Friabilidade: 91%.
- Lúpulo de amargor alemão “Hallertauer Magnum” marca Bart-Haas Group, tipo peletizado T-90. Alfa-ácidos: 12,60%; Óleos totais 1,6-2,6mL.100g<sup>-1</sup>.
- Levedura alcoólica *Saccharomyces pastorianus*, marca Fermentis – Saflager (W-34/70) para fabricação de cervejas do tipo *Lager* (baixa fermentação).
- Frutos de jabuticaba, variedade Sabará.
- Açúcar cristal, marca Santa Isabel.

## 1.2.2 Métodos

### 1.2.2.1 Planejamento experimental

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, sendo o trabalho dividido em 4 tratamentos, com 3 repetições cada, perfazendo 12 parcelas experimentais.

Tratamento 1 Fervura: *Fruit beer* produzida com adição de jabuticaba *in natura* congelada ao mosto, na etapa de fervura.

Tratamento 2 Fermentação: *Fruit beer* produzida com adição de jabuticaba *in natura* congelada ao mosto, na etapa de fermentação.

Tratamento 3 Maturação: *Fruit beer* produzida com adição de jabuticaba *in natura* congelada ao mosto, na etapa de maturação.

Tratamento 4 Controle: Cerveja puro malte produzida sem adição de jabuticaba.

### 1.2.2.2 Processo de fabricação artesanal

As etapas a seguir descrevem a fabricação da cerveja controle. A descrição do processo de cada tratamento encontra-se em sua etapa específica.

#### Moagem

A fabricação da cerveja foi iniciada com a moagem de 2 kg de malte em moinho elétrico de discos ranhurados marca Moldar Inox, modelo Hobby JB-25kg.

#### Mosturação

Os grãos moídos foram despejados em panela de alumínio (15 litros) com 8 kg de água em temperatura de 40 °C, iniciando a etapa de mosturação pelo método de infusão. A mostura permaneceu 20 minutos a 40 °C, sendo posteriormente aquecida (1 °C.min<sup>-1</sup>), com agitação constante até 70 °C, permanecendo por 40 minutos. Após essa etapa, a mostura foi filtrada em uma peneira cônica de aço inox para separar o bagaço do mosto primário. O bagaço foi lavado com 8 kg de água a 75 °C, no intuito de extrair seus açúcares residuais. Em seguida, o mosto primário foi misturado à água de lavagem em uma panela de alumínio (20 litros), que foi levada à fervura por 60 minutos. Nessa etapa, 2 g de lúpulo foram adicionados ao mosto no início da fervura. Posteriormente, o mosto foi resfriado (25 °C) por meio de uma serpentina de alumínio de 7,5 metros e o *trub* retirado por decantação.

Para a realização do tratamento 1, 2 kg de jabuticaba foram adicionados ao mosto após 50 minutos do início da fervura. Ao adicionar os frutos congelados, a

fervura subitamente cessou devido à baixa temperatura da jabuticaba, portanto, os 10 minutos finais foram contados a partir do restabelecimento da ebulição.

#### Fermentação

O mosto foi inoculado com a levedura ( $1 \text{ g.L}^{-1}$ ) e a fermentação transcorreu em baldes de polietileno atóxico (18 L) à temperatura de  $10 \text{ }^\circ\text{C} \pm 1$ , por 14 dias.

Para a realização do tratamento 2, 2 kg de jabuticaba foram adicionados ao mosto logo após a inoculação.

#### Envase

Após a fermentação, a cerveja verde (recém-fermentada) foi trasfegada para baldes de polietileno, para aferição da sua massa. Adicionou-se 1 g de sacarose para cada 100 g de cerveja (*priming*) com o intuito de gaseificar a bebida, por meio de refermentação em garrafa. A bebida foi acondicionada em garrafas de vidro de 600 ml, na cor âmbar, as quais foram mantidas por 5 dias à temperatura de  $20 \text{ }^\circ\text{C} \pm 1$ .

#### Maturação

Após o período de refermentação, as garrafas foram mantidas à temperatura de  $1 \text{ }^\circ\text{C} \pm 1$  por 30 dias para maturação.

Para a realização do tratamento 3, a cerveja verde foi trasfegada para um novo balde, onde 2 kg de jabuticaba foram adicionados. Para que não houvesse contaminação com microrganismos aeróbios, juntamente com os frutos, adicionou-se 500 ml de nitrogênio líquido. O sistema foi mantido à temperatura constante de  $1 \text{ }^\circ\text{C} \pm 1$  por 30 dias para maturação. Após esse período a bebida foi envasada e refermentada como descrito anteriormente.

### 1.2.2.3 Análises físico-químicas

Os frutos de jabuticaba foram esmagados manualmente com um pilão, sem quebrar as sementes, e o suco resultante foi analisado para os parâmetros de sólidos solúveis, pH e acidez, calculando-se também o *Ratio* (BRASIL, 2005).

As cervejas foram analisadas para os seguintes parâmetros: teor alcoólico, extrato real, extrato aparente, fermentabilidade aparente, fermentabilidade real, cor, amargor, turbidez, pH (EBC, 2005), extrato original, acidez total e gás carbônico (ASBC, 1958).

#### 1.2.2.4 Análise sensorial

As cervejas foram analisadas sensorialmente por teste afetivo (preferência), com utilização de escala hedônica estruturada de nove pontos, ancorada nas notas de 1 (Desgostei muitíssimo) a 9 (Gostei muitíssimo), avaliando os parâmetros de aparência, aroma, sabor e avaliação global (LIM, 2011).

A análise sensorial foi realizada com alunos de cursos de graduação e servidores de uma unidade universitária do Estado de São Paulo totalizando 50 pessoas. A quantidade de cerveja ofertada aos provadores foi de 30 ml, na temperatura aproximada de 5°C, servida em taças de vidro, as quais foram codificadas com números de 3 dígitos. As amostras foram servidas de forma aleatória.

Esta pesquisa foi registrada na Plataforma Brasil (CAAE: 66889817.7.0000.5411) e aprovada sob o parecer nº 2.076.208.

#### 1.2.2.5 Análise estatística

A análise estatística dos resultados físico-químicos e sensoriais foi realizada por meio de análise de variância (ANOVA). As médias dos resultados físico-químicos foram comparadas pelo teste de Tukey (5% de probabilidade), no programa MiniTab 16®. As medianas dos resultados da análise sensorial foram comparadas pelo teste de Kruskal-Wallis, utilizando o mesmo programa.

### 1.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 1.3.1 Análises Físico-Químicas

A jabuticaba utilizada para a fabricação das cervejas apresentou os seguintes parâmetros químicos: teor de sólidos solúveis  $11,02 \pm 0,2$  °Brix; pH  $3,1 \pm 0,0$ ; acidez titulável  $1,2 \pm 0,1$  (g.100g<sup>-1</sup> de ácido cítrico); *Ratio*  $9,1 \pm 0,7$ . Lima et al. (2008) ao realizar a caracterização química dos frutos de jabuticaba da variedade Sabará e suas frações obtiveram resultados (na polpa) de teor de sólidos solúveis de 14,13 °Brix, 0,97 % de acidez titulável em ácido cítrico e pH de 3,5. É possível notar que as jabuticabas utilizadas no presente trabalho apresentavam distinto estágio de maturação em relação àquelas analisadas por Lima e colaboradores.

Analisando a Tabela 5, observa-se que a adição de frutos de jabuticaba aumentou o teor de gás carbônico na bebida. Os resultados indicam que nos tratamentos que receberam as frutas, possivelmente houve maior presença de



açúcares residuais no final do processo fermentativo, resultando em maior produção do gás carbônico durante o processo de carbonatação (*priming*).

De forma semelhante, Bertrand (1983) citado por Paterson, Swanston e Piggott (2003) afirmou que a presença de elevados níveis de sólidos aumenta a taxa de liberação de gás carbônico durante a fermentação do mosto de uva.

As cervejas produzidas no presente trabalho, exceção feita ao tratamento Maturação, apresentaram carbonatação correspondente às cervejas encontradas no mercado, pois, de acordo com Dragone et al. (2016), a maioria das cervejas prontas para o consumo contém entre dois e três volumes de CO<sub>2</sub> (v/v).

Observou-se sobrecarbonatação e o efeito *gushing* (SPEDDING, 2012) no tratamento Maturação. Sendo assim, não se recomenda adicionar jabuticaba *in natura* na fase da maturação, pelo risco de explosão de garrafa por excesso de pressão.

O tratamento de Fervura apresentou maior turbidez possivelmente devido à maior extração de compostos de elevado peso molecular, como proteínas e polifenóis, dos frutos de jabuticaba (LIMA et al, 2008), durante a ebulição do mosto. Nos outros tratamentos, a jabuticaba foi adicionada em fases “frias”, resultando em menor extração daquelas macromoléculas, o que pode explicar a similaridade entre seus resultados e, inclusive, com o controle.

As cervejas produzidas com jabuticabas apresentaram maior amargor em relação à cerveja puro malte, mas esses resultados devem ser vistos com cautela. A literatura sobre jabuticaba não faz menção à presença de alfa-ácidos (responsáveis pelo amargor da cerveja) em sua composição química. A cerveja com jabuticaba provavelmente possui substância proveniente da fruta que foi extraída pelo solvente iso-octano e que absorve luz ultravioleta no comprimento de onda de 275 nm, aumentando a leitura de absorbância, resultando numa falsa leitura de amargor mais elevada.

As cervejas que receberam jabuticaba apresentaram acidez mais elevada, indicando que a fruta forneceu ácidos orgânicos à bebida durante o seu processamento. Lima et al. (2011) analisando açúcares, ácidos orgânicos, minerais e lipídeos em jabuticaba, classificaram quantitativamente os ácidos presentes no fruto inteiro como cítrico>succínico>málico>oxálico>acético, demonstrando que o fruto possui uma gama de diferentes ácidos em sua composição química, com predominância do cítrico.

Apesar da diferença de acidez entre as cervejas, não houve variação de pH entre elas. Embora fosse esperado variação no pH, esses resultados podem ser compreendidos pela escala logarítmica do pH e da possibilidade de existência de poder tampão nas cervejas.

É possível observar que as cervejas que receberam jabuticabas apresentaram maior intensidade de cor. A casca da jabuticaba é rica em antocianina, taninos e outros polifenóis que interferem na cor da cerveja. Segundo Ribeiro e Seravalli (2004), a cianidina é a forma de antocianina que predomina na jabuticaba. Observou-se que este pigmento se mostrou instável durante o processamento da cerveja, pois sua coloração característica foi perdida, não permanecendo na bebida final.

Apesar do teor de extrato original das cervejas ter variado de 11,6 a 12,5, não houve diferença estatística entre eles. Por outro lado, houve diferença estatística entre o menor teor alcoólico (tratamento Maturação) e o maior (tratamento Fervura). Este resultado não era esperado, pois existe uma relação de proporcionalidade entre extrato original e teor alcoólico. Uma possibilidade de compreensão deste resultado seria de que o metabolismo respirofermentativo da levedura (KÄPPELI, 1986) não foi exatamente igual entre os tratamentos.

Não houve diferença entre o teor de extrato aparente entre todos os tratamentos. O mesmo aconteceu para o extrato real. Os valores de extrato aparente mostrados na Tabela 5 estão dentro da faixa apontada por Compton (1978) para cervejas *lager* americanas (2,0 a 3,1). O mesmo acontece para os resultados de extrato real, os resultados da presente pesquisa se encaixam nos valores apresentados por este autor (3,7 a 4,8).

Não houve diferença estatística entre os valores de fermentabilidade aparente e fermentabilidade real dos tratamentos. Esse era um fato esperado pois, observando a Tabela 5, verifica-se que não há diferença entre os resultados das análises de extrato original, extrato aparente e extrato real, o que mostra que a adição de jabuticaba *in natura* na fabricação não influenciou o processo fermentativo. Os dados apresentados na Tabela estão de acordo com o apresentado por Swistowicz (1977) para cervejas de baixa fermentação ( $61\% \pm 1,3$ ).

Tabela 5. Análises físico químicas das cervejas

<b>Parâmetros</b>	<b>Fervura</b>	<b>Fermentação</b>	<b>Maturação</b>	<b>Controle</b>
<b>pH</b>	4,2±0,0a	4,1±0,0a	4,1±0,0a	4,2±0,1a
<b>Acidez total (%)*</b>	0,34±0,0b	0,41±0,0a	0,34±0,0b	0,14±0,0c
<b>Amargor (IBU)</b>	6,2±0,4a	5,8±0,1a	6,2±0,4a	4,3±0,6b
<b>Cor (EBC)</b>	10,7±0,5a	9,4±0,4ab	9,1±0,8b	5,3±2,2c
<b>Turbidez (EBC)</b>	130,1±26,8a	23,8±0,8b	21,1±4,9b	7,8±5,1b
<b>CO<sub>2</sub> (v/v)</b>	2,4±0,1c	2,8±0,2b	3,9±0,0a	2,0±0,1d
<b>Teor Alcoólico % (v/v)</b>	5,2±0,2a	5,0±0,3ab	4,6±0,1b	4,9±0,1ab
<b>Extrato Original (Plato)</b>	12,5±0,6a	12,2±0,4a	11,6±0,4a	11,6±0,2a
<b>Extrato Aparente (Plato)</b>	2,5±0,2a	2,6±0,1a	2,6±0,2a	2,5±0,2a
<b>Extrato Real (Plato)</b>	4,6±0,4a	4,5±0,1a	4,4±0,2a	4,0±0,3a
<b>Fermentabilidade Aparente (%)</b>	80,8±1,6a	78,7±1,8a	79,1±0,7a	79,1±1,4a
<b>Fermentabilidade Real (%)</b>	65,5±1,3a	63,7±1,5a	64,1±0,6a	64,1±1,1a

Médias seguidas de letras iguais na linha, não diferem pelo teste de Tukey (5% significância); \*% de ácido láctico.

### 1.3.2 Análise Sensorial

As cervejas que receberam jabuticaba *in natura* apresentaram a mesma preferência da cerveja puro malte, para todos os atributos analisados (aparência, aroma, sabor e avaliação global), conforme mostrado na Tabela 6. As medianas ficaram entre 6 (gostei ligeiramente) e 7 (gostei moderadamente), o que significa que tanto os tratamentos como o controle foram bem avaliados. As amostras que continham fruta apresentaram sabor, aroma e coloração (avermelhada) característicos da jabuticaba, atributos que possivelmente o provador busca em uma cerveja com a fruta em questão. Já o Controle apresentou sabor, aroma e coloração dourada característicos de uma cerveja *lager*, o que também agrada os consumidores deste estilo de cerveja.

Tabela 6. Análise sensorial das cervejas com jabuticaba e controle

	<b>Aparência</b>	<b>Aroma</b>	<b>Sabor</b>	<b>Avaliação Global</b>
<b>Fervura</b>	6±1,9a	7±1,6a	6±1,9a	6±1,8a
<b>Fermentação</b>	6±1,8a	7±1,6a	6±2,1a	6±1,9a
<b>Maturação</b>	7±1,4a	7±1,5a	7±2,1a	7±1,6a
<b>Controle</b>	6±1,8a	7±1,5a	6±1,7a	6±1,4a

Medianas seguidas de letras iguais na coluna, não diferem pelo teste de Kruskal-Wallis (5% significância).

