



UnB - Universidade de Brasília
Instituto de Química



JESSICA FERREIRA DO NASCIMENTO

ESTUDO DA COMPOSIÇÃO QUÍMICA DE MADEIRAS ADVINDAS DO CERRADO PARA APLICAÇÃO EM ENVELHECIMENTO DE CERVEJA

Orientadora: Prof. Dr^a. Grace Ferreira Ghesti

Brasília- DF

2017



UnB - Universidade de Brasília
Instituto de Química



JESSICA FERREIRA DO NASCIMENTO

ESTUDO DA COMPOSIÇÃO QUÍMICA DE MADEIRAS ADVINDAS DO CERRADO PARA APLICAÇÃO EM ENVELHECIMENTO DE CERVEJA

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Instituto
de Química da Universidade de Brasília como parte do
requisito para obtenção do título de bacharel em Química
Tecnológica.

Orientadora: Prof. Dr^a. Grace Ferreira Ghesti

Brasília- DF

2017

CIP – Catalogação Internacional da Publicação

Nascimento, Jessica Ferreira do

Estudo da composição química de madeiras advindas do Cerrado para aplicação em envelhecimento de cerveja. Jessica Ferreira do Nascimento. Brasília: UnB, 2017. 53 p.: il.; 29,5 cm.

Monografia (Graduação) – Universidade de Brasília

Instituto de Química, Brasília, 2017. Orientação: Grace Ferreira Ghesti.

1. Cerveja, madeira; 2. Cerveja envelhecida; 3. Cubos de madeira

I. Ghesti, Grace. II. Estudo da composição química de madeiras advindas do Cerrado para aplicação em envelhecimento de cerveja.

CDU Classificação

**Estudo da composição química de madeiras advindas do Cerrado para aplicação
em envelhecimento de cerveja**

JESSICA FERREIRA DO NASCIMENTO

Monografia submetida como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharel em Química Tecnológica do Instituto de Química, da Universidade de Brasília, apresentada para a banca examinadora abaixo assinada:

Prof.^a Dr.^a Nádia Parachin Skorupa – IB/UnB
Examinadora Interna – IB/UnB

Prof.^a Dr.^a Talita Souza Carmo- IB/UnB
Examinadora Interna – IB/UnB

Prof. Dra.: Grace Ferreira Ghesti
Presidente da Banca (IQ/UnB)

Brasília, DF
2017

AGRADECIMENTOS

Agradeço, em primeiro lugar, à Deus. Pela oportunidade de viver uma vida universitária, por ter oferecido paz e paciência ao meu coração ansioso e nervoso e, por ter conhecido pessoas do curso a qual levarei para toda a minha vida futura.

À minha mãe Janete Ferreira por me proporcionar os caminhos até chegar na graduação e lembrar das horas em que eu precisava me alimentar e descansar dos estudos para enriquecer a minha mente.

Um agradecimento especial à Munique, que me deu toda a força e de diferentes formas fez nascer toda esta pesquisa e perspectivas, também minha porta de entrada para meu apoio às pesquisas junto ao LabCCERVA e as novas amizades como a Carol do LabCat.

Um agradecimento especial aos primeiros amigos que fiz no curso: Alcemyr, Hellen e Rhaysa, que tomaram caminhos diferentes, mas que permaneceram no meu coração. E, aos novos amigos que as reprovações me trouxe como Isabela Luiza, Isabela Martinello, Jorge, Luana, Clécia, Daniele, Daniel, Michael e Jéssica. Todas as matérias com vocês foram bem mais agradáveis, obrigada por não me deixarem desistir todos os dias e darem aquele *help* quando eu não via mais nenhuma opção.

Ao meu namorado Giovanni Diniz, por escutar, de coração aberto, todas minhas produções textuais, acreditar no meu potencial quando eu não acreditava, pelo apoio, compreensão, carinho e paciência com minhas ausências.

À professora Grace, que foi minha primeira professora de laboratório na graduação, agradeço por me apresentar às madeiras queridas e esta oportunidade de pesquisa.

Ao Luís, que forneceu as madeiras para minha pesquisa e posteriormente deu-me uma caixa com elas de presente.

A todos que de alguma forma colaboraram para meu crescimento durante o curso e durante a escrita deste trabalho.

Jessica Ferreira do Nascimento

RESUMO

A cerveja é a bebida alcoólica mais consumida no Brasil. Dentro desta produção, estão inseridas as cervejas especiais e a aplicação do estilo *Wood Aged* com a maturação de cervejas em madeira. Pode ser armazenada na presença de cubos, lascas e *chips* ou em barris, cuja essa última variação originou o estilo *Barrel Aged*. A diferença entre os processos está relacionada à exposição a área superficial, a qual proporcionará características sensoriais e visuais diferenciadas à bebida, tais como a turbidez e a influência na bebabilidade de cervejas amadeiradas. Em vista da vasta variedade de espécies de madeira no Cerrado, é possível vislumbrar sua aplicação para tal fim, porém para isso é fundamental a coleta de dados relacionados a caracterização de diversas madeiras para sua aplicação. Por esse motivo, foram analisadas amostras de madeiras do Cerrado para inseri-las em formato de cubos numa amostra de cerveja puro malte. Diante do exposto, o objetivo desse trabalho foi caracterizar a composição química de tais madeiras tostadas a fim de aplicá-las na etapa de maturação do processo para produzir cervejas do estilo *Wood Aged*. Para isso, observou-se os efeitos físico-químicos e sensoriais sobre a bebida, a qual apresentará maior valor agregado no mercado, em comparação com a cerveja base padrão. Dentre as análises realizadas, para teor de extratíveis as madeiras de Ipê (*Tabebuia*) (28,19%), Bálsamo (*Myroxylon balsamum*) (16,57%) e Carvalho (*Quercus* spp) (16,55%) se destacaram, indicando que a aplicação delas na maturação garantiu aromas característicos provindos da degradação térmica da lignina. A cerveja base adotada é uma cerveja tipo *Lager* com teor alcoólico de 6,60% (v/v), extrato primitivo de 16,00 °P e coloração de 17 EBC. Diversas amostras apresentaram maior turbidez, alteração de pH, de coloração e extrato aparente em decorrência da aplicação de madeiras e de contaminações microbiológicas nas amostras. De acordo com os resultados, a maturação em cubos é efetiva para aplicação em envelhecimento de cerveja, influenciando principalmente na análise organoléptica e visual. Com base na análise de mercado, esse processo proporciona maior valor agregado ao produto, diminui custos de produção, aumenta a eficiência e produtividade do processo cervejeiro produzindo cervejas com características sensoriais únicas.