O sabor e o aroma da fruta podem mascarar ou melhorar as características de uma cerveja que apresenta *off-flavour*. Por outro lado, quando adicionadas devidamente por um cervejeiro artesanal habilidoso, as frutas auxiliam na criação de cores, sabores e aromas impossíveis de se obter com um mosto exclusivamente composto por grãos (HOLLILAND, 2012).

## 1.4 CONCLUSÕES

Dentro das condições experimentais em que esta pesquisa foi realizada, conclui-se que é possível produzir uma *fruit beer* utilizando a jabuticaba *in natura* congelada como adjunto açucarado e/ou aromatizante pois, considerando seu desempenho sensorial, o produto apresenta potencial de comercialização, haja vista a aceitação pelos provadores. Em geral os melhores resultados obtidos indicam que a adição de jabuticaba nas etapas de fervura e fermentação são mais recomendáveis.

## 1.5 REFERÊNCIAS

AMERICAN SOCIETY OF BREWING CHEMISTS (ASBC). **Methods of analysis of the American Society of Brewing Chemists**. Madison: ASBC, 1958. 209p.

BEER JUDGE CERTIFICATION PROGRAM (BJCP). **2015 Style Guidelines: Beer Style Guidelines**. 2015. Disponível em: <[www.bjcp.org](http://www.bjcp.org)>. Acesso em: 17 fev. 2015.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. Brasília: Ministério da Saúde, 2005. 1018 p.

COMPTON, J. Beer quality and taste methodology. In: BRODERICK, H. M. **The practical brewer: a manual for the brewing industry**. Madison: Master Brewers Association of the Americas, 1978. cap. 15, p. 288-308.

DONADIO, L. C.; MORO, F. V.; SERVIDONE, A. A. Jaboticaba. In: \_\_\_\_\_. **Frutas Brasileiras**. 2. ed. Jaboticabal: Novos Talentos, 2004. p. 161-164.

DRAGONE, G.; SILVA, T. A. O.; SILVA, J. B. A. Cerveja. In: VENTURINI FILHO, W. G. **Bebidas alcoólicas: Ciência e Tecnologia**. 2. ed. São Paulo: Blucher, 2016. cap. 3. p. 51-84.

EUROPEAN BREWERY CONVENTION (EBC). **Analytica – EBC**. 5 ed. Zurique: Brauerei – und Getränke – Rundschau, 2005.

FASTIGI, M. et al. The irresistible rise of the craft brewing sector in Italy: can we explain it?. **4th AIEAA Conference on Innovation, Productivity and Growth: Towards Sustainable Agri-food Production**, Ancona, p. 1-22, 2015.

HOLLILAND, C. Fruit beer. In: OLIVER, G. **The Oxford Companion to Beer**. New York: Oxford University Press, 2012. p. 377-378.

KÄPPELI, O.; Regulation of carbon metabolism in *Saccharomyces cerevisiae* and related yeast. **Advances in Microbial Physiology**, Maryland Heights, v. 28, p. 181-208, 1986.

LIM, J. Hedonic scaling: A review of methods and theory. **Food Quality And Preference**, [s.l.], p.733-747, jun. 2011.

LIMA, A. J. B. et al. Caracterização química do fruto jaboticaba (*Myrciaria cauliflora* Berg) e de suas frações. **Archivos Latino americanos de Nutricion**, Lavras, v. 58, n. 4, p.416-421, nov. 2008

LIMA, A. J. B. et al. Sugars, organic acids, minerals and lipids in jaboticaba. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 33, n. 2, p. 540-550, 2011.

MINITAB 16® Statistical Software, Minitab Inc., State College, PA, USA, 2010.

PATERSON, A.; SWANSTON, J. S.; PIGGOTT, J. R. Production of fermentable extracts from cereals and fruits. In: LEA, A. G. H.; PIGGOTT, J. R. **Fermented beverage production**. 2. ed. New York: Kluwer Academic / Plenum Publishers, 2003. cap. 1, p. 1-24.

RIBEIRO, E. P.; SERAVALLI, E. A. G. **Química de alimentos**. São Paulo: Edgard Blücher, 2004. p. 184.

SPEDDING, G. Gushing. In: OLIVER, G. **The Oxford Companion to Beer**. New York: Oxford University Press, 2012. p. 413-414.

SWISTOWICZ, W. Interpretacion de analisis de laboratorio. In: BRODERICK, H. M. **El cerebro en la practica**. 2. ed. Madison: MBAA, 1977. cap. 17. p. 405-415.

## CAPÍTULO 2

### CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA E SENSORIAL DE *FRUIT BEER* DE JABUTICABA DESIDRATADA

#### RESUMO

O presente trabalho teve por objetivo produzir cervejas *fruit beer* de baixa fermentação, utilizando frutos desidratados de jabuticaba (*Myrciaria cauliflora* Berg), e caracterizá-las físico-química e sensorialmente. O planejamento experimental contou com quatro tratamentos e três repetições, perfazendo 12 parcelas experimentais. Além do controle (cerveja puro malte), houve três tratamentos que corresponderam ao momento de adição da jabuticaba desidratada (fervura, fermentação e maturação). A jabuticaba desidratada foi adicionada na proporção de 0,2 kg / kg de malte. A mosturação foi realizada pelo método de infusão. A fervura do mosto durou 60 minutos. A fermentação transcorreu à temperatura de  $10\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1$ . A cerveja foi refermentada em garrafas, a temperatura de  $20\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1$  para carbonatação (*priming*). A maturação ocorreu em garrafa por 30 dias na temperatura de  $1\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1$ , com exceção ao tratamento de Maturação, na qual os frutos desidratados foram adicionados à cerveja verde e permaneceram em contato com a bebida pelo mesmo período. As cervejas foram analisadas físico-quimicamente para o teor alcoólico, extrato real, extrato aparente, fermentabilidade aparente, fermentabilidade real, cor, amargor, turbidez, pH, acidez total e gás carbônico. As bebidas foram submetidas à análise sensorial por meio de teste afetivo, utilizando escala hedônica para avaliação dos atributos aparência, aroma, sabor e avaliação global. A análise estatística dos resultados foi realizada por meio de Análise de Variância e as médias das análises físico-químicas foram comparadas por teste de Tukey com 5% de probabilidade e as medianas da análise sensorial foram comparadas por teste de Kruskal-Wallis. A adição de jabuticaba desidratada na cerveja proporcionou o aumento nos teores de gás carbônico, acidez total, teor alcoólico, extrato original e extrato aparente. Os provadores preferiram a aparência da cerveja do tratamento de Fervura. Para os atributos aroma, sabor e avaliação global, as cervejas de todos os tratamentos foram igualmente preferidas.

**Palavras chave:** Cerveja, Fruta, *Myrciaria cauliflora* berg, Análise química, Análise sensorial.

## PHYSICOCHEMICAL AND SENSORY EVALUATION OF DRIED JABUTICABA FRUIT BEER

### ABSTRACT

This research aimed to produce bottom fermented fruit beer, using dried fruits of jabuticaba (*Myrciaria cauliflora* Berg), and to analyze the physicochemical and sensory features. The experimental design consisted of four treatments and three replications, making up 12 experimental plots. Besides the control (all malt beer), there were three treatments regarding the stage of jabuticaba addition (boiling, fermentation and maturation) during brewing. The dried jabuticaba was added in the ratio 0.2 kg / kg malt. The brewing was performed by the infusion method. The boiling of the wort lasted 60 minutes. The fermentation was carried out at 10 °C ±1. The beer was bottle fermented at 20 °C ±1 for carbonation (priming). The maturation occurred in the bottles for 30 days at 1 °C ±1, except for the Maturation treatment, in which the dried fruits were added to the green beer and remained in contact with the beverage for the same period. Beers were physicochemically analyzed for alcohol content, real extract, apparent extract, apparent fermentability, real fermentability, color, bitterness, turbidity, pH, total acidity and carbon dioxide. The beers were analyzed by sensory analysis through affective test, using 9-point hedonic scale to evaluate the parameters of appearance, aroma, flavor and overall assessment. The statistical analysis of the results was performed using Variance Analysis and the means of the physicochemical analyzes were compared by Tukey's test with 5% of probability and the medians of the sensorial analysis were compared by Kruskal-Wallis test. The addition of dried jabuticaba in the beer provided the increase of carbon dioxide, total acidity, alcohol content, original extract and apparent extract. The tasters preferred the beer appearance of the Boiling treatment. For the aroma, taste and overall assessment, beers from all treatments were equally preferred.

**Key words:** Beer, Fruit, *Myrciaria cauliflora* Berg, Chemical analysis, Sensory analysis.

### 2.1 INTRODUÇÃO

As décadas de 1970 e 1980 foram importantes no mercado cervejeiro da Inglaterra e Estados Unidos, pois houve uma revolução na arte de produzir cervejas nesses países. No Brasil esse feito ocorreu na década seguinte, durante a qual diversas



microcervejarias foram criadas, resgatando os estilos clássicos de cerveja e promovendo o surgimento de novas receitas. Esse movimento se intensificou nas duas primeiras décadas do século XXI, com a difusão generalizada de microcervejarias e cervejarias caseiras (MENDES, 2012).

A *fruit beer* é uma cerveja produzida mundialmente por microcervejarias. De acordo com Holliland (2012), as *fruit beers* são “cervejas saborizadas com frutas ao contrário das bebidas alcoólicas produzidas a partir de frutas”. O autor ainda cita que a adição de frutas promove um aumento na quantidade de açúcares fermentescíveis, teor alcoólico e valor nutritivo, sendo que, quando adicionadas devidamente pelo cervejeiro artesanal, auxiliam na obtenção de colorações, aromas e sabores que não existiam na cerveja original.

Os frutos de jabuticaba (*Myrciaria cauliflora* Berg) são redondos, brilhantes, de cor negra ou roxa-escuro e amadurecem de agosto a setembro e de janeiro a fevereiro (EMBRAPA, 2015). São comestíveis, muito saborosos, sendo utilizados na fabricação de doces, geleias, licores, aguardentes, sucos, vinhos, compotas e vinagres (SUGUINO, 2012). A temporada de frutificação dessa espécie é curta, sendo que o fruto se degrada de 2 a 3 dias após a colheita (BARROS et al., 1996).

Para que seja possível a utilização dos frutos por um longo período após a colheita, é necessário submetê-los a um processamento de conservação. A desidratação é um método de conservação de alimentos que consiste na quase completa remoção da água dos alimentos sob condições controladas, causando mínima ou nenhuma mudança nas propriedades do alimento (POTTER; HOTCHKISS, 1995).

O objetivo desse trabalho foi produzir cerveja do estilo *fruit beer*, de baixa fermentação, com adição de jabuticaba desidratada em diferentes etapas do processo de fabricação e analisá-las físico-química e sensorialmente.

## **2.2 MATERIAIS E MÉTODOS**

### **2.2.1 Materiais**

- Água da rede pública (Sabesp) filtrada em carvão ativado (remoção de cloro) e celulose (remoção de partículas).
- Malte marca Cargill, importado da Argentina, para cerveja tipo Pilsen. Cor: 4.7 EBC; Poder diastático: 266 EBC; Betaglucanos: 158 mg/L; Friabilidade: 91%.

- Lúpulo de amargor alemão “Hallertauer Magnum” marca Bart-Haas Group, tipo peletizado T-90. Alfa-ácidos: 12,60 %; Óleos totais 1,6-2,6 mL/100g.
- Levedura alcoólica marca Fermentis – Saflager (W-34/70) para fabricação de cervejas do tipo *Lager* (baixa fermentação).
- Frutos de jabuticaba da variedade Sabará.
- Açúcar cristal, marca Santa Isabel.

## **2.2.2 Métodos**

### **2.2.2.1 Planejamento experimental**

O trabalho foi realizado com 4 tratamentos e 3 repetições, perfazendo 12 parcelas experimentais.

Tratamento 1 - Controle: cerveja produzida sem adição de jabuticaba (cerveja puro malte)

Tratamento 2 - Fervura: cerveja produzida com adição de jabuticaba desidratada ao mosto na etapa de fervura.

Tratamento 3 - Fermentação: cerveja produzida com adição de jabuticaba desidratada ao mosto na etapa de fermentação.

Tratamento 4 - Maturação: cerveja produzida com adição de jabuticaba desidratada à cerveja na etapa de maturação.

O desenho experimental foi o inteiramente casualizado.

### **2.2.2.2 Secagem e armazenamento dos frutos**

Os frutos foram colhidos e transportados ao laboratório, onde foram lavados com água da rede pública, e posteriormente desidratados em estufa com circulação de ar, marca TECNAL, modelo TE-394/2, à temperatura de  $65\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 1$  até massa constante. Após o término da secagem, os frutos foram embalados à vácuo em sacos de polietileno e mantidos sob refrigeração  $5\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 1$ .

### **2.2.2.3 Processo de fabricação da cerveja puro malte (Controle)**

#### **Moagem**

O malte (2 kg) foi moído utilizando-se um moinho de discos ranhurados, marca Moldar Inox, modelo Hobby JB-25kg

## Mosturação

Os grãos moídos foram misturados com 8 kg de água a 40 °C, em caldeirão de alumínio (15 litros). A mosturação foi realizada pelo método de infusão (Figura 2). Após essa etapa, a mostura foi filtrada em uma peneira cônica de aço inox a fim de separar o bagaço do mosto primário. O bagaço foi lavado com 8 kg de água à 75 °C, resultando no mosto secundário. Em seguida, o mosto primário foi misturado ao secundário, resultando no mosto misto que foi levado à fervura por 60 minutos. Nessa etapa, 2 g de lúpulo foram adicionados ao mosto no início da fervura. Ao término da fervura, o mosto misto foi rapidamente resfriado (25 °C) utilizando-se uma serpentina de alumínio de 7,5 metros. O mosto permaneceu em repouso por 2 horas no intuito de induzir a decantação do *trub*.

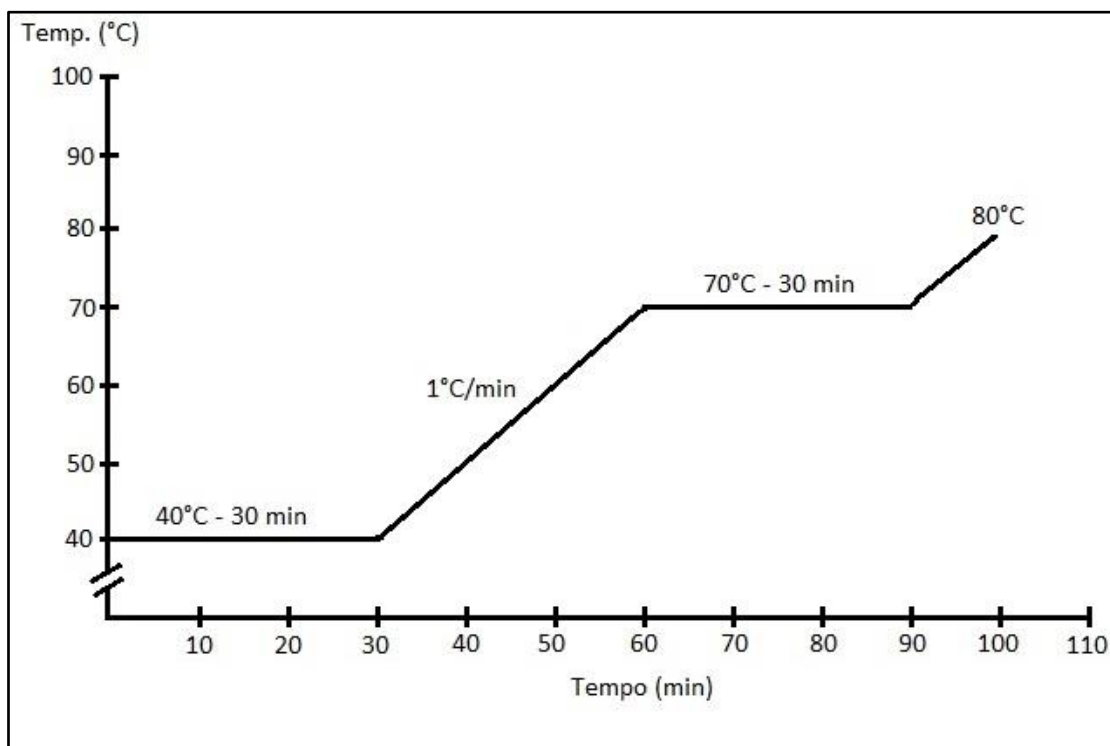


Figura 2. Variação tempo x temperatura no processo de mosturação por infusão (BRUNELLI et al., 2014).

## Fermentação

O mosto clarificado foi trasfegado para um balde de polietileno atóxico (18 L), sendo assim inoculado com levedura ( $1 \text{ g.L}^{-1}$ ). A fermentação alcoólica transcorreu na temperatura de  $10 \text{ °C} \pm 1$ , por 14 dias.

## **Envase**

Após a fermentação, a cerveja foi trasfegada para baldes de polietileno, para aferição da sua massa, adicionou-se 1 g de sacarose para cada 100 g de cerveja com o intuito de promover a refermentação em garrafa e naturalmente carbonatar a bebida (*primming*). A bebida foi manualmente envasada em garrafas de vidro de 600 ml, de cor âmbar, as quais foram mantidas por 5 dias à temperatura de 20 °C ±1.

## **Maturação**

Após o período de refermentação, as garrafas foram mantidas à temperatura de 1 °C ±1 por 30 dias para maturação.

### **Execução dos tratamentos**

Os frutos desidratados de jabuticaba foram adicionados ao mosto ou cerveja nas seguintes fases do processamento.

Tratamento 1 (Fervura): 400 g de jabuticaba desidratada foram adicionados ao mosto após 50 minutos do início da fervura.

Tratamento 2 (Fermentação): 400 g de jabuticaba desidratada foram adicionados ao mosto logo após a inoculação.

Tratamento 3 (Maturação): 400 g de jabuticaba desidratada foram adicionados à cerveja recém-fermentada, no início da maturação. Para que não houvesse contaminação com microrganismos aeróbios presentes na casca dos frutos, adicionou-se ao fermentador 500 mL de nitrogênio líquido. O sistema foi mantido à temperatura constante de 1 °C ±1 por 30 dias para maturação. Após esse período, a bebida foi envasada e refermentada como descrito anteriormente.

### **2.2.2.4 Análises físico-químicas**

As cervejas foram analisadas para o teor alcoólico, extrato real, extrato aparente, fermentabilidade aparente, fermentabilidade real, cor, amargor, turbidez, pH (EBC, 2005), extrato original, acidez total e gás carbônico (ASBC, 1958).

### **2.2.2.5 Análise sensorial**

As cervejas foram avaliadas sensorialmente por teste afetivo, com utilização de escala hedônica estruturada, ancorada nas notas de 1 (Desgostei muitíssimo) a 9 (Gostei muitíssimo) (LIM, 2011). As bebidas foram avaliadas para os atributos aparência, aroma, sabor e avaliação global.

A análise foi realizada com 50 provadores não treinados. Não houve restrição para sexo, etnia ou crença, apenas para idade (abaixo de 18 anos). Cada provador avaliou cerca de 30 ml de amostra, em uma temperatura aproximada de  $5\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 2$ , em taças de vidro. As amostras foram codificadas com números de 3 dígitos e servidas de forma aleatória. Este trabalho foi registrado na Plataforma Brasil do Ministério da Saúde (CAAE: 66889817.7.0000.5411) e aprovada sob o parecer nº 2.076.208 do Comitê de Ética em Pesquisa da Faculdade de Medicina de Botucatu, Unesp.

#### **2.2.2.6 Análise estatística**

As análises estatísticas dos resultados físico-químicos e sensoriais foram realizadas por meio de análise de variância (ANOVA). As médias dos resultados físico-químicos foram comparadas pelo teste de Tukey (5% de probabilidade), no programa MiniTab 16®. As medianas dos resultados da análise sensorial foram comparadas pelo teste de Kruskal-Wallis, no mesmo programa.

### **2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

#### **2.3.1 Análises Físico-Químicas**

As cervejas dos tratamentos Fermentação e Maturação apresentaram maior carbonatação em relação ao controle (Tabela 7), indicando que açúcares da jabuticaba desidratada permaneceram na cerveja até o momento do *primming*, resultando em maior produção de gás carbônico durante a refermentação na garrafa. As cervejas do tratamento Maturação apresentaram sobrecarbonatação (PARKES, 2012).

No tratamento de Maturação, as cervejas apresentaram *gushing*. Stewart (2006) definiu *gushing* como uma violenta e incontrolada ejeção de cerveja provinda da embalagem no momento de sua abertura, envolvendo uma significativa perda de seu conteúdo. Dessa forma, para que não ocorra risco de explosão da embalagem em função da sobrecarbonatação, não se recomenda a adição de jabuticaba desidratada na etapa de Maturação.

A turbidez das cervejas aumentou em função do tempo de contato da fruta com o mosto ou cerveja. O tempo de contato foi de 10 minutos na Fervura, 15 dias na Fermentação e 30 dias na Maturação. A turbidez de origem não biológica mais comum que ocorre na cerveja provém da interação entre proteínas e polifenóis (BRIGGS et

al., 2004), compostos que estão presentes nos frutos de jabuticaba (SILVA et al., 2010).

As cervejas do tratamento de Maturação apresentaram maior amargor em relação ao tratamento de Fermentação e o controle. O amargor de uma cerveja é conferido pela isomerização do alfa-ácido presente no lúpulo, durante a fervura do mosto. A literatura não descreve a presença de alfa-ácido na composição da jabuticaba, porém o fruto possivelmente possui composto(s) químico(s) que é (são) solúvel(eis) no reagente iso-octano (usado na análise de amargor) e que absorve luz violeta no comprimento de onda 275nm. Reforçando esta hipótese, as cervejas dos tratamentos Maturação e Fervura não foram percebidas como mais amargas pelos provadores do painel sensorial (não houve qualquer registro neste sentido na ficha dos provadores).

Os tratamentos em que os frutos de jabuticaba desidratada permaneceram em contato com o mosto ou cerveja por mais tempo (Fermentação e Maturação), apresentaram valores de pH mais baixo e acidez total mais elevada. As cervejas que receberam jabuticaba apresentaram maior acidez em relação ao controle. Zerbielli et al. (2016), estudando a diversidade físico-química dos frutos de jabuticabeiras, encontraram valores médios de acidez total de 0,44% na polpa dos frutos. Considerando que a jabuticaba do presente estudo foi desidratada, houve concentração dos seus ácidos no interior da fruta e que migraram para o mosto ou cerveja durante o processamento da bebida.

As cervejas dos tratamentos Fermentação e Maturação apresentaram maior intensidade de cor em relação ao tratamento Fervura e controle. Esses resultados indicam que pigmentos coloridos, como polifenóis que absorvem luz em 430 nm (comprimento de onda usado na análise de cor), tenham sido extraídos da jabuticaba em maior quantidade nos tratamentos em que a fruta permaneceu mais tempo em contato com o mosto ou cerveja. Os frutos de jabuticaba possuem antocianina em sua composição, sendo a cianidina sua forma predominante (RODRIGUES et al., 2015). As antocianinas são compostos naturais que conferem coloração aos frutos, vegetais e plantas (KONG, 2015).

As cervejas que receberam jabuticaba apresentaram extrato original e teor alcoólico mais elevados em relação ao controle. Isso se deve ao enriquecimento dos mostos e cervejas com açúcares provenientes da fruta desidratada, durante o processamento das bebidas. Os valores de teor alcoólico e extrato original estão de acordo com as variações apresentadas por Brewers Association (2017), que

determina valores de teor alcoólico entre 2 e 9,5% e extrato original entre 7,6 e 25,9 °Plato, para uma cerveja *fruit beer*.

As cervejas que receberam jabuticaba apresentaram aumento nos valores de extrato aparente e extrato real em relação ao controle (exceto o extrato real do tratamento Fervura). Nesses tratamentos, a jabuticaba desidratada forneceu extrato ao mosto e cerveja, sendo que o ganho de extrato foi maior nos tratamentos em que o tempo de contato da fruta com o mosto ou cerveja foi maior (Fermentação e Maturação).

As cervejas do tratamento Maturação apresentaram os mais baixos valores de fermentabilidade (real e aparente). Isso é um indicativo que o extrato fornecido pela jabuticaba é rico em sólidos solúveis não açúcares (minerais, polifenóis, protídeos, entre outros). As cervejas do presente trabalho apresentam valores de fermentabilidade real dentro do intervalo (56 a 70,2 %) apresentado por Briggs et al. (2004).

Tabela 7. Análises físico-químicas das *fruit beers* de jabuticaba

<b>Parâmetros</b>	<b>Fervura</b>	<b>Fermentação</b>	<b>Maturação</b>	<b>Controle</b>
<b>pH</b>	4,2±0,1a	3,8±0,0b	3,8±0,0b	4,2±0,1a
<b>Acidez total (%)*</b>	0,21±0,0b	0,44±0,0a	0,47±0,0a	0,14±0,0c
<b>Amargor (IBU)</b>	5,7±0,9ab	4,7±0,3b	6,3±0,2a	4,3±0,6b
<b>Cor (EBC)</b>	16,3±3,7c	48,8±9,1b	98,3±14,7a	15,1±2,2c
<b>Turbidez (EBC)</b>	25,0±11,3c	158,7±50,3b	311,7±43,9a	21,1±5,1c
<b>CO<sub>2</sub> (v/v)</b>	2,1±0,1bc	2,4±0,2b	4,0±0,0a	2,0±0,1c
<b>Teor Alcoólico % (v/v)</b>	5,6±0,2a	6,2±0,5a	5,7±0,1a	4,9±0,1b
<b>Extrato Original (Plato)</b>	13,2±0,2b	14,4±0,7ab	14,6±0,6a	11,6±0,2c
<b>Extrato Aparente (Plato)</b>	2,9±0,1b	3,0±0,1b	4,0±0,1a	2,5±0,2c
<b>Extrato Real (Plato)</b>	4,6±0,0bc	5,0±0,1b	5,9±0,5a	4,0±0,3c
<b>Fermentabilidade Aparente (%)</b>	79,9±1,0a	76,7±1,1b	68,1±0,6c	79,1±1,4ab
<b>Fermentabilidade Real (%)</b>	64,7±0,8a	62,2±0,9b	54,9±0,8c	64,1±1,1ab

Médias seguidas de letras iguais na linha, não diferem pelo teste de Tukey (5% significância); \*% de ácido láctico.

### 2.3.2 Análise sensorial

De todos os atributos analisados (aparência, aroma, sabor e avaliação global), houve preferência por parte dos provadores pela aparência das cervejas dos tratamentos Fervura e Controle (Tabela 8). O tratamento Fervura apresentou aparência superior em relação aos outros tratamentos com jabuticaba provavelmente devido ao fato das suas cervejas apresentarem baixa turbidez e coloração semelhante à cerveja puro malte, assemelhando-se às cervejas comerciais filtradas. Os tratamentos de Fermentação e Maturação apresentaram menores notas de aparência por apresentarem turbidez mais elevada, apesar de sua coloração avermelhada que remetia à cor da jabuticaba.

Tabela 8. Análise sensorial das cervejas com jabuticaba e controle

	Aparência	Aroma	Sabor	Avaliação Global
<b>Fervura</b>	7±1,4a	7±1,3a	7±1,7a	7±1,4a
<b>Fermentação</b>	6±1,6b	7±1,3a	7±1,8a	6±1,6a
<b>Maturação</b>	5±2,0b	7±1,6a	6±2,0a	6±1,7a
<b>Controle</b>	7±1,5a	7±1,4a	7±1,5a	7±1,4a

Medianas seguidas de letras iguais na coluna, não diferem pelo teste de Kruskal-Wallis (5% significância).

Para os demais atributos (aroma, sabor e avaliação global), os tratamentos não afetaram a preferência dos provadores. Isso indica que a aceitação das cervejas fabricadas com jabuticaba foi a mesma em relação à bebida puro malte.

Todas as cervejas foram bem avaliadas já que suas medianas ficaram dentro do intervalo 6 e 7. Apenas a aparência do tratamento Maturação ficou fora deste intervalo.

Considerando comentários como “sabor igual ao de jabuticaba” ou “lembra muito a fruta” conclui-se que a metodologia de fabricação utilizada, bem como a matéria-prima (jabuticaba desidratada), se mostrou suficiente para a produção de uma *fruit beer*.

O equilíbrio geral é a chave para uma *fruit beer* bem elaborada. A fruta deve complementar o estilo original e não sobrepô-lo. Os principais atributos do estilo base serão alterados com a adição de frutas. O julgamento deve ser feito com base no agradável balanço da combinação resultante (BJCP, 2015).



## 2.4 CONCLUSÕES

Dentro das condições experimentais em que os testes foram realizados, pode -se concluir que os frutos de jaboticaba desidratados apresentam influência nos parâmetros físico-químicos da cerveja, agregando características organolépticas agradáveis aos provadores, apresentando assim um potencial para comercialização do produto. Recomenda-se a adição de jaboticaba desidratada na etapa de fervura.

## 2.5 REFERÊNCIAS

AMERICAN SOCIETY OF BREWING CHEMISTS (ASBC). **Methods of analysis of the American Society of Brewing Chemists**. Madison: ASBC, 1958. 209p.

BARROS, R. S.; FINGER, F. L.; MAGALHÃES, M. M. Changes in non-structural carbohydrates in developing fruit of *Myrciaria jaboticaba*. **Scientia Horticulturae**, Amsterdã, v. 66, n. 1, p.209-215, out. 1996.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. Brasília: Ministério da Saúde, 2005. 1018p.

BEER JUDGE CERTIFICATION PROGRAM (BJCP). **2015 Style Guidelines: Beer Style Guidelines**. 2015. Disponível em: <www.bjcp.org>. Acesso em: 17 fev. 2015.