Palavras- chave: Cerveja, madeira, cerveja envelhecida, tecnologia cervejeira, cubos de madeira.

ABSTRACT

Beer is the most consumed alcoholic beverage in Brazil. Within this production are inserted the special beers and the application of the style Wood Aged with the maturation of beers in wood. It can be stored in the presence of cubes, chips and chips or in barrels. This last variation originated the style Barrel Aged. The difference between the processes is related to the exposure to surface area, which will provide differentiated sensorial and visual characteristics to the drink, such as turbidity and the influence on the drinkability of woody beers. In view of the vast variety of wood species in the *Cerrado*, it is possible to glimpse its application for this purpose. However, the collection of data related to the characterization of several woods for its application is fundamental. For this reason, wood samples from the *Cerrado* were analyzed to insert them into cubes in a sample of pure malt beer. In view of the above, the objective of this work was to characterize the chemical composition of these roasted woods in order to apply them in the maturing stage of the process to produce Wood Aged style beers. For this, it was observed the physical-chemical and sensorial effects on the beverage, which will present higher added value in the market, compared to the standard base beer. Among the analyzes carried out, the wood of *Ipê (Tabebuia)* (28,19%), Balsam (*Myroxylon balsamum*) (16,57%) and Oak (*Quercus spp*) (16,55%) stood out for extractable content, indicating that their application at ripening guaranteed characteristic aromas from degradation of lignin. The base beer used is a Lager beer with 6.60% (v / v) alcohol content, a primitive extract of 16.00°P and 17 EBC staining. Several samples presented higher turbidity, alteration of pH, staining and apparent extract due to the application of wood and microbiological contaminations in the samples. According to the results, the maturation in cubes is effective for application in beer aging, mainly influencing the organoleptic and visual analysis. Based on the market analysis, this process provides greater added value to the product, reduces production costs, increases the efficiency and productivity of brewing processes producing beers with unique sensorial characteristics.

Keywords: Beer, wood, aged beer, brewing technology, wooden cubes.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1. Relação dos principais consumidores de cerveja no mundo, em milhões de litros.....	17
Figura 2. Produção de cervejas no Brasil, 2009-2013 (em milhões de litros).....	18
Figura 3. Processo de fabricação da cerveja artesanal.....	19
Figura 4. Balanço de massa do processo de produção da amostra branco (BR).....	37

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Madeiras caracterizadas com seus respectivos tratamentos.....	23
Tabela 2 – Químicas realizadas nas amostras das madeiras.....	31
Tabela 3 – Valores de perdas sólidas da cerveja base (BR) durante a filtração.....	35
Tabela 4 – Valores de perdas líquidas de cerveja base (BR) durante a filtração.....	36
Tabela 5 – Valores de perdas sólidas de cerveja base (BR) durante a fervura.....	36
Tabela 6 – Relação de madeiras inseridas na cerveja e amostra branco.....	38
Tabela 7 – Análise microbiológica das cervejas analisadas.....	39
Tabela 8 – Densidade relativa das amostras de cerveja realizada pelo equipamento <i>Beer Analyzer</i>	40
Tabela 9 – Relação do teor alcoólico das amostras de cerveja.....	41
Tabela 10 – Relação de extrato aparente das amostras de cerveja.....	41
Tabela 11 – Relação de pH das amostras de cerveja.....	42
Tabela 12 – Relação de acidez total das amostras de cerveja.....	43
Tabela 13 – Relação de cor das amostras de cerveja.....	43
Tabela 14 – Relação de turbidez das amostras de cerveja.....	44
Tabela 15 – Classificação das amostras quanto à legislação brasileira.....	45

LISTA DE SIGLAS E ABREVIações

MAPA	Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
BNDES	Banco Nacional do Desenvolvimento
BJCP	<i>Beer Judge Certification Program</i> (Programa de certificação de juizes de cerveja)
<i>Trub</i>	Camada de sedimentos
PIB	Produto Interno Bruto
°C	Graus Celsius
g	Gramas
kg	Quilograma
L	Litro
Min	Minuto
pH	Potencial hidrogeniônico
nm	Nanômetro
NTU	Unidade Nefelométrica de Turbidez
EBC	<i>European Brewery Convention</i> (Convenção europeia de cervejas)
BR	Cerveja base, amostra branco (puro malte) maturada sem madeira
AM	Cerveja maturada em cubos de madeira de Amburana
CS	Cerveja maturada em cubos de madeira de Castanheira
JE	Cerveja maturada em cubos de madeira de Jequitibá
BA	Cerveja maturada em cubos de madeira de Bálamo
CA	Cerveja maturada em cubos de madeira de Carvalho