BREWERS ASSOCIATION. **Beer Style Guidelines**. 2017. Disponível em: <<https://s3-us-west-2.amazonaws.com/brewersassoc/wp-content/uploads/2017/05/2017-BA-Beer-Style-Guidelines.pdf>>. Acesso em: 12 mar. 2018.

BRIGGS, D. E. et al. Chemical and physical properties of beer. In: \_\_\_\_\_ . **Brewing: Science and practice**. Cambridge: CRC, 2004. Cap. 19. p. 662-715.

BRUNELLI, L. T.; MANSANO, A. R.; VENTURINI FILHO, W. G. Caracterização físico-química de cervejas elaboradas com mel. **Brazilian Journal of Food Technology**. Campinas, v. 17, n. 1, p. 19-27. 2014.

EMBRAPA. **Valor nutricional da jaboticaba**. Colombo: Embrapa Florestas, 2015. 2 p. Disponível em: <file:///C:/Users/STI-1992/Downloads/2015-folder-jaboticaba-ef.pdf>. Acesso em: 31 jan. 2018.

EUROPEAN BREWERY CONVENTION (EBC). **Analytica – EBC**. 5 ed. Zurique: Brauerei – und Getränke – Rundschau, 2005.

HOLLILAND, C. Fruit beer. In: OLIVER, G. **The Oxford Companion to Beer**. New York: Oxford University Press, 2012. p. 377-378.

KONG, J. et al. Analysis and biological activities of anthocyanins. **Phytochemistry**, [s.l.], v. 64, n. 5, p.923-933, nov. 2003.

LIM, J. Hedonic scaling: A review of methods and theory. **Food Quality And Preference**, [s.l.], p.733-747, jun. 2011.

MENDES, J. B. Brazil. In: OLIVER, G. **The Oxford Companion to Beer**. New York: Oxford University Press, 2012. p. 156-157.

MINITAB 16® Statistical Software, Minitab Inc., State College, PA, USA, 2010.

PARKES, S. Carbonation. In: OLIVER, G. **The Oxford Companion to Beer**. New York: Oxford University Press, 2012. p. 221.

POTTER, N. N.; HOTCHKISS, J. H. **Food Science**. 5. ed. New York: Springer, 1995. 608p.

RODRIGUES, S. et al. Ultrasound extraction of phenolics and anthocyanins from jaboticaba peel. **Industrial Crops and Products**, [s.l.], v. 69, p.400-407, jul. 2015.

SILVA, G. J. F. et al. Formulação e estabilidade de corantes de antocianinas extraídas das cascas de jaboticaba (*Myrciaria* ssp.). **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v. 21, n. 3, p.429-436, set. 2010.

STEWART, G. G. Beer stability. In: PRIEST, F. G; STEWART, G. G. **Handbook of brewing**. 2. ed. Boca Raton: CRC, 2006. Cap. 17. p. 715-727.

SUGUINO, E. et al. **A Cultura da Jaboticabeira**. São Paulo: APTA Regional, 2012. v.9. Pesquisa & Tecnologia. Disponível em: <<http://www.aptaregional.sp.gov.br/acesse-os-artigos-pesquisa-e-tecnologia/edicao-2012/janeiro-junho-2/1046-a-cultura-da-jaboticabeira/file.html>>. Acesso em: 14 dez. 2017.

ZERBIELLI, L. et al. Diversidade físico-química dos frutos de jaboticabeiras em um sítio de ocorrência natural. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 38, n. 1, p. 107-116, fev. 2016.

## CAPÍTULO 3

### PRODUÇÃO DE CERVEJAS ADOCICADAS: CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA, SENSORIAL E ENERGÉTICA

#### RESUMO

O objetivo do trabalho foi produzir cervejas adoçadas utilizando xarope de jabuticaba e uma mistura de açúcar e corante caramelo, e caracterizá-las físico-química, energética e sensorialmente. O experimento contou com dois tratamentos e três repetições, perfazendo seis parcelas experimentais. O malte foi moído em moinho de discos e a mosturação realizada pelo método de infusão. A lupulagem foi realizada durante a fervura, a qual durou 60 minutos. O mosto foi resfriado a 25 °C e inoculado. A fermentação transcorreu à temperatura de 10 °C  $\pm$ 1, sendo as cervejas posteriormente envasadas e adicionadas de xarope de jabuticaba (60 °Brix) e açúcar/caramelo em quantidades necessárias para alcançar 10 °Plato de extrato aparente. As bebidas foram refermentadas em garrafas para carbonatação (*priming*) e pasteurizadas. As cervejas foram analisadas físico-quimicamente para os parâmetros de teor alcoólico, extrato real, extrato aparente, cor, amargor, turbidez, pH, acidez total e gás carbônico. As bebidas foram submetidas à análise sensorial por meio de teste afetivo utilizando escala hedônica estruturada de nove pontos. A análise estatística dos resultados foi realizada por meio de análise de variância e as médias dos resultados das análises físico-químicas foram comparadas por teste de Tukey e as medianas dos resultados da análise sensorial comparadas por teste de Kruskal-Wallis. Nas análises físico-químicas, o tratamento 1 se diferenciou do tratamento 2 nos parâmetros de cor e turbidez. Sensorialmente, a cerveja adoçada com xarope de jabuticaba apresentou a mesma aceitabilidade que a cerveja adoçada com açúcar/caramelo. Não houve diferença no valor energético entre os dois tratamentos.

**Palavras chave:** Bebida alcoólica, *Myrciaria cauliflora*, artesanal, malzbier.

#### SWEET BEER PRODUCTION: PHYSICOCHEMICAL, SENSORY AND ENERGY EVALUATION

## ABSTRACT

The aim of this research was to produce sweet beers using jabuticaba syrup and sugar + caramel dye solution, and perform physicochemical, energetic and sensory analysis. The experiment was composed by two treatments and three replicates, making up six experimental plots. The malt was milled in a disc mill and the mashing made by infusion. Hops were added during boiling, which lasted 60 minutes. The wort was cooled to 25 °C and inoculated. The fermentation was carried out at 10 °C  $\pm$ 1, and the beers were bottled and added with jabuticaba syrup (60 °Brix) and sugar/caramel in a necessary amount to reach 10 °Plato of apparent extract. The beers were bottle conditioned for carbonation (primming) and pasteurized. The beers were analyzed for the parameters of alcohol content, real extract, apparent extract, color, bitterness, turbidity, pH, total acidity and carbon dioxide. The samples were submitted to sensory analysis by affective test using 9-points hedonic scale. The statistical analysis of the results was performed through analysis of variance and the means of the physicochemical analyzes were compared by Tukey test and the medians of the sensory analysis were compared by Kruskal-Wallis test. In the physicochemical analyzes, treatment 1 differed from treatment 2 in color and turbidity parameters. Regarding the sensory features, beer sweetened with jabuticaba syrup presented the same acceptability as beer sweetened with sugar / caramel. There was no difference in the energy value between the two treatments.

**Keywords:** Alcoholic beverage, *Myrciaria cauliflora*, craft beer, malzbier.

## 3.1 INTRODUÇÃO

A jabuticaba é um fruto tipicamente brasileiro, tipo globóide (20-30 mm de diâmetro), com coloração vermelha a roxa ou negra, quando maduro. A polpa, o principal componente dos frutos maduros, é esbranquiçada e apresenta gostos que variam de levemente ácido a muito doce (MAGALHÃES; BARROS; FINGER, 1996). Esse fruto pode ser consumido *in natura* ou utilizado na fabricação de bebidas, doces, geleias, licores e xaropes (BORGES; MELO, 2015).

Atualmente, a preferência pela utilização de sucos ou xaropes de frutas na fabricação de cervejas está aumentando consideravelmente em relação ao uso de frutos inteiros (EßLINGER, 2009). Na fabricação de cervejas adoçadas, os xaropes são normalmente adicionados diretamente ao mosto na tina de fervura, mas também

podem ser misturados à cerveja nos estágios finais da produção, conferindo-lhe assim o gosto doce (STEWART, 2012).

Um exemplo de cerveja adoçada é o clássico estilo europeu de cerveja *Malzbier*, cerveja alemã de coloração escura e com baixo teor alcoólico, produzido com mosto de baixa densidade que, após fermentado e filtrado, pode receber grandes porções de açúcar ou xarope, resultando no aumento do extrato original para aproximadamente 12% em massa (EßLINGER, 2009).

As cervejas de estilo *Malzbier* produzidas e comercializadas no Brasil são adicionadas de corante caramelo, o que lhes conferem uma coloração escura, e açúcar de cana, aumentando seu teor de extrato aparente e conferindo um gosto adocicado. De acordo com os fabricantes, os teores alcoólicos das *Malzbiers* comercializadas no Brasil são de 4,0, 4,2 e 4,7% em volume (AMBEV, 2018; GRUPO PETRÓPOLIS, 2018; HEINEKEN, 2018).

O objetivo deste trabalho foi produzir cervejas de baixa fermentação, adocicadas com de xarope de jabuticaba e açúcar/caramelo (*Malzbier*) e compará-las físico-química, sensorial e energeticamente.

## 3.2 MATERIAIS E MÉTODOS

### 3.2.1 Materiais

- Água da rede pública (SABESP) filtrada em carvão ativado (remoção de cloro) e celulose (remoção de partículas).
- Malte marca Cargill, importado da Argentina, para cerveja Pilsen. Cor: 4.7 EBC; Poder diastático: 266 EBC; Betaglucanos: 158 mg/L; Friabilidade: 91%.
- Lúpulo de amargor alemão “Hallertauer Magnum” marca BART-HAAS GROUP, tipo peletizado T-90. Alfa-ácidos: 12,60%; Óleos totais 1,6-2,6mL/100g.
- Levedura alcoólica de baixa fermentação, marca Fermentis – Saflager (W-34/70) para fabricação de cervejas do tipo *Lager* (baixa fermentação).
- Corante caramelo IV 150d marca MARVI.
- Frutos de jabuticaba da variedade Sabará.
- Açúcar cristal, marca Santa Isabel.

### 3.2.2 Métodos

#### 3.2.2.1 Planejamento experimental

O trabalho foi feito com dois tratamentos e três repetições, perfazendo seis parcelas experimentais.

Tratamento 1: Cerveja produzida com adição de xarope jabuticaba à bebida recém-fermentada na etapa de envase na garrafa (*primming*).

Tratamento 2: Cerveja estilo *Malzbier* produzida com adição de açúcar de cana e corante caramelo à bebida recém-fermentada na etapa de envase na garrafa (*primming*).

#### 3.2.2.2 Xarope de jabuticaba

A produção do xarope de jabuticaba foi dividida em duas etapas: produção do extrato de jabuticaba e produção do xarope.

Frutos de jabuticaba e água filtrada foram colocados em uma panela de alumínio de 20 litros, na proporção 1:1 (m/m), e levados ao fogo. Após 10 minutos contados do início da ebulição da mistura, o fogo foi desligado e a mistura peneirada, separando o bagaço do extrato de jabuticaba (5,9 °Brix). O extrato de jabuticaba teve seu teor de sólidos solúveis corrigido para 60 Brix, por meio da adição de açúcar cristal (Equação 1).

$$B_{\text{extrato}} * M_{\text{extrato}} + B_{\text{açúcar}} * M_{\text{açúcar}} = B_{\text{xarope}} * M_{\text{xarope}} \quad (1)$$

Onde:

B = °Brix

M = massa (g)

#### 3.2.2.3 Processo de fabricação da cerveja artesanal

A cerveja utilizada como base para a adição do xarope de jabuticaba ou do açúcar/caramelo foi fabricada com malte e água na proporção de 1:4. Inicialmente, 2 kg de malte base moídos foram despejados em uma panela de alumínio (15 litros) com 8 kg de água filtrada (40 °C), iniciando a etapa de mosturação. A mostura (água + grãos moídos) foi mantida nessa temperatura por 20 minutos, sendo então aquecida (1 °C.min<sup>-1</sup>) até a temperatura de 70 °C, permanecendo nesta temperatura por 40 minutos. A mostura foi então filtrada em uma peneira cônica de aço inox afim de

separar o bagaço do mosto primário. O bagaço de malte foi lavado com 8 kg de água filtrada e previamente aquecida a 75 °C, resultando no mosto secundário. Em seguida, os mostos primário e secundário foram misturados em uma panela de 20 litros, a qual foi levada à fervura. Adicionou-se 2 g de lúpulo ao mosto no início da ebulição, sendo esta mantida por 60 minutos. O mosto lupulado foi resfriado (25 °C) utilizando-se uma serpentina de alumínio (*chiller*) de 7,5 metros, sendo o *trub* retirado por decantação.

O mosto foi inoculado com a levedura (1 g/L) e a fermentação transcorreu em baldes de polietileno atóxico (18 L) à temperatura de 10 °C ±1, por 14 dias.

Após a fermentação, a cerveja foi trasfegada para baldes de polietileno, para aferição da sua massa.

Calculou-se, a partir da Equação (2), as quantidades de xarope de jabuticaba (tratamento 1) ou açúcar (tratamento 2) necessárias para elevar o extrato aparente das cervejas para 10 °Plato.

$$B_{\text{cerveja}} * M_{\text{cerveja}} + B_{\text{açúcar ou xarope}} * M_{\text{açúcar ou xarope}} = B_{\text{cerveja adoçada}} * M_{\text{cerveja adoçada}} \quad (2)$$

Onde:

B = °Brix

M = massa (g)

No Tratamento 2, o corante caramelo foi adicionado na quantidade de 1g. kg<sup>-1</sup> de cerveja.

As bebidas foram acondicionadas em garrafas de vidro de 600 mL, na cor âmbar, as quais foram mantidas por 3 dias à temperatura de 20 °C ±1 para refermentação e carbonatação.

Para que não houvesse carbonatação excessiva as cervejas foram pasteurizadas em banho-maria, a fim de cessar a atividade metabólica das leveduras. O tratamento térmico da cerveja correspondeu a 10 unidades de pasteurização.

#### 3.2.2.4 Análises físico-químicas

As cervejas foram analisadas para os seguintes parâmetros: teor alcoólico, extrato real, extrato aparente, cor, amargor, turbidez, pH (EBC, 2005), acidez total e gás carbônico (ASBC, 1958).

### **3.2.2.5 Análise sensorial**

As cervejas foram avaliadas sensorialmente por teste afetivo, com utilização de escala hedônica estruturada, ancorada nas notas de 1 (Desgostei muitíssimo) a 9 (Gostei muitíssimo) (LIM, 2011). Os atributos avaliados foram aparência, aroma, sabor e avaliação global.

A equipe sensorial foi constituída por alunos de cursos de graduação e servidores de uma instituição de ensino superior do estado de São Paulo totalizando 50 provadores. A quantidade de cerveja ofertada aos provadores foi de 30 mL, na temperatura aproximada de  $5\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 2$ , servida em taças de vidro, as quais foram codificadas com números de 3 dígitos. As amostras foram servidas de forma aleatória. Este trabalho foi registrado na Plataforma Brasil do Ministério da Saúde (CAAE: 66889817.7.0000.5411) e aprovada sob o parecer n° 2.076.208.