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS

RESUMO

ABSTRACT

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

LISTA DE TABELAS

LISTA DE SIGLAS E ABREVIÇÕES

1. INTRODUÇÃO	13
2. REVISÃO DA LITERATURA	
2.1. Definição de cerveja	15
2.2. Cenário da cerveja no Brasil.....	16
2.3. Maturação em madeira de bebidas.....	19
2.4. Maturação em madeira de cervejas.....	21
3. OBJETIVOS	
3.1. Gerais.....	22
3.2. Específicos.....	22
4. MATERIAIS E MÉTODOS	
4.1. Análises das Madeiras	
4.1.1. Origem das Madeiras.....	23
4.1.2. Teor de Extrativos.....	23
4.1.3. Teor de Cinzas sem extrativos.....	24
4.1.4. Teor de Lignina.....	24
4.1.5. Teor de Lignina Insolúvel.....	24
4.1.6. Teor de Lignina Solúvel.....	26
4.1.7. Teor de Lignina Total.....	27
4.1.8. Teor de Holocelulose.....	27
4.1.9. Teor de Umidade.....	27
4.2. Balanço de Massa do Processo.....	28
4.3. Análises das Cervejas	
4.3.1. Preparação da Cerveja.....	29

4.3.2. Densidade Relativa.....	29
4.3.3. pH.....	29
4.3.4. Coloração.....	30
4.3.5. Turbidez.....	30
4.3.6. Acidez Total.....	30
4.3.7. Teor alcoólico e Extrato aparente.....	30
4.3.8. Análise Microbiológica.....	30
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	
5.1. Análises das Madeiras	
5.1.1. Teor de Extrativos.....	32
5.1.2. Teor de Cinzas.....	32
5.1.3. Teor de Lignina.....	33
5.1.4. Teor de Holocelulose.....	34
5.1.5. Teor de Umidade.....	34
5.2. Balanço de Massa do Processo	
5.2.1. Perdas na Filtração.....	35
5.2.2. Perdas na Fervura.....	36
5.3. Análises das cervejas	
5.3.1. Análise Microbiológica.....	39
5.3.2. Densidade Relativa.....	40
5.3.3. Teor alcoólico.....	40
5.3.4. Extrato aparente.....	41
5.3.5. pH.....	42
5.3.6. Acidez Total.....	42
5.3.7. Coloração.....	43
5.3.8. Turbidez.....	44
5.3.9. Classificação quanto a legislação.....	45
5.4. Modificações na cerveja.....	46
5.5. Viabilidade.....	46
6. CONCLUSÃO.....	47
7. REFERÊNCIAS.....	49

1. INTRODUÇÃO

A cerveja, com uma produção de 1,3 bilhão de litros por ano, é a bebida alcoólica mais consumida no Brasil e, apesar da sua importância econômica e social, são poucos os estudos científicos envolvendo sua avaliação química e sensorial. No entanto, o comportamento do mercado tem apresentado comportamento diferenciado com o crescimento da produção e consumo de cervejas especiais, uma vez que a preocupação dos produtores/consumidores com a qualidade da bebida tem aumentado exponencialmente. Logo, os insumos utilizados são apreciados por seus aromas e sabores característicos, que podem ser otimizados por meio de armazenamento em recipientes de madeira. (Téo *et al.*, 2008)

A maturação ou envelhecimento é uma das etapas mais importante para o processo de bebidas alcoólicas no geral, pois é nele que a bebida adquire atributos cruciais de aroma e sabor definidos como “redondo”, “liso” e “suave”. (Téo *et al.*, 2008). Quando se emprega uma etapa de envelhecimento/maturação mais prolongado se obtém bebidas com qualidade superior, por isso maior valor agregado.

Segundo alguns guias de estilos como o *Beer Judge Certification Program* (Programa de certificação de juízes de cerveja) (2015) e do *Brewers Association* (associação de cervejeiros) (2015), o processo de envelhecimento de cerveja em madeira é um método tradicional, pouco empregado por grandes cervejarias e mais comumente aplicado a cervejarias de pequeno porte para a produção de cervejas especiais. Em escalas menores, o emprego de barris de carvalho é bastante comum e os estudos com outras madeiras tem se tornado popular para essa tal finalidade. (Eichhorn *et al.*, 2015)

Sabe-se que o Brasil possui grande diversidade florestal abrigoando espécies de árvores cujas madeiras são diversificadas quanto à estrutura e propriedades. (Castro, 2012). Por apresentar essa rica diversidade arbórea, o país apresenta grande potencial de uso de espécies nativas e exóticas para o armazenamento de bebidas, não só para cervejas, mas para as demais bebidas alcoólicas que adotam esse procedimento de guarda (envelhecimento). Assim, o estudo e a caracterização da composição química de madeiras alternativas são fundamentais para avaliar a inserção de madeiras na produção cervejeira, além de abrir novas possibilidades de aplicação nas indústrias de tanoaria e alimentícia, com ênfase nas produtoras de bebidas alcoólicas.

Diante do exposto e, sabendo das espécies de madeiras já utilizadas para a maturação de bebidas, o presente trabalho objetivou avaliar o efeito do envelhecimento de uma cerveja base do tipo *Lager* maturada na presença das seguintes madeiras em cubos: amburana, castanheira, jequitibá, bálsamo e carvalho. Abrindo um leque para novas alternativas na aplicação do envelhecimento, utilizando alguns outros tipos de madeiras, e aproveitando das espécies presentes no Cerrado brasileiro. Posteriormente, foram avaliadas as transformações advindas das características físico-químicas, microbiológicas e sensoriais correspondentes a cada cerveja preparada.

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1. Definição de cerveja

Mundialmente, a definição de cerveja pode variar. No ano de 1516, foi estabelecida a lei de pureza alemã para produção de cerveja “*Deutschen Reinheitsgebot*”. Segundo essa lei, para produzir cerveja é permitido uso apenas de malte (proveniente de grãos de cevada), lúpulo e água. Após um determinado tempo, a lei foi reformulada e adquiriu a levedura como o quarto elemento permitido na produção de cerveja (Kling, 2012).

Segundo a legislação brasileira, por meio do decreto número 6.871, de 4 de junho de 2009, cerveja é a bebida proveniente da fermentação alcoólica do mosto cervejeiro oriundo do malte de cevada e água potável, por ação da levedura, com adição de lúpulo (Brasil, 2013). No artigo 37, trata-se das características de identidade da cerveja. A cor da cerveja deverá ser proveniente de substâncias corantes do malte da cevada a fim de corrigir ou intensificar a cor da cerveja, autorizados pela legislação, com finalidade de padronizar a cor das cervejas. No artigo 38, tem-se a classificação da cerveja quanto a seu extrato primitivo, cor, teor alcoólico, proporção de malte de cevada e quanto à fermentação (Brasil, 2013).

De acordo com a seção III do decreto nº 7.968 – Das bebidas alcoólicas fermentadas, artigo 38, as cervejas são classificadas da seguinte forma:

- I) Quanto ao extrato primitivo onde:
 - a) Cerveja leve, definida como sendo a cerveja cujo extrato primitivo é maior ou igual a 5% em peso e menor que 10,5% em peso, podendo denominar-se cerveja *light*;
 - b) Cerveja ou cerveja comum, definida como sendo a cerveja cujo extrato primitivo é maior ou igual a 10,5% em peso e menor que 12% em peso;
 - c) Cerveja forte, definida como sendo a cerveja cujo extrato primitivo é maior que 12% em peso e menor que 14% em peso; ou
 - d) Cerveja extraforte, definida como sendo a cerveja cujo extrato primitivo é maior que 14% em peso.
- II) Quanto à cor, em:
 - a) Cerveja clara, a que tiver correspondente a menos de 20 unidades EBC (*European Brewery Convention*);

- b) Cerveja escura, a que tiver cor respondente a 20 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 0,5% 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 0,5% em volume, devendo obrigatoriamente constar no rótulo o percentual de álcool em volume.

2.2. Cenário da Cerveja no Brasil

Em 2009, o Brasil conquistou a posição de terceiro maior produtor de cerveja no mundo, atrás apenas da China e Estados Unidos, porém ainda possui dificuldades significativas entre o potencial produtivo/consumidor de cerveja industrial e artesanal. (Sebrae, 2014)

A Figura 1 indica que países com o maior número de habitantes, como China, EUA e Brasil, embora não possuam grande variedade de cervejas como a Alemanha, se mostram os principais consumidores do produto *per capita* e por volume total consumido. O Brasil possui potencial para produção e consumo de cerveja, já que possui clima favorável à produção de grãos e também ao consumo da bebida. Esses incrementos podem refletir em demandas internas significativas. (Sebrae, 2014)

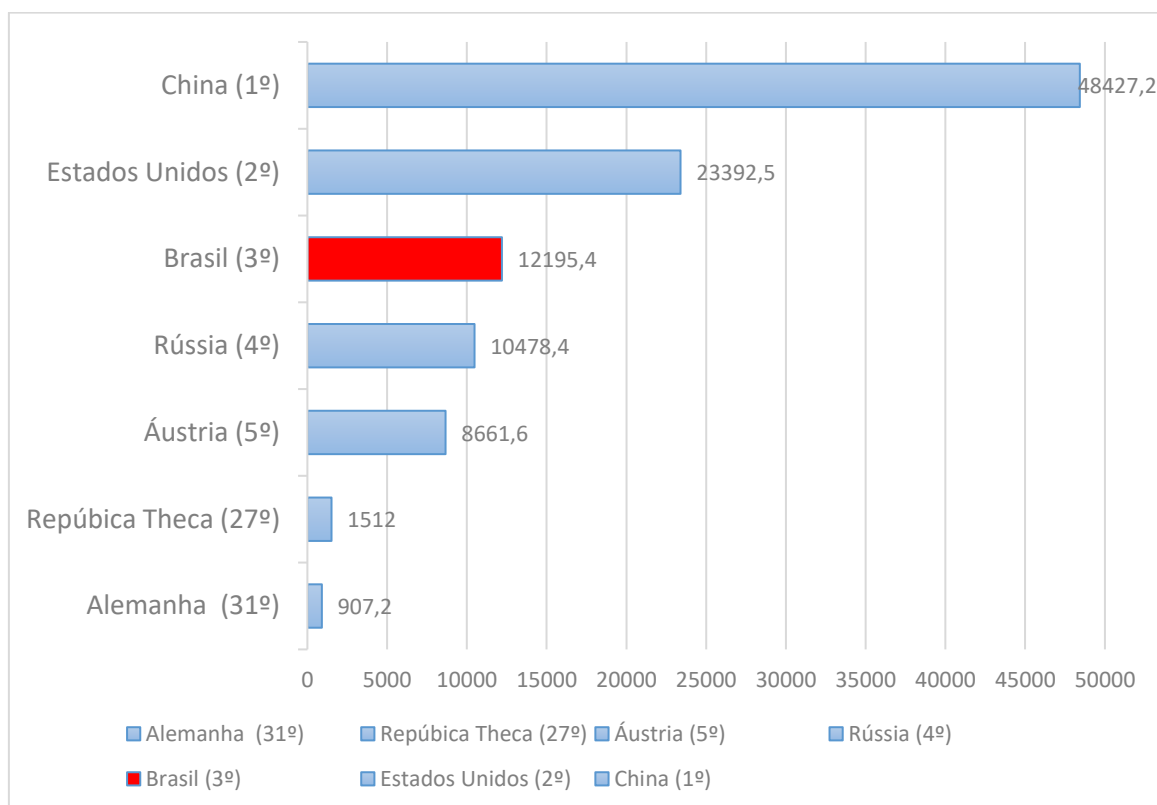


Figura 1. Relação dos principais consumidores de cerveja no mundo, em milhões de litros.
 Fonte:(Sebrae, 2014)

Devido à disponibilidade de espaço para novas ideias, a perspectiva de crescimento das cervejarias cresce com um cenário otimista em conjunto à tecnologia e a dinâmica do setor de bebidas. Segundo o BNDES (Banco Nacional do Desenvolvimento), a quantidade de cerveja produzida até 2013 já ultrapassa a produção de outras bebidas consumidas no país, como refrigerantes, e esta produção tende a aumentar de acordo com o crescimento das cidades brasileiras. A renda e até a utilização de bebidas nos mais variados preparos gastronômicos, mesmo após crises financeiras, tem sido apontado como fator para o aumento do consumo. Este aumento na produção de cerveja pode ser observado em valores na Figura 2.