### **3.2.2.6 Análise energética**

Para a realização da análise energética, as amostras foram liofilizadas em liofilizador marca Liobras, modelo L108 LIOTOP e posteriormente analisadas pelo seu Poder Calorífico Superior (PCS) em bomba calorimétrica marca PARR, modelo 1201, segundo a norma ABNT NBR 8.693.

### **3.2.2.7 Análise estatística**

Os resultados das análises físico-químicas, sensoriais e energéticas foram submetidos à análise de variância (ANOVA). Quando os resultados seguiram a normalidade, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey ( $\alpha=5\%$ ). Para os resultados que não seguiram a normalidade, as medianas foram comparadas pelo teste de Kruskal-Wallis no programa MiniTab 16®.

## **3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **3.3.1 Análises físico-químicas**

As médias dos resultados das análises físico-químicas das cervejas são mostradas na Tabela 9.



Tabela 9. Análises físico-químicas das cervejas adoçadas com xarope de jabuticaba e açúcar/caramelo

Parâmetros	Açúcar/caramelo	Jabuticaba
pH	4,3±0,2a	4,2±0,1a
Acidez total (%) <sup>1</sup>	0,16±0,0a	0,17±0,0a
Amargor (IBU)	6,7±0,3a	6,5±0,1a
Cor (EBC)	185,3±10,7a	9,6±1,1b
Turbidez (EBC)	64,6±8,9a	12,2±2,5b
CO <sub>2</sub> (v/v)	1,7±0,0a	1,6±0,1a
Teor Alcoólico (% v/v)	4,5±0,0a	4,4±0,2a
Extrato Aparente <sup>2</sup>	9,2±0,1a	9,0±0,3a
Extrato Real <sup>2</sup>	9,8±0,2a	9,6±0,2a

Médias seguidas de letras iguais na linha, não diferem pelo teste de Tukey (5% significância); <sup>1</sup> % de ácido láctico; <sup>2</sup> °Plato

Considerando a escassez de literatura com informações químicas sobre cervejas estilo *Malzbier* brasileiras, os autores realizaram análises físico-químicas (Tabela 10) em cervejas de três marcas comerciais (A, B e C), afim de se conhecer quimicamente essas bebidas, bem como possuir um padrão para comparação de resultados.

Tabela 10. Análises físico químicas das cervejas de três marcas comerciais

Parâmetros	A	B	C
pH	4,21±0,1	4,22±0,1	3,9±0,2
Ac. total (%) <sup>1</sup>	0,15±0,0	0,17±0,0	0,15±0,0
Amargor (IBU)	10,8±0,3	7,9±0,5	8,7±0,3
Cor (EBC)	162±4,2	102,75±6,1	145,25±3,2
Turbidez (EBC)	22,2±5,2	14,5±3,1	20,5±4,7
T.A. (%v/v) <sup>2</sup>	3,92±0,0	3,99±0,1	3,57±0,0
Extrato Aparente <sup>3</sup>	7,8±0,1	7,1±0,3	9,1±0,0
Extrato real <sup>3</sup>	8,4±0,2	8,2±0,2	9,8±0,0

<sup>1</sup> % de ácido láctico; <sup>2</sup> T.A.= Teor Alcoólico; <sup>3</sup> °Plato

As cervejas produzidas com xarope de jabuticaba e açúcar/caramelo não se diferenciaram com base no pH e acidez total (Tabela 9). Pode-se observar que para

esses dois parâmetros os valores estão dentro do padrão comercial (Tabela 10). O pH da jabuticaba utilizada para a fabricação do xarope foi 3,1 e a acidez 1,2 g.100g<sup>-1</sup>, contudo, para fabricação das cervejas utilizou-se xarope cuja quantidade de ácidos é muito inferior em relação à fruta, pois o xarope continha 4% de sólidos solúveis provenientes da jabuticaba e 96% de sólidos solúveis provenientes do açúcar de cana, insuficiente, portanto, para causar qualquer variação na acidez ou pH.

A isomerização do alfa ácido durante a fervura do mosto ocorreu de forma igualitária em ambos os tratamentos, resultando em cervejas com mesma intensidade de amargor (Tabela 9). Os valores de amargor do presente estudo não estão dentro da faixa dos valores comerciais, pois esse é um fator dependente da receita, ou seja, a quantidade de lúpulo adicionada, tipo e quantidade de alfa-ácidos do lúpulo utilizado, bem como o tempo de fervura (BRYNILDSON, 2012).

As cervejas dos tratamentos 1 e 2 se diferenciaram para a cor e turbidez. A cerveja produzida com açúcar/caramelo apresentou maior intensidade de cor em função do corante utilizado. A cerveja adocicada com xarope de jabuticaba não apresentou coloração avermelhada, mas sim amarelada, se aproximando de uma *american lager* convencional (BJCP, 2015). A cerveja fabricada com açúcar/caramelo apresentou maior turbidez devido aos polímeros presentes no caramelo (DAMODARAN; PARKIN; FENNEMA, 2010), os quais, por serem moléculas de alto peso molecular, de tamanho coloidal, diminuíram a transparência da bebida.

A carbonatação das cervejas ficou abaixo do esperado para uma *American lager* (2,5 – 2,8 volumes), conforme MUNROE (2006), mas está dentro da margem apresentada por Dragone (2016) para as cervejas obtidas após a fermentação primária e secundária que é de 1,2 a 1,7 volumes de CO<sub>2</sub>. volume de cerveja<sup>-1</sup>.

As cervejas também não se diferenciaram quanto ao teor alcoólico, demonstrando que a fermentação primária ocorreu em condições semelhantes para ambos tratamentos, bem como a refermentação na garrafa, fato esse comprovado pela quantidade de CO<sub>2</sub> dos dois tratamentos (Tabela 9). Os valores de teor alcoólico obtido no presente trabalho estão dentro da faixa considerada por BJCP (2015) para uma *American lager*, que deve apresentar de 4,2 a 5,3% v/v.

Também não houve diferença nos valores de extrato aparente e extrato real entre os tratamentos. Esse fato já era esperado, pois, em se tratando de uma cerveja adocicada, o teor de extrato aparente de ambas cervejas foi igualmente ajustado para 10 °Plato ao final da fermentação.

### 3.3.2 Análise sensorial

As cervejas adoçadas com xarope de jabuticaba e açúcar/caramelo apresentaram a mesma aceitabilidade para todos os parâmetros analisados (aparência, aroma, sabor e avaliação global), conforme os resultados apresentados na Tabela 11.

Tabela 11. Análise sensorial das cervejas adoçadas com xarope de jabuticaba ou açúcar/caramelo

Parâmetros	Açúcar/caramelo	Jabuticaba
<b>Aparência</b>	8±1,4a	6±1,7a
<b>Aroma</b>	8±1,4a	7±1,5a
<b>Sabor</b>	8±1,7a	7±1,8a
<b>Avaliação Global</b>	8±1,4a	7±1,5a

Medianas seguidas de letras iguais na linha, não diferem pelo teste de Kruskal-Wallis (5% significância)

A aparência da cerveja produzida com xarope de jabuticaba recebeu algumas observações do painel de provadores como “a cor não remete à *malzbier*”, “não possui cor de jabuticaba” ou “além de turva possui aparência de *Pilsen* comum”. Os comentários registrados na ficha de avaliação sensorial evidenciam que os provadores tinham uma expectativa em relação à aparência da cerveja adoçada com xarope de jabuticaba que não se concretizou; mas, apesar disso, sua aceitabilidade foi igual à cerveja adoçada com açúcar/caramelo.

Em geral ambas as cervejas foram bem avaliadas, pois as medianas se mantiveram em torno de 7 a 8. Fatores como a dieta do provador, seu humor, sua experiência e seu gosto pessoal, bem como a hora do dia, ambiente ou a sequência em que as amostras são servidas podem afetar a degustação da cerveja (AMATO, 2012).

### 3.3.3 Análise energética

Não houve diferença entre os valores energéticos das cervejas 36,4±2,6 kcal.100ml<sup>-1</sup> (açúcar/caramelo) e 39,1±1,3 (jabuticaba). Esses resultados eram esperados pelo fato de ambos os tratamentos terem recebidos quantidades iguais de açúcar durante o adoçamento das bebidas.

As cervejas comerciais do estilo *Malzbier* apresentam as seguintes quantidades de calorias: 60 kcal.100mL<sup>-1</sup> (AMBEV, 2018), 77 kcal.100mL<sup>-1</sup> (GRUPO

PETRÓPOLIS, 2018) e 26 kcal.100mL<sup>-1</sup> (HEINEKEN, 2018). O valor calórico das cervejas adoçadas com xarope de jabuticaba e açúcar/caramelo ficaram dentro do intervalo apresentado pelas bebidas comerciais. O conteúdo energético dessas três marcas destoa entre si, bem como das bebidas fabricadas no presente estudo, provavelmente devido à composição das mesmas, quantidade de carboidratos ou devido à metodologia aplicada para obtenção de cada informação (FIGUEIRA, 2009).

### 3.4 CONCLUSÃO

Dentro das condições experimentais em que o presente trabalho foi desenvolvido conclui-se que a cerveja produzida com o xarope de jabuticaba apresentou características físico-químicas, sensoriais e energéticas semelhantes à cerveja produzida com a mistura de açúcar e corante caramelo. Dessa forma, o xarope de jabuticaba pode ser utilizado na produção de cervejas adoçadas.

### 3.5 REFERÊNCIAS

AMATO, M. G. Sensory evaluation. In: OLIVER, G. **The Oxford Companion to Beer**. New York: Oxford University Press, 2012. p. 725-726.

AMBEV. **Brahma Malzbier**. 2018. Disponível em: <[https://www.brahma.com.br/cervejas/malzbier?gclid=Cj0KCQjw9NbdBRCwARIsAPLsnFb8EIU0pLTnDxhyiktMydNNGFycXcctdvrQxVha5dWF2cAS4lf0FMoaAtq1EALw\\_wcB](https://www.brahma.com.br/cervejas/malzbier?gclid=Cj0KCQjw9NbdBRCwARIsAPLsnFb8EIU0pLTnDxhyiktMydNNGFycXcctdvrQxVha5dWF2cAS4lf0FMoaAtq1EALw_wcB)>. Acesso em: 04 out. 2018.

AMERICAN SOCIETY OF BREWING CHEMISTS (ASBC). **Methods of analysis of the American Society of Brewing Chemists**. Madison: ASBC, 1958. 209p.

BEER JUDGE CERTIFICATION PROGRAM (BJCP). **2015 Style Guidelines: Beer Style Guidelines**. 2015. Disponível em: <[www.bjcp.org](http://www.bjcp.org)>. Acesso em: 17 set. 2018.

BORGES, M. H. C. B.; MELO, B. **Cultura da jabuticabeira**. 2015. Disponível em: <<http://www.ebah.com.br/content/ABAAABi1oAK/cultura-jabuticabeira>>. Acesso em: 30 ago. 2018.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. Brasília: Ministério da Saúde, 2005. 1018 p.

BRYNILDSON, M. Hop isomerization. In: OLIVER, G. **The Oxford Companion to Beer**. New York: Oxford University Press, 2012. p. 456-457.

DAMODARAN, S.; PARKIN, K. L.; FENNEMA, O. R. Química de alimentos de Fennema. 4 ed. Porto Alegre: Artmed, 2010. 900 p.

DRAGONE, G.; SILVA, T. A. O.; SILVA, J. B. A. Cerveja. In: VENTURINI FILHO, W. G. **Bebidas alcoólicas: Ciência e Tecnologia**. 2. ed. São Paulo: Blucher, 2016. cap. 3. p. 51-84.

EßLINGER, H. M. Special Production Methods. In:\_\_\_\_\_. **Handbook of Brewing: Processes, Technology, Markets**. Weheim: Wiley, 2009. Cap. 10, p. 242.

EUROPEAN BREWERY CONVENTION (EBC). **Analytica – EBC**. 5 ed. Zurique: Brauerei – und Getränke – Rundschau, 2005.

FIGUEIRA, R.; VENTURINI FILHO, W. G. Análise energética em suco, néctar e refrigerante de maçã. **Revista Energia na Agricultura**, Botucatu, v. 24, n. 3, p.119-130, 2009.

GRUPO PETRÓPOLIS. **Itaipava Malzbier**. 2018. Disponível em: <<http://www.cervejaitaipava.com.br/produto/malzbier>>. Acesso em: 04 out. 2018.

HEINEKEN. **Schin Malzbier**. 2018. Disponível em: <<https://www.schin.com.br/malzbier>>. Acesso em: 04 out. 2018.

LIM, J. Hedonic scaling: A review of methods and theory. **Food Quality And Preference**, [s.l.], p.733-747, jun. 2011.

MAGALHÃES, M. M.; BARROS, R. S.; FINGER, F. L. Changes in structural carbohydrates in developing fruit of *Myrciaria jacobinica*. **Scientia Horticulturae**, Viçosa, v. 66, n. 1, p.17-22, 1996.

MINITAB 16® Statistical Software, Minitab Inc., State College, PA, USA, 2010.

MUNROE, J. H. Aging and Finishing. In: PRIEST, F. G.; STEWART, G. G. **Handbook of Brewing**. 2. ed. Boca Raton: Crc, 2006. Cap. 13. p. 525-548

STEWART, G. G. Syrups. In: OLIVER, G. **The Oxford Companion to Beer**. New York: Oxford University Press, 2012. p. 780-781.

## CAPÍTULO 4

### CERVEJA CZECH LAGER COM JABUTICABA: CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS E SENSORIAIS

#### RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo produzir cervejas de baixa fermentação, do tipo *Czech lager*, com extrato de jabuticaba (*Myciaria cauliflora* Berg.). O planejamento experimental contou com 5 tratamentos. Extrato de jabuticaba foi adicionado ao mosto nas etapas de fervura e fermentação, bem como na cerveja pronta, para a produção de *radler* (cerveja com extrato de fruta). A quantidade de extrato de jabuticaba adicionada ao mosto nas etapas de fervura e fermentação foi calculada para fornecer 300 mg de polifenóis da fruta para cada litro de mosto. Produziu-se dois tratamentos *radler*, com adição do extrato de jabuticaba para fornecer 150 e 300 mg de polifenóis por litro. O controle foi a cerveja base para os outros tratamentos, sem adição de extrato. A cerveja foi produzida a partir da diluição de um mosto concentrado lupulado comercial em água filtrada. O mosto foi inoculado com levedura de baixa fermentação. A fermentação ocorreu em recipientes de polietileno à temperatura de  $8\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 1$  por 7 dias, sendo as cervejas verdes posteriormente envasadas em garrafas PET e maturadas a  $1\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 1$  por 30 dias. As cervejas foram analisadas para os parâmetros de cor, turbidez, pH, etanol, açúcares, álcoois superiores, ésteres, polifenóis totais e polifenóis individuais. As bebidas foram analisadas sensorialmente por meio de teste afetivo, utilizando escala hedônica estruturada de 9 pontos, para os atributos de aparência, aroma, sabor e avaliação global. Todos os parâmetros físico-químicos foram utilizados na análise de componentes principais (PCA – Principal Component Analysis) para correlacionar a influência destes em cada tratamento. Os resultados da análise sensorial foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey. O tratamento de fervura associou-se à maior quantidade de maltose, maltotriose, dextrina, polifenóis totais e etanol na cerveja, sendo que os tratamentos *radler* com 150 e 300 mg apresentaram maior quantidade de monossacarídeos, ésteres e ácidos orgânicos de cadeia longa. O painel de provadores apresentou maior preferência pelos tratamentos controle e a *radler* de 300 mg.