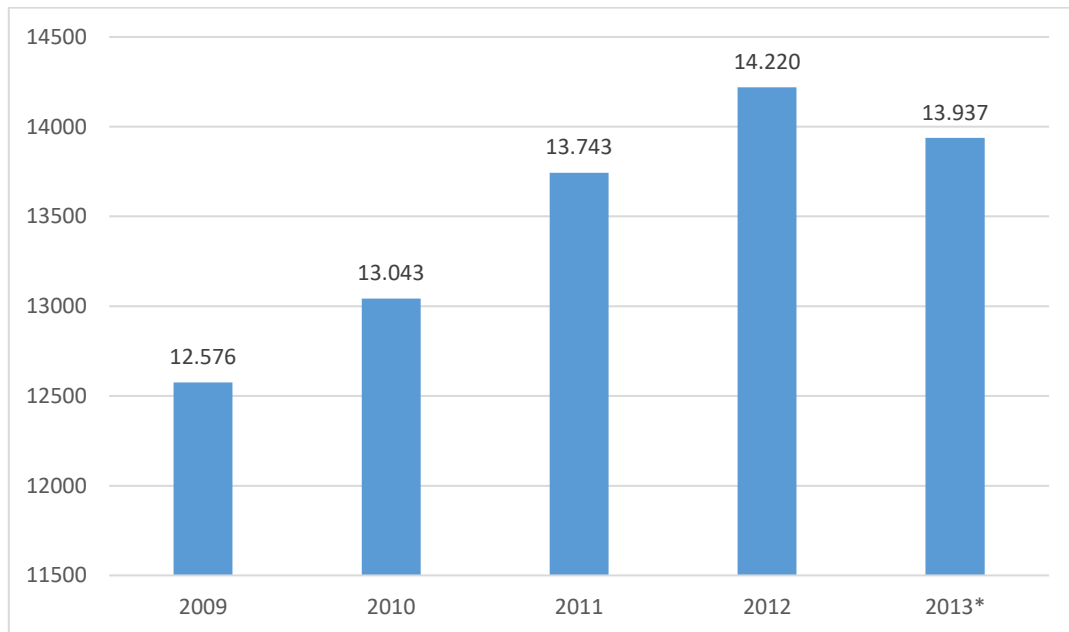


Figura 2. Produção de cervejas no Brasil, 2009-2013 (em milhões de litros). Fonte:(Junior *et al.*, 2014)

As cervejas produzidas em grandes volumes de mesmo tipo são chamadas de “*mainstream*”, as quais são destinadas ao mercado interno, tem como característica a homogeneidade e baixo custo do produto. (Junior *et al.*, 2014) Segundo o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), os brasileiros têm alavancado o consumo interno de alimentos de maior valor agregado como carnes, derivados do leite e bebidas como vinho e cerveja.(Sebrae, 2014) O crescimento da renda acarreta mudanças de hábitos de consumo e reflete-se na busca por diferenciação via aquisição de produtos mais sofisticados levando a um aumento da procura por produtos importados ou com maior valor agregado. (Junior *et al.*, 2014)

Embora existam variações de tipos, aromas e sabores entre as cervejas fabricadas pelas grandes indústrias e por micro cervejarias, o processo de fabricação é o mesmo. Logo, descrevendo de forma genérica o processo, pode-se sintetizá-lo em oito etapas: moagem; mostura; clarificação; fervura; resfriamento; fermentação; maturação e envase como podem ser vistos na Figura 3.

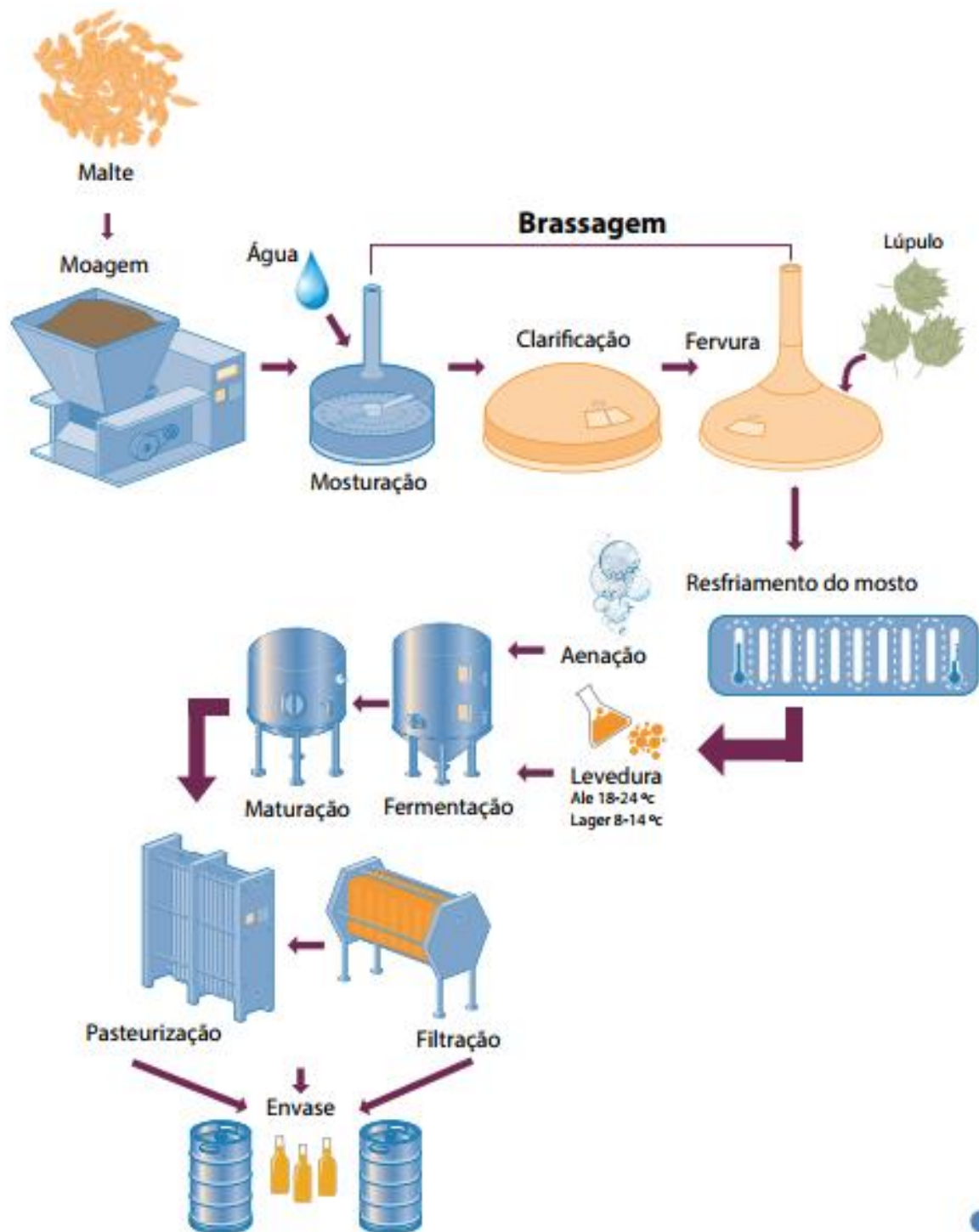


Figura 3. Processo de fabricação da cerveja artesanal. Fonte: (Ghesti *et al.*, 2017)

2.3. Maturação de bebidas em madeira

O processo de envelhecimento de bebidas é um sistema complexo que envolve numerosas reações fundamentadas pela extração de moléculas da madeira e as interações com o líquido. (Conner *et al.*, 1989)

A maturação de bebidas destiladas é o principal fator para a sua caracterização, pois aproximadamente 60% dos compostos aromáticos presentes na bebida são oriundos da madeira ou da interação da mesma com o destilado, sendo o restante proveniente da matéria-prima e da fermentação. (Conner *et al.*, 2003) A bebida recém destilada apresenta características sensoriais intensas e forte sabor alcoólico, atributos que podem ser atenuados pelo envelhecimento. Há inúmeras interações físico-químicas entre a madeira e a bebida, as quais ocorrem diversos fenômenos de migração de constituintes não voláteis e voláteis. A evolução dos componentes fenólicos, a oxidação da bebida, a estabilização da cor, do sabor e o surgimento do caráter amadeirado, contribuem para a riqueza e a complexidade dos compostos aromáticos e, conseqüentemente, resulta em um maior valor agregado às bebidas destiladas. (Bortoletto, 2013) (Dias, 1998)

A principal contribuição da madeira para bebidas está relacionada com a extração de compostos durante o envelhecimento e a interação desses compostos com os originais da bebida em questão. O perfil aromático decorrente dos extratíveis depende de diversos fatores, sendo os principais deles, o gênero e a espécie da madeira. Ainda, em todos os casos, durante o processo de envelhecimento, pode ocorrer inúmeras reações químicas, especialmente pela extração direta dos componentes da madeira, degradação dos componentes químicos da parede celular e as reações entre os componentes da madeira e do destilado. (Téo *et al.*, 2008)

Outros fatores estão relacionados com a diferente forma de tratamento da madeira praticado pelas tanoarias, tais como: corte, maturação e tratamento térmico. Soma-se a isso o tempo de envelhecimento e as condições de armazenamento, sendo que todos estes parâmetros influenciam na qualidade química e organoléptica do produto final. (Conner *et al.*, 2003). Para os destilados, muitas transformações químicas estão relacionadas ao processo de maturação e envelhecimento, tais como: a formação de aldeídos a partir da oxidação de álcoois, a formação de ácidos a partir da oxidação de aldeídos, a degradação da lignina formando aldeídos aromáticos e as reações de esterificação entre ácidos e álcoois formando ésteres. A complexa presença desses compostos é responsável pela caracterização de uma bebida envelhecida (Bortoletto, 2013).

As bebidas mais comuns tratando-se de envelhecimento em madeira, são o *whisky*, vinho, cachaça, cerveja e aguardente de cana. Todas realizadas por meio de maturação em barril de madeira, sendo o carvalho a principal madeira. Especialmente para cervejas,

o produto final adquire valor muito superior ao inicial de origem (cerveja base), já foi observado aumento de até 50 vezes ao preço inicial.

2.4. Maturação de cervejas em madeira

A tradição de maturação da cerveja em madeira começou na Bélgica, há cerca de 200 anos. Onde o envelhecimento da bebida era realizado em caldeirões de carvalho sem tampa para estimular a fermentação *in natura* (Angeloni, 2015).

A madeira é o lar de dezenas microrganismos, especialmente as leveduras selvagens, que estimulam a fermentação de açúcares residuais, produzindo cervejas com sabores amadeirados e com cores características. A composição da madeira é responsável por tais características sensoriais devido sua interação com a bebida (Angeloni, 2015).