**Palavras-chave:** Polifenóis, *radler*, álcoois superiores, éster, PCA.

## CZECH LAGER BEER WITH JABUTICABA: PHYSICOCHEMICAL AND SENSORY EVALUATION

### ABSTRACT

This research focused on bottom fermented beer production, Czech lager style, using fruit extract of jabuticaba (*Myrciaria cauliflora* Berg.). The experimental design included 5 treatments. Jabuticaba extract was added to the wort during boiling and fermentation stages, as well as in the finished beer, for the production of radler (beer with fruit extract). The amount of jabuticaba extract added to the wort during boiling and fermentation stages was calculated to provide 300 mg of fruit polyphenols per liter of wort. Two radler treatments were produced, with addition of the jabuticaba extract to provide 150 and 300 mg of polyphenols per liter. The control was the beer base for the other treatments, with no addition of extract. The beer was produced from the dilution of a commercial hopped concentrated wort in filtered water. The wort was inoculated with bottom fermenting yeast. The fermentation took place in polyethylene containers at  $8\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1$  for 7 days, with green beers later bottled in PET bottles and aged at  $1\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1$  for 30 days. The beers were analyzed for the parameters of color, turbidity, pH, ethanol, sugars, higher alcohols, esters, total polyphenols and individual polyphenols. The beverages were sensory analyzed using 9-points hedonic scale for appearance, aroma, flavor and, overall evaluation. All physicochemical parameters were used in the principal component analysis (PCA) to highlight their influence in each treatment. The results of the sensory analysis were submitted to analysis of variance and the means compared by the Tukey test. The boiling treatment was associated with a higher amount of maltose, maltotriose, dextrin, total polyphenols and ethanol in the beer, and the radler treatments with 150 and 300 mg presented higher amounts of monosaccharides, esters and long chain organic acids. The tasters panel presented higher preference for the control and radler treatment of 300 mg.

**Keywords:** Polyphenols, radler, higher alcohols, ester, PCA

### 4.1 INTRODUÇÃO

A cerveja *Czech lager*, estilo originário da República Tcheca, em geral se diferencia das *lagers* alemãs ou de qualquer outra do oeste europeu, pois estas últimas são quase totalmente atenuadas, enquanto as *Czech lagers* podem

apresentar uma leve quantidade de extrato não fermentado na cerveja finalizada. São geralmente divididas por densidade e coloração, apresentando-se com um corpo leve, rico, refrescante e lupulado (BJCP, 2015).

Mediante a tais características, o estilo se mostra apropriado para servir de base para adição de frutas, as quais aprimoram suas características e promovem a bebida a um outro estilo, as chamadas *fruit beer*. Trata-se de cervejas com um distinto aroma e sabor de fruta, muito bem integradas com as características da bebida (ZAINASHEFF; PALMER, 2007). Uma variação de *fruit beer* é a *radler*, uma cerveja proveniente da mistura de cerveja pronta com um refrigerante ou suco de frutas em proporção igual (EßLINGER, 2009).

A jabuticaba (*Myrciaria cauliflora* Berg.), originária do Brasil, é um exemplo de fruta que pode ser utilizada na produção de uma *radler* ou *fruit beer*. Além do uso na produção de cerveja, a jabuticaba apresenta grande potencial na fabricação de geleias, bebidas fermentadas, vinagre e licores (CITADIN et al., 2010).

A forma e a maneira como a fruta é adicionada ao mosto ou cerveja pode promover diferença físico-química e/ou sensorial na bebida final. As formas mais comuns de adição são *in natura* e/ou congelados, purê de frutas ou flavorizante de fruta (extrato). O extrato é conveniente e barato, porém o sabor pode se apresentar um tanto artificial algumas vezes (ZAINASHEFF; PALMER, 2007).

O objetivo desse trabalho foi fabricar cervejas do estilo *Czech lager* com adição de extrato de jabuticaba nas etapas de fervura, fermentação e na cerveja finalizada (*Radler*) e sem extrato (controle), caracterizando-as física e quimicamente e comparando-as sensorialmente.

## 4.2 MATERIAIS E MÉTODOS

### 4.2.1 Materiais

Água da rede pública;

Mosto concentrado lupulado, marca Crossman's, tipo *Gold Lager*;

Levedura líquida de baixa fermentação;

Dextrose em pó;

Jabuticaba variedade Sabará.



## 4.2.2 Métodos

### 4.2.2.1 Secagem dos frutos de jabuticaba

Para facilitar o armazenamento e transporte, as frutas foram secadas em estufa com circulação de ar, marca TECNAL, modelo TE-394/2, à temperatura de  $65\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 1$  até massa constante, sendo posteriormente embaladas a vácuo.

### 4.2.2.2 Planejamento experimental

O experimento foi dividido em 5 tratamentos:

Tratamento 1 (T1): cerveja com adição de extrato de jabuticaba na etapa da fervura (*fruit beer*)

Tratamento 2 (T2): cerveja com adição de extrato de jabuticaba na etapa da fermentação (*fruit beer*)

Tratamento 3 (T3): cerveja com adição de extrato de jabuticaba na cerveja pronta (150 mg de polifenóis) (*radler*)

Tratamento 4 (T4): cerveja com adição de extrato de jabuticaba na cerveja pronta (300 mg de polifenóis) (*radler*)

Tratamento 5 (T5): cerveja sem adição de extrato de jabuticaba (controle)

### 4.2.2.3 Produção do extrato de jabuticaba

O extrato de jabuticaba consistiu em uma solução aquosa, obtida a partir da fervura de jabuticaba em água. Adicionou-se 400 g de jabuticabas secas em 1000 mL de água, sendo a mistura fervida por 60 minutos em uma placa aquecedora marca IKA, modelo C-MAG. O extrato continha 5697 mg/L de polifenóis e 110 g/L de açúcares. Foi armazenado em garrafas de vidro e mantido congelado ( $-18\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 1$ ) até sua adição no mosto/cerveja.

### 4.2.2.4 Produção da cerveja

Adicionou-se à uma caldeira de cobre, 20 litros de água, 1,56 kg de mosto concentrado e 870 g de dextrose, para produzir um mosto com densidade 1040 (10 °Plato). Retirou-se 5 litros do mosto para realização do tratamento T1, o qual foi fervido separadamente, sendo adicionado de 263 mL de extrato de jabuticaba no início da

ebulição, a qual foi mantida por 1 minuto. Posteriormente o mosto foi resfriado à temperatura de 17 °C. Os 15 litros restantes foram fervidos por 1 minuto, resfriados à temperatura de 17 °C e divididos em 3 recipientes de polietileno de 6,4 litros. Todos os tratamentos foram inoculados com 60 ml de levedura líquida para cada 5 litros de mosto. No momento da inoculação, adicionou-se 30 g de glicose aos tratamentos T3, T4 e T5 para compensar a quantidade de açúcar adicionado aos tratamentos T1 e T2 pelo extrato de jabuticaba. O tratamento T2 recebeu 263 ml de extrato de jabuticaba após 4 dias da inoculação.

A fermentação ocorreu à temperatura de 8 °C±1 por 7 dias, sendo a cerveja verde envasada em garrafas PET e maturada a 1 °C±1 por 30 dias. Os açúcares e as leveduras remanescentes na bebida foram suficientes para promover a carbonatação da cerveja, não havendo necessidade de carbonatação artificial ou adição de açúcar exógeno.

#### **4.2.2.5 Análises físico-químicas**

As cervejas foram analisadas para cor, turbidez, pH (BRASIL, 2005), etanol, açúcares (PIRES et al., 2014), álcoois superiores, ésteres (NEŠPOR et al., 2018), polifenóis totais e polifenóis individuais (DVORAKOVÁ et al, 2007).

#### **4.2.2.6 Análise Sensorial**

A análise sensorial das cervejas foi feita por teste afetivo, com utilização de escala hedônica estruturada de 9 pontos (LIM, 2011). As bebidas foram julgadas para os atributos aparência, aroma, sabor e avaliação global.

A análise foi realizada com 10 provadores treinados. As amostras de cerveja (50 mL) foram servidas em copos plásticos transparentes, a uma temperatura aproximada de 10 °C. A análise sensorial foi realizada sob luz branca artificial, com temperatura ambiente de 25 °C±2. Os tratamentos foram servidos individualmente por rodada, ou seja, primeiramente serviu-se o tratamento T1 para todos, posteriormente o tratamento T2 e assim sucessivamente. As amostras foram codificadas com letras e números de 3 dígitos.

Este trabalho foi registrado na Plataforma Brasil do Ministério da Saúde (CAAE: 66889817.7.0000.5411) e aprovada sob o parecer nº 2.076.208 do Comitê de Ética em Pesquisa da Faculdade de Medicina de Botucatu, Unesp.

#### **4.2.2.7 Análise Estatística**

Utilizou-se a análise de componentes principais (PCA – Principal Component Analysis) para os resultados das análises físico-químicas para correlacionar a influência destes em cada tratamento, esta análise foi realizada no programa MiniTab 16. Os resultados do teste sensorial foram avaliados por meio de análise de variância (ANOVA) e as médias comparadas pelo teste de Tukey (5% de probabilidade), esta análise foi realizada no programa SigmaStat.

### **4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

As Figuras 3 e 4 e a Tabela 12 mostram os resultados da análise multivariada empregada para correlacionar as diversas análises físico-químicas realizadas nas cervejas com os tratamentos efetuados. Os valores mostrados na Tabela 12 indicam que os eixos x (PC1) e y (PC2) explicam 83,1 % dos resultados, índice considerado adequado segundo Cruz, Regazzi e Carneiro (2012).

As Figuras 3 e 4 mostram que pH, polifenóis totais, maltose, maltotriose, etanol, cor, turbidez e polifenóis (vanílico, cumárico, cafeico e catequina) estão diretamente correlacionados e apresentam maior concentração no tratamento T1, enquanto glicose, frutose, ésteres como o acetato de etila e alguns ácidos orgânicos de cadeia longa (ácidos octanóico e decanóico) apresentaram maior correlação e maior concentração para os tratamentos em que o extrato de jabuticaba foi adicionado à cerveja pronta.