A expansão de microcervejarias no Brasil, produzindo cervejas diferenciadas e de alta qualidade, exploram uma diversidade de sabores e aromas que atendem a um número crescente de consumidores. As cervejas especiais têm ganhado cada vez mais popularidade. Dentre elas, as envelhecidas em madeira já comercializadas e produzidas nacionalmente, são maturadas em carvalho a exemplo dos estilos *Wood and Barrel Aged Beer* – cervejas envelhecidas em barril de madeira e as *European Sour Ale*, as quais são cervejas Ale ácidas que, além da influência da madeira, permitem a interação com outros microrganismos como bactérias lácticas, acéticas e interações com a levedura (Angeloni, 2015; Association, 2015).

3. OBJETIVOS

3.1 Gerais

O objetivo desse trabalho visa a caracterização da composição química de diversas madeiras tostadas afim de aplicar no processo de maturação da cerveja e assim observar os efeitos físico-químicos e sensoriais sobre a bebida de forma a aumentar o valor agregado.

3.2 Específicos

- Balanço de massa da produção de cerveja base do tipo *Lager*.
- Caracterização de diferentes amostras de madeira do Cerrado e outras já utilizadas pelo mercado.
- Avaliação de cervejas produzidas utilizando amostras de madeira provenientes do Cerrado por meio de análises físico-químicas (densidade, pH, cor, acidez total, teor alcoólico, turbidez e extrato aparente) e microbiológicas.
- Estudo da viabilidade do uso de cubos para aplicação na bebida.
- Classificação conforme a legislação vigente.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1. Análises das Madeiras

4.1.1. Origem das Madeiras

As madeiras utilizadas para as análises são provenientes do Bioma Cerrado e foram fornecidas pela empresa Dornas Havana.

Inicialmente, foram utilizadas 12 amostras de madeira, em cubos, em diferentes temperaturas e tempos de tosta, são elas (Tabela 1):

Tabela 1 – Madeiras caracterizadas com seus respectivos tratamentos

Número	Madeira (Nome comum)	Madeira (Nome científico)	Tosta (°C)	Tosta (min)
1	Castanheira	<i>Bertholletia excelsa</i>	190	40
2	Jequitibá	<i>Cariniana</i> sp	190	40
3	Eucalipto	<i>Eucalyptus</i>	190	40
4	Bálsamo	<i>Myroxylon balsamum</i>	190	40
5	Carvalho	<i>Quercus</i> spp	190	40
6	Carvalho Reciclado	<i>Quercus</i> spp	190	40
7	Ipê	<i>Tabebuia</i>	190	40
8	Amburana	<i>Amburana Cearensis</i>	190	40
9	Cumarú	<i>Dipteryx odorata</i>	190	40
10	Castanheira	<i>Bertholletia excelsa</i>	180	180
11	Amburana	<i>Amburana cearensis</i>	180	180
12	Carvalho Americano	<i>Quercus coccinea</i>	190	40

4.1.2. Teor de Extrativos

A metodologia utilizada para a extração de extrativos seguiu as diretrizes TAPPI 204 om-8845 da Associação Técnica da Indústria de Celulose e Papel, com adaptações, consistindo nas seguintes etapas:

Secou-se três balões de fundo redondo em um circulador de ar (marca TECNAL, modelo TE-394-1) a 115 °C por duas horas e esfriou-se os mesmos em dessecador, logo após dosou-se a massa desses balões em uma balança (marca Metter e modelo AE 160)

e assim a massa de cada um foi anotada. Adicionou-se ao balão uma alíquota de 210 mL de solvente (tolueno: etanol) (1:2; v/v). Em um casulo de celulose foram pesados 2 g de madeira com granulometria na faixa de 60-100 mesh e inserido respectivamente na coluna de extração do *Soxhlet*.

A extração foi realizada em um tempo médio de 6 horas e o balão foi seco na estufa (marca Marconi e modelo MA 037), por um período de 2 horas à 115 °C. O cálculo do teor de extrativos em etanol: tolueno (m/m) foi realizado utilizando-se a seguinte Eq. 1:

$$TE = \frac{m_2 - m_1}{m} \cdot 100 \quad [\text{Eq. 1}]$$

Onde,

TE = teor de extrativos em percentual (%);

m = massa da amostra descontada a umidade;

m₁ = massa do balão de extração;

m₂ = massa do balão de extração + extratos após secagem a 115°C em estufa por 2 horas.

4.1.3. Teor de Cinzas sem extrativos

O teor de cinzas foi obtido partindo de 1g de amostra seca com granulometria menor que 60 mesh. O ensaio consistiu em colocar as amostras em cadinhos de porcelana de massa conhecida e, em seguida, os mesmos foram colocados em uma mufla, marca FORNITEC, previamente aquecida a 700 °C. Os cadinhos permaneceram no interior da mufla até a calcinação total do material, por um tempo de 5 horas. Após a calcinação os cadinhos foram retirados da mufla e colocados em um dessecador para o total resfriamento. Em seguida, as massas dos cadinhos com as respectivas cinzas foram anotadas para o cálculo do teor de cinzas, conforme a Eq. 2:

$$CZ = \frac{(m_1 - m_0)}{m} \cdot 100 \quad [\text{Eq. 2}]$$

Onde,

CZ= Teor de cinzas , em %;

m₀ = massa do cadinho, em g;

m₁ = massa do cadinho + resíduo, em g;

m = massa da amostra, em g.

4.1.4. Teor de Lignina

Para realizar as análises de isolamento da lignina ácida, as amostras de madeira foram trituradas e submetidas à remoção dos extrativos com solução de 1:2 (etanol: tolueno). As etapas foram realizadas conforme a norma TAPP 204 om-88 (*Solvent extratives of Wood and pulp*).

Na determinação dos teores de lignina solúvel e insolúvel foram adotados os seguintes procedimentos laboratoriais: LAP #003 (Templeton e Ehrman, 1995) e LAP #004 (Templeton e Ehrman, 1995), respectivamente.