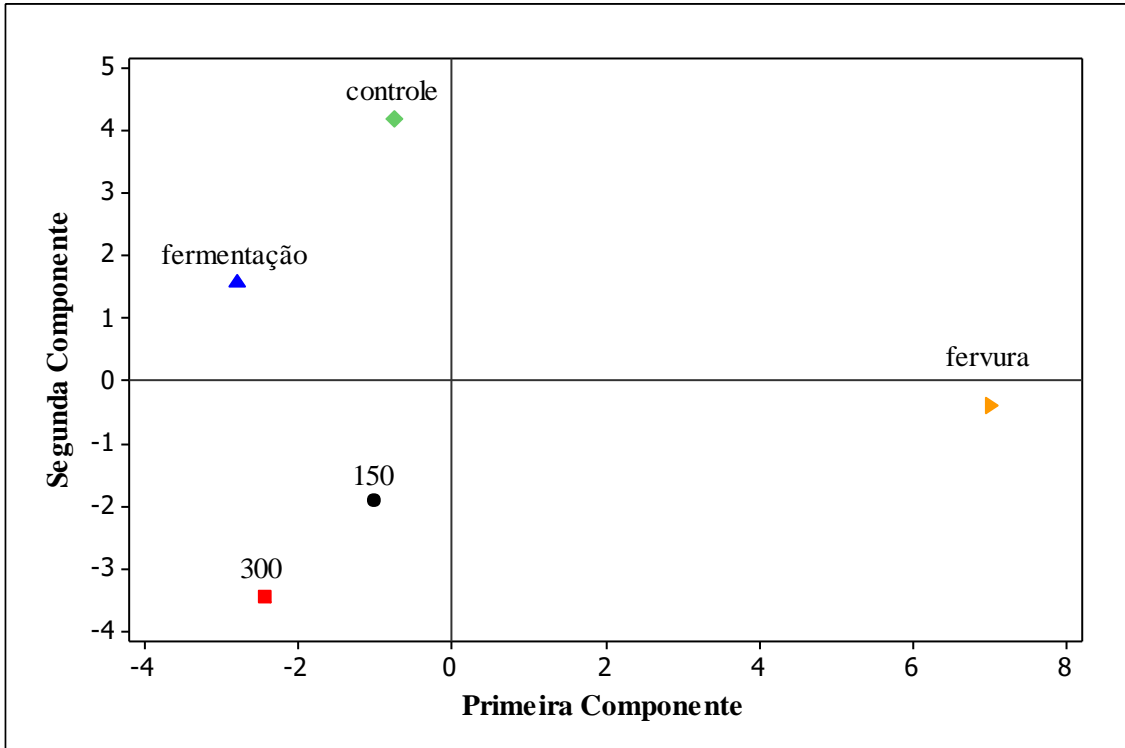


Figura 3. Localização cartesiana dos tratamentos da análise multivariada

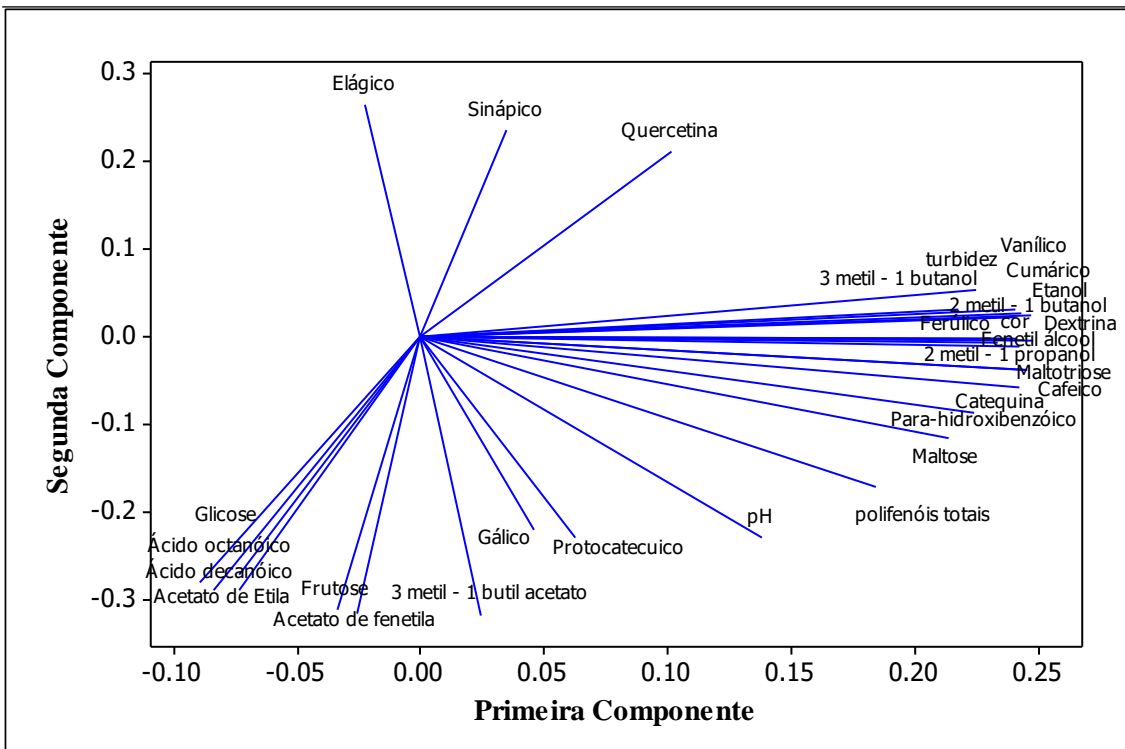


Figura 4. Análise multivariada

Tabela 12. Dados de variância dos componentes da análise multivariada

<b>Variável</b>	<b>PC1</b>	<b>PC2</b>	<b>PC3</b>
<b>Protocatecuico</b>	0.063	-0.227	-0.340
<b>Para-hidroxibenzóico</b>	0.224	-0.086	0.176
<b>Vanílico</b>	0.241	0.032	0.117
<b>Elágico</b>	-0.022	0.265	0.272
<b>Quercetina</b>	0.102	0.212	0.300
<b>Gálico</b>	0.046	-0.220	-0.362
<b>Catequina</b>	0.243	-0.058	0.053
<b>Cumárico</b>	0.248	0.025	-0.052
<b>Cafeico</b>	0.245	-0.038	-0.074
<b>Ferúlico</b>	0.242	-0.003	-0.087
<b>Sinápico</b>	0.035	0.235	0.349
<b>Acetato de Etila</b>	-0.073	-0.288	0.203
<b>2 metil - 1 propanol</b>	0.234	-0.005	0.101
<b>3 metil - 1 butanol</b>	0.218	0.033	0.170
<b>2 metil - 1 butanol</b>	0.240	-0.002	0.112
<b>3 metil - 1 butil acetato</b>	0.024	-0.318	0.151
<b>Fenetil álcool</b>	0.242	-0.010	0.103
<b>Ácido octanóico</b>	-0.089	-0.280	0.183
<b>Acetato de fenetila</b>	-0.026	-0.315	0.165
<b>Ácido decanóico</b>	-0.084	-0.289	0.186
<b>Polifenóis totais</b>	0.184	-0.170	-0.213
<b>Dextrina</b>	0.248	-0.004	-0.058
<b>Maltotriose</b>	0.246	-0.038	0.001
<b>Maltose</b>	0.214	-0.115	0.184
<b>Glicose</b>	-0.073	-0.270	0.236
<b>Frutose</b>	-0.034	-0.310	0.102
<b>Etanol</b>	0.243	0.027	-0.102
<b>Turbidez</b>	0.225	0.053	-0.141
<b>pH</b>	0.138	-0.229	0.047
<b>Cor</b>	0.241	0.024	-0.033
<b>Variância</b>	0.535	0.296	0.133
<b>Variância acumulada</b>	0.535	0.831	0.965

É provável que os teores mais elevados de dextrina, maltotriose e maltose (Tabela 13) associados ao tratamento T1 seja decorrente de um mosto mais concentrado resultante deste tratamento. Esta hipótese é confirmada pelo teor alcoólico mais elevado da cerveja deste tratamento (Tabela 14).

Os teores mais elevados de glicose e frutose nos tratamentos T3 e T4 são decorrentes da adição de extrato de jabuticaba à cerveja pronta. Considerando que o

extrato foi adicionado à cerveja no momento em que foi degustada/analísada, é possível que não tenha havido refermentação, apesar desses carboidratos serem preferidos pelas leveduras cervejeiras (PHILLISKIRK, 2012).

Tabela 13. Médias da análise de açúcares da cerveja (g.L<sup>-1</sup>)

	<b>Dextrina</b>	<b>Maltotriose</b>	<b>Maltose</b>	<b>Glicose</b>	<b>Frutose</b>	<b>Total</b>
<b>Fervura</b>	78,1	9,8	21,0	1,9	2,1	112,9
<b>Fermentação</b>	52,0	6,1	11,7	0,9	1,1	71,9
<b>150</b>	53,7	6,7	16,8	4,5	2,9	84,7
<b>300</b>	51,7	6,8	16,4	6,0	4,6	85,6
<b>Controle</b>	54,7	6,8	15,6	2,0	1,0	80,1

150 = quantidade de polifenóis adicionados à cerveja em mg.L<sup>-1</sup>; 300 = quantidade de polifenóis adicionados à cerveja em mg.L<sup>-1</sup>.

Teor alcoólico, cor e turbidez mais elevados no tratamento T1 (Tabela 14) são decorrentes de mosto mais concentrado, como discutido anteriormente. De acordo com Siebert (2012), os polifenóis estão diretamente relacionados com a turbidez da cerveja.

Tabela 14. Médias das análises físico-químicas das cervejas

<b>Tratamentos</b>	<b>pH</b>	<b>Turbidez</b>	<b>Cor</b>	<b>Teor alcoólico</b>
		<b>(EBC)</b>	<b>(EBC)</b>	<b>(%)</b>
<b>Fervura</b>	4,27	*	15,5	5,2
<b>Fermentação</b>	4,07	3,18	7,6	4,1
<b>150</b>	4,28	2,57	8,5	4,0
<b>300</b>	4,14	3,75	9,7	3,9
<b>Controle</b>	4,01	0,6	7,4	4,1

150 = quantidade de polifenóis adicionados à cerveja em mg.L<sup>-1</sup>; 300 = quantidade de polifenóis adicionados à cerveja em mg.L<sup>-1</sup>; \*acima do limite máximo de leitura.

A adição de extrato de jabuticaba nas cervejas aumentou os seus teores em polifenóis totais (Tabela 15), bem como dos seguintes polifenóis: ácido protocatecuico, ácido gálico, catequina, ácido ferúlico e ácido sinápico. Por outro lado, diminuiu a concentração de quercitina, ácido cumárico e ácido cafeico (Tabela 16),

provavelmente devido à diluição desses componentes da cerveja base pelo extrato de jabuticaba. Dvoraková et al. (2007) analisando os polifenóis da cerveja *lager* por cromatografia líquida encontraram valores de 0,43 a 0,58 mg.L<sup>-1</sup> para o ácido protocatecuico, 0 a 0,42 mg.L<sup>-1</sup> de ácido gálico, valores esses inferiores aos encontrados no presente estudo. Por outro lado, esses mesmos autores apresentam valores de 2,12 a 2,55 mg.L<sup>-1</sup> de ácido cumárico, 1,19 a 1,44 mg.L<sup>-1</sup> de ácido caféico e 1,72 a 1,79 mg.L<sup>-1</sup> de quercetina, valores esses superiores aos apresentados na Tabela 16. Dessa mesma forma, Piazzon, Forte e Nardini (2010), caracterizando o conteúdo fenólico e a atividade antioxidante em diferentes tipos de cerveja, encontraram, para cervejas *lager*, valores de 0,56 a 0,57 mg.L<sup>-1</sup> de ácido vanílico e 0,44 a 0,53 mg.L<sup>-1</sup> de ácido sinápico, inferiores ao presente estudo, com exceção ao valor de ácido sinápico do tratamento T5.

Tabela 15. Médias da análise de polifenóis totais na cerveja

<b>Amostra</b>	<b>Concentração (mg.L<sup>-1</sup>)</b>
<b>Fervura</b>	519,30
<b>Fermentação</b>	340,35
<b>150</b>	321,05
<b>300</b>	387,72
<b>Controle</b>	235,09

150 = quantidade de polifenóis adicionados à cerveja em mg.L<sup>-1</sup>; 300 = quantidade de polifenóis adicionados à cerveja em mg.L<sup>-1</sup>.

Tabela 16. Médias das análises de polifenóis individuais na cerveja (mg.L<sup>-1</sup>)

	<b>Fervura</b>	<b>Fermentação</b>	<b>150</b>	<b>300</b>	<b>Controle</b>
<b>Protocatecuico</b>	1,37	1,19	0,78	1,33	0,13
<b>Para-</b>					
<b>hidroxibenzóico</b>	0,10	0,05	0,08	0,07	0,07
<b>Vanílico</b>	1,03	0,74	0,84	0,76	0,87
<b>Elágico</b>	0,07	0,06	0,06	0,05	0,08
<b>Quercetina</b>	0,79	0,52	0,63	0,60	1,42
<b>Gálico</b>	17,21	16,37	9,41	17,45	0,71
<b>Catequina</b>	1,96	1,22	1,43	1,42	0,18
<b>Cumárico</b>	1,04	0,66	0,68	0,63	3,59
<b>Cafeico</b>	0,24	0,18	0,18	0,18	0,74
<b>Ferúlico</b>	4,78	3,64	3,76	3,39	0,13
<b>Sinápico</b>	0,67	0,64	0,68	0,64	0,07

150 = quantidade de polifenóis adicionados à cerveja em mg.L<sup>-1</sup>; 300 = quantidade de polifenóis adicionados à cerveja em mg.L<sup>-1</sup>.

Compostos de aroma também foram afetados pelos tratamentos. A adição de extrato de jabuticaba nas cervejas prontas (tratamento T3 e T4) elevou seus níveis de ésteres (3 metil - 1 butil acetato, acetato de etila, acetato de fenetila) e de ácidos orgânicos (ácido acético, ácido hexanóico, ácido octanóico, e ácido decanoico), conforme dados mostrados na Tabela 17. Lei et al. (2016), analisando a performance fermentativa da levedura *lager* em mostos de cerveja com alta densidade, encontraram valores de 30,49 a 33,10 mg.L<sup>-1</sup> para o acetato de etila, bem como 0,11 a 0,12 mg.L<sup>-1</sup> para o acetato de fenetila. Os resultados obtidos no presente trabalho estão fora da faixa apresentada por esses autores possivelmente devido ao método utilizado na fabricação das cervejas ou às matérias-primas utilizadas na formulação do mosto, como o extrato de jabuticaba. Os tratamentos T1, T2 e T5 perderam ácido acético, provavelmente pela evaporação deste ácido volátil durante a fervura e sua metabolização pelas leveduras alcoólicas.



Tabela 17. Médias das análises de álcoois superiores, ácidos orgânicos e ésteres na cerveja (mg.L<sup>-1</sup>)

	Fervura	Fermentação	150	300	Controle
<b>Fenetil álcool</b>	219,88	155,08	175,05	170,71	181,25
<b>2 metil - 1 propanol</b>	37,84	19,27	28,64	18,98	24,79
<b>3 metil - 1 butanol</b>	115,46	87,17	104,72	85,99	100,44
<b>2 metil - 1 butanol</b>	37,62	21,60	28,67	22,88	27,32
<b>3 metil - 1 butil acetato</b>	0,95	0,38	1,23	1,37	0,38
<b>Ácido acético</b>	4,46	6,71	35,31	86,56	9,98
<b>Ácido hexanóico</b>	0,25	0,19	0,53	0,65	0,18
<b>Acetato de etila</b>	5,88	3,16	22,89	22,51	3,27
<b>Etil ester</b>	0,96	0,86	5,12	5,44	0,44
<b>Ácido octanóico</b>	1,33	0,92	3,77	5,44	1,28
<b>Acetato de fenetila</b>	0,69	0,25	1,31	1,46	0,22
<b>Ácido decanóico</b>	0,40	0,23	2,55	2,62	0,13

150 = quantidade de polifenóis adicionados à cerveja em mg.L<sup>-1</sup>; 300 = quantidade de polifenóis adicionados à cerveja em mg.L<sup>-1</sup>.

Na análise sensorial, as cervejas que receberam o extrato de jabuticaba (T3 e T4) foram tão bem aceitas quanto à cerveja controle (puro malte), conforme mostra a Tabela 18.

O sabor da cerveja do tratamento T5 se mostrou superior ao do tratamento T2, porém não se diferenciou dos demais. De acordo com comentários dos provadores, esse tratamento apresentava sabor que destoava muito do sabor original da cerveja T5, o que provavelmente não agradou ao paladar do painel.

O atributo de aparência foi o que mais apresentou diferença entre os tratamentos, sendo o tratamento T5 superior aos demais, com exceção ao tratamento T4 (300 mg de polifenóis). O tratamento T5 apresentava coloração tipicamente dourada com baixa turbidez e o tratamento T4, uma coloração acobreada, ambos remetendo às cervejas tchecas tradicionais. Os tratamentos T1 e T2 obtiveram as menores notas, possivelmente pela turbidez que ambos apresentaram e pela coloração mais avermelhada; embora característica da jabuticaba, distante da cor de uma cerveja *Czech lager* tradicional.

Pela “avaliação global” é possível observar que os provadores deram preferência às cervejas típicas da região da Bohemia (puro malte), com características (aroma, sabor, cor e turbidez) já consolidadas, mas por outro lado, também aceitaram as cervejas *radlers* (T3 e T4).

Tabela 18. Avaliação sensorial das cervejas com extrato de jabuticaba

Tratamentos	Aroma	Sabor	Aparência	Avaliação global
<b>Fervura</b>	5,5±1,6a	5,2±1,8ab	2,3±0,5d	4,7±1,3b
<b>Fermentação</b>	5,7±1,6a	4,1±2,1b	3,7±0,8c	4,4±1,6b
<b>150</b>	5,8±1,2a	4,5±1,6ab	5,1±1,4b	5,2±1,2ab
<b>300</b>	5,7±1,3a	5,8±1,0ab	5,9±1,1ab	5,9±0,9ab
<b>Controle</b>	6,6±1,1a	6,4±1,6a	7,0±1,3a	6,5±1,4a

Médias seguidas de letras iguais na coluna, não diferem pelo teste de Tukey (5% significância); 150 = quantidade de polifenóis adicionados à cerveja em mg.L<sup>-1</sup>; 300 = quantidade de polifenóis adicionados à cerveja em mg.L<sup>-1</sup>.

#### 4.4 CONCLUSÕES

Dentro das condições experimentais em que esta pesquisa foi realizada, pode-se concluir que a cerveja *Czech lager* apresenta potencial para servir de base para a produção de uma *fruit beer* e a jabuticaba apresenta características adequadas para a fabricação de um extrato. Para fins de comercialização do produto, a jabuticaba, na forma de extrato, deve ser adicionada com a cerveja pronta, na produção de um *radler*.

#### 4.5 REFERÊNCIAS

BEER JUDGE CERTIFICATION PROGRAM (BJCP). **2015 Style Guidelines: Beer Style Guidelines**. 2015. Disponível em: <www.bjcp.org>. Acesso em: 17 set. 2018.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. Brasília: Ministério da Saúde, 2005. 1018 p.

CITADIN, I.; DANNER, M. A.; SASSO, S. A. Z. JABUTICABEIRAS. **Revista Brasileira de Fruticultura**, [s.i], v. 32, n. 2, p.343-656, 2010.

CRUZ, C.D.; REGAZZI, A. J.; CARNEIRO, P. C. S. **Modelos Biométricos Aplicados ao Melhoramento Genético**.4. ed. Viçosa: Ufv, 2012. 514 p.

DVOŘÁKOVÁ, M.; HULIN, P.; KARABÍN, M.; DOSTÁLEK, P. (2007). Determination of polyphenols in beer by an effective method based on solid-phase extraction and high performance liquid chromatography with diode-array detection. **Czech Journal of Food Sciences**, 25(4), 182–188.

EßLINGER, H. M. **Handbook of Brewing: Processes, Technology, Markets**. Weheim: Wiley, 2009. 746 p.

LEI, H. et al. Fermentation performance of lager yeast in high gravity beer fermentations with different sugar supplementations. **Journal Of Bioscience And Bioengineering**, [s.l.], v. 122, n. 5, p.583-588, nov. 2016. Elsevier BV.

LIM, J. Hedonic scaling: A review of methods and theory. **Food Quality And Preference**, [s.l.], p.733-747, jun. 2011.

MINITAB 16® Statistical Software, Minitab Inc., State College, PA, USA, 2010.

NEŠPOR, J.; KARABÍN, M.; HANKO, V.; DOSTÁLEK, P. Application of response surface design to optimise the chromatographic analysis of volatile compounds in beer. **Journal Of The Institute Of Brewing**, [s.l.], v. 124, n. 3, p.244-253, 1 jun. 2018. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1002/jib.493>.

PHILLISKIRK, G. Fermentation. In: OLIVER, G. **The Oxford Companion to Beer**. New York: Oxford University Press, 2012. p. 342-347.

PIAZZON, A.; FORTE, M.; NARDINI, M. (2010). Characterization of phenolics content and antioxidant activity of different beer types. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, 58(19), 10677–10683.

PIRES, E. J.; TEIXEIRA, J. A.; BRANYIK, T.; CORTE-REAL, M.; VICENTE, A. A. Maintaining yeast viability in continuous primary beer fermentation. **Journal Of The Institute Of Brewing**, [s.l.], v. 120, n. 1, p.52-59, jan. 2014. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1002/jib.111>.

SIEBERT, K. Polyphenols. In: OLIVER, G. **The Oxford Companion to Beer**. New York: Oxford University Press, 2012. p. 659.

ZAINASHEFF, J.; PALMER, J. J. **Brewing Classic Styles: 80 Winning Recipes Anyone Can Brew**. Boulder: Brewers Publications, 2007. 317 p.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Considerando os resultados obtidos no presente estudo, é fato observar que a jabuticaba é um fruto que pode ser utilizado na produção de *fruit beers* brasileiras. Essas cervejas por agregarem características sensoriais da fruta, diferenciam esta cerveja de todos os demais estilos.

Há a possibilidade de produzir *fruit beers*, *radlers* ou cerveja adocicada de jabuticaba durante o ano todo considerando que os métodos de conservação pós-colheita da jabuticaba se mostraram eficientes.

O presente estudo mostrou a viabilidade técnica de produzir uma *fruit beer* de jabuticaba a partir de uma cerveja base de baixa fermentação (*lager*). Novos estudos poderão ser feitos com vistas à produção de *fruit beer* de jabuticaba tomando por base uma cerveja de alta fermentação (*ale*), ou até mesmo uma cerveja de fermentação natural, como as belgas do estilo Lambic.

É fato que no mercado brasileiro é possível encontrar cervejas intituladas “de jabuticaba”, porém muitas vezes trata-se de produtos que possuem apenas corantes e flavorizantes. O presente estudo mostrou abordagens diferentes na maneira de se produzir uma cerveja de jabuticaba utilizando o fruto. Os métodos de conservação aplicados à jabuticaba, bem como a metodologia utilizada para se introduzir o fruto na bebida, foram selecionados para um melhor aproveitamento.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABRACERVA. **Número de cervejarias artesanais no Brasil cresce 37,7% em 2017**. 2018. Disponível em: <<http://abracerva.com.br/2018/02/16/numero-de-cervejarias-artesanais-no-brasil-cresce-377-em-2017/>>. Acesso em: 02 nov. 2018.
- ANDREWS, J. M. H. The brewhouse. In: BAMFORTH, C. W. **Brewing: New technologies**. Cambridge: Woodhead, 2006. Cap. 10. p. 208-227.
- ANUÁRIO 2014. São Paulo: CervBrasil, ano 1, 2014. 36 p. Disponível em: [http://www.cervbrasil.org.br/novo\\_site/anuarios/anuariofinal2014.pdf](http://www.cervbrasil.org.br/novo_site/anuarios/anuariofinal2014.pdf). Acesso em: 31/10/2018.
- ANUÁRIO 2016. São Paulo: CervBrasil, ano 1, 2016. 64 p. Disponível em: [http://www.cervbrasil.org.br/novo\\_site/anuarios/CervBrasil-Anuario2016\\_WEB.pdf](http://www.cervbrasil.org.br/novo_site/anuarios/CervBrasil-Anuario2016_WEB.pdf). Acesso em: 31/10/2018.
- BAMFORTH, C. W. Boiling. In: OLIVER, G. **The oxford companion to beer**. Nova York: Oxford Press, 2012. p. 141-142.
- BARTH-HAAS GROUP. **Hallertauer magnum**. Nuremberg: LNF, 2015.
- BEER JUDGE CERTIFICATION PROGRAM (BJCP). **2015 Style Guidelines: Beer Style Guidelines**. 2015. Disponível em: <[www.bjcp.org](http://www.bjcp.org)>. Acesso em: 17 fev. 2015.
- BLAKE, V. C. Hops. In: OLIVER, G. **The oxford companion to beer**. Nova York: Oxford Press, 2012. p. 459-465.
- BRASIL. Decreto n. 6.871, de 04 de junho de 2009. Regulamenta a Lei n. 8.918, de 14 de julho de 1994, que dispõe sobre a padronização, a classificação, o registro, a inspeção, a produção e a fiscalização de bebidas. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2007-2010/2009/Decreto/D6871.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2009/Decreto/D6871.htm)> Acesso em: 14 nov. 2015.
- BRIGGS, D. E. et al. **Brewing: Science and practice**. Cambridge: Woodhead, 2004.
- BROWN, P. India Pale Ale. In: OLIVER, G. **The oxford companion to beer**. Nova York: Oxford Press, 2012. p. 482-486.
- BROWNE, J. Packaging of beer. In: BAMFORTH, C. W. **Brewing: New technologies**. Cambridge: Woodhead, 2006. Cap. 14. p. 293-307.
- BRUNELLI, L. T.; MANSANO, A. R.; VENTURINI FILHO, W. G. Caracterização físico-química de cervejas elaboradas com mel. **Brazilian Journal of Food Technology**. Campinas, v. 17, n. 1, p. 19-27. 2014.
- BUTTRICK, P. K. A. Clarification. In: OLIVER, G. **The oxford companion to beer**. Nova York: Oxford Press, 2012. p. 251. (a)

- BUTTRICK, P. K. A. Mash Tun. In: OLIVER, G. **The oxford companion to beer**. Nova York: Oxford Press, 2012. p. 578. (b)
- CEREDA, M. P. Cervejas. In: AQUARONE, E.; ALMEIDA LIMA, U.; BORZANI, W. **Alimentos e bebidas produzidas por fermentação**. São Paulo: Edgar Blucher, 1983. p. 3-78.
- CERVIERI JÚNIOR, O. et al. O setor de bebidas no Brasil. **BNDES Setorial**, Rio de Janeiro, n. 40, p. [93]-129, 2014.
- DONADIO, L. C.; MORO, F. V.; SERVIDONE, A. A. Jaboticaba. In: \_\_\_\_\_. **Frutas Brasileiras**. 2. ed. Jaboticabal: Novos Talentos, 2004. p. 161-164.
- DONADIO, L. C. Jaboticaba. In: SANTOS-SEREJO et al. **Fruticultura Tropical**. Brasília: Embrapa, 2009. p. 239-257.
- DORNBUSCH, H. Dry Milling. In: OLIVER, G. **The oxford companion to beer**. Nova York: Oxford Press, 2012. p. 309.
- DRAGONE, G.; SILVA, T. A. O.; SILVA, J. B. A. Cerveja. In: VENTURINI FILHO, W. G. **Bebidas alcoólicas: Ciência e Tecnologia**. 2. ed. São Paulo: Blucher, 2016. cap. 3. p. 51-84.
- DUNN, B. Ale Yeast. In: OLIVER, G. **The oxford companion to beer**. Nova York: Oxford Press, 2012. p. 33.
- DUNN, R. A. Packaging technology. In: PRIEST, F G; STEWART, G G. **Handbook of Brewing**. 2. ed. Boca Raton: CRC, 2006. Cap. 15. p. 563-606.
- EßLINGER, H. M. **Handbook of Brewing: Processes, technology, markets**. Freiberg: Wiley, 2009. 778 p.
- EUMANN, M. Water in brewing. In: BAMFORTH, C. W. **Brewing: New technologies**. Cambridge: Woodhead, 2006. Cap. 9. p. 183-207.
- GLASS, G.; DANIELS, R.; THOMAS, K. Homebrewing. In: OLIVER, G. **The oxford companion to beer**. Nova York: Oxford Press, 2012. p. 444-451.
- KISSMEYER, A. B. Water. In: OLIVER, G. **The oxford companion to beer**. Nova York: Oxford Press, 2012. p. 824-826.
- KRAUS-WEYERMAN, T. Malt. In: OLIVER, G. **The oxford companion to beer**. Nova York: Oxford Press, 2012. p. 559-563.
- KUNZE, W. **Tehnology Brewing and Malting: International Edition**. Hamburg: VLB, 1999. 726 p.
- KUNZE, W. **Technology Brewing and Malting**. 3. ed. Berlin: VLB, 2004. 948 p.

LEIPER, K. A.; MIEDL, M. Brewhouse technology. In: PRIEST, F G; STEWART, G G. **Handbook of Brewing**. 2. ed. Boca Raton: CRC, 2006. Cap. 10. p. 383-446.

LEWIS, M. J.; YOUNG, T. W. **Brewing**. London: Chapman & Hall, 1995. 260 p.

LIMA, A. J. B. et al. Caracterização química do fruto jaboticaba (*Myrciaria cauliflora Berg*) e de suas frações. **Archivos Latino americanos de Nutricion**, Lavras, v. 58, n. 4, p.416-421, nov. 2008.

LIMA, A. J. B. et al. Sugars, organic acids, minerals and lipids in jaboticaba. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.33, n. 2, p. 540-550, 2011. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-29452011000200026&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-29452011000200026&lng=en&nrm=iso)>. Acesso em: 02 fev. 2016.

MACHADO, A.M.R. et al. Identificação e quantificação de antocianinas na casca de jaboticaba liofilizada. In: XVIII ENCONTRO NACIONAL DE ANALISTAS DE ALIMENTOS, 2013, Rio de Janeiro. **NUT.13**. São Paulo: Enaal, 2013. p. 904 - 907.

MAGALHÃES, M. M.; BARROS, R. S.; FINGER, F. L. Changes in structural carbohydrates in developing fruit of *Myrciaria jaboticaba*. **Scientia Horticulturae**, [s.l.], v. 66, n. 1-2, p.17-22, set. 1996. Elsevier BV. DOI: 10.1016/0304-4238(96)00911-9. Disponível em: <<http://api.elsevier.com/content/article/PII:0304423896009119?httpAccept=text/xml>>. Acesso em: 20 jan. 2016.

MENDES, J. B. Brazil. In: OLIVER, G. **The oxford companion to beer**. Nova York: Oxford Press, 2012. p. 156-157.

MUNROE, J. H. Aging and Finishing. In: PRIEST, F. G.; STEWART, G. G. **Handbook of Brewing**. 2. ed. Boca Raton: CRC, 2006. Cap. 13. p. 525-550. (a)

MUNROE, J. H. Fermentation. In: PRIEST, F G; STEWART, G. G. **Handbook of Brewing**. 2. ed. Boca Raton: CRC, 2006. Cap. 12. p. 487-524. (b)

NICKEL, J. S. Filtration. In: OLIVER, G. **The oxford companion to beer**. Nova York: Oxford Press, 2012. p. 351-352.

OLIVER, G. Microbrewery. In: OLIVER, G. **The oxford companion to beer**. Nova York: Oxford Press, 2012. p. 585-586. (a)

OLIVER, G. Craft brewing. In: OLIVER, G. **The oxford companion to beer**. Nova York: Oxford Press, 2012. p. 270-273. (b)

OLIVER, G. Dry hopping. In: OLIVER, G. **The oxford companion to beer**. Nova York: Oxford Press, 2012. p. 307-309. (b)

OLIVEIRA, M. Cerveja brilhante. Pesquisa FAPESP. V.204, p. 50-55, 2013.

PALMER, G. H. Barley and malt. In: PRIEST, F. G.; STEWART, G. G. **Handbook of Brewing**. 2. ed. Boca Raton: CRC, 2006. Cap. 5. p. 139-159.

PARKES, S. Carbonation. In: OLIVER, G. **The oxford companion to beer**. Nova York: Oxford Press, 2012. p. 221.

PHILLISKIRK, G. Fermentation. In: OLIVER, G. **The oxford companion to beer**. Nova York: Oxford Press, 2012. p. 342-347. (a)

PHILLISKIRK, G. Pasteurization. In: OLIVER, G. **The oxford companion to beer**. Nova York: Oxford Press, 2012. p. 641-642. (b)

ROBERTS, T. R.; WILSON, R. J. H. Hops. In: PRIEST, F G; STEWART, G. **Handbook of Brewing**. 2. ed. Boca Raton: CRC, 2006. Cap. 7. p. 177-280.

SHERLOCK, G. Lager Yeast. In: OLIVER, G. **The oxford companion to beer**. Nova York: Oxford Press, 2012. p. 534-535.

STEWART, G. G. Adjuncts. In: PRIEST, F G; STEWART, G. G. **Handbook of Brewing**. 2. ed. Boca Raton: CRC, 2006. Cap. 6. p. 161-176.

STEWART, G. G. Maturation. In: OLIVER, G. **The oxford companion to beer**. Nova York: Oxford Press, 2012. p. 580-581.

THOMAS, K. Pitching. In: OLIVER, G. **The oxford companion to beer**. Nova York: Oxford Press, 2012. p. 656-657.

TOSS, D.; CRISTOFOLI, A. A. Avaliação da relação da temperatura de mosturação na formação de diferentes tipos de açúcares no mosto cervejeiro. In: XX Congresso Brasileiro de Engenharia Química, 20., 2014, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: COBEQ, 2014. p. 1 - 7.

VENTURINI FILHO, W. G. **Tecnologia de cerveja**. Jaboticabal: Funep, 2000. 83 p.

VIRKAJÄRVI, I. Accelerated processing of beer. In: BAMFORTH, C. W. **Brewing: New technologies**. Cambridge: Woodhead, 2006. Cap. 12. p. 254-274.

ZANDYCKE, S. V. Yeast. In: OLIVER, G. **The oxford companion to beer**. Nova York: Oxford Press, 2012. p. 858-861.