4.1.5. Teor de Lignina Insolúvel

Os procedimentos adotados nesta análise seguem o protocolo determinado pela LAP #003 (Templeton e Ehrman, 1995).

Foram pesadas amostras de cada madeira, aproximadamente 300mg, diretamente em tubos de ensaio identificados. Em cada tubo de ensaio, foram adicionados 3 ml de solução de ácido sulfúrico (H_2SO_4), 72% v/v. Posteriormente, os tubos de ensaio foram colocados em banho-maria a 30 °C, durante 2 horas, onde a cada 15 minutos foi realizado agitação. Após 2 horas, a mistura de cada tubo de ensaio foi retirada e repassada para frascos de vidro devidamente identificados. Adicionou-se 84 ml de água deionizada em cada frasco, logo cada frasco ficou com uma solução a 4% (p/p) de ácido. Em seguida, todos os frascos foram tampados com rolhas de borracha e lacrados com anel de alumínio para serem colocados em autoclave, por 1 hora a 121 °C. Após a autoclavagem, os frascos foram resfriados à temperatura ambiente sobre a bancada para total resfriamento das amostras.

Após resfriamento, os frascos de vidro foram abertos e devidamente filtrados em cadinhos de placa porosa. A solução líquida que passou em cada cadinho foi recolhida em kitassatos distintos. A lignina insolúvel que ficou retida no cadinho foi lavada com água deionizada quente, e posteriormente todas as amostras com o cadinho foram levadas a um circulador de ar (marca TECNAL, modelo TE-394-1) por 4 horas de secagem. Foi feita a primeira pesagem da amostra após 2 horas de secagem e depois outras duas pesagens no decorrer do tempo, sendo a segunda ocorreu após 3 horas e a terceira após as 4 horas de secagem.

Para o cálculo do teor de lignina insolúvel, foi utilizada a Eq. 3:

$$L_{insolúvel} = \frac{m_2 - m_1}{m} \cdot 100 \quad [\text{Eq. 3}]$$

Onde,

$L_{insolúvel}$ = Teor de lignina insolúvel em percentual (%);

m = massa da amostra descontada da umidade;

m_1 = massa do cadinho filtrante;

m_2 = massa do cadinho filtrante + lignina insolúvel descontada as cinzas livre de extrativos.

4.1.6. Teor de Lignina Solúvel

A metodologia adotada para esta análise segue o protocolo LAP #004 (Templeton e Ehrman, 1995).

Inicialmente, preparou-se uma solução de ácido sulfúrico (H_2SO_4) 4% (p/p) medindo-se 3 ml de H_2SO_4 a 72% (p/p) e diluindo em 84 ml de água deionizada. Essa solução foi utilizada para o preparo da amostra branco que foi utilizada no espectrofotômetro de UV-Vis, medindo-se 1 ml de H_2SO_4 a 4% e diluindo este volume em água deionizada até completar 10 ml em um balão volumétrico, separado e identificado.

O filtrado de cada kitassato, que foi obtido na etapa de filtração após a autoclavagem dos materiais, no teor de lignina insolúvel, foi recolhido, e cada um deles foi retirado uma alíquota de 1 mL e diluído com água deionizada até completar 10 ml em um balão volumétrico. O espectrofotômetro de UV-VIS (marca FEMTO e modelo 700 Plus), foi ligado e regulado para o comprimento de onda 205 nm. A amostra do branco foi colocada em cubeta referência para calibração do equipamento, a leitura da absorbância do branco foi de 0,000.

As alíquotas das amostras foram colocadas em cubetas distintas, todas devidamente diluídas, e, em seguida foram realizadas as leituras das absorbâncias das amostras.

A equação para a obtenção do teor de lignina solúvel é representada pela Eq. 4:

$$L_{solúvel} = \frac{A \cdot F \cdot 87}{110 \cdot \frac{1000}{m}} \cdot 100 \quad [\text{Eq. 4}]$$

Onde,

$L_{solúvel}$ = Teor de lignina solúvel em percentual (%);

m = Massa da amostra descontada a unidade;

A = absorbância lida no espectrofotômetro;

F = Fator de diluição (para a madeira $F=10$)

4.1.7. Teor de Lignina Total

O teor de lignina total é um somatório entre o teor de lignina insolúvel e solúvel, e deve ser calculado pela Eq. 5:

$$Li_{total} = Li_{insolúvel} + Li_{solúvel} \quad [\text{Eq. 5}]$$

Onde,

Li_{total} = Lignina total;

$Li_{insolúvel}$ = Lignina insolúvel;

$Li_{solúvel}$ = Lignina solúvel.

4.1.8. Teor de Holocelulose

O teor de holocelulose sem extrativos foi calculado por diferença, onde se subtrai de 100% os teores de lignina total e o teor de cinzas, utilizando a Eq. 6:

$$TH = 100\% - Li_{total} - CZ \quad [\text{Eq. 6}]$$

Onde,

TH = Teor de holocelulose em percentual (%);

CZ = Teor de cinzas em percentual (%);

Li_{total} = Lignina total;

4.1.9. Teor de Umidade

O teor de umidade foi obtido partindo de 1 g de amostra de madeira moída com granulometria menor que 60 mesh. O ensaio consistiu em colocar as amostras em placas de petri, de massa conhecida, e pesá-las previamente desconsiderando o valor da placa de petri. Em seguida, levar as amostras à um circulador de ar (marca TECNAL, modelo TE-394-1) com circulação e renovação de ar modelo 035, a 105 °C. As amostras permaneceram na estufa até a massa constante. Após tal período, as amostras foram retiradas da estufa, resfriadas em dessecador e após total resfriamento, a massa das amostras já sem umidade foi anotada para o cálculo do teor de umidade, conforme Equação 7.

$$TU = \frac{(m_0 - m_1)}{m_0} \times 100\% \quad [\text{Eq. 7}]$$

Onde,

TU = Teor de umidade em percentual (%);

m_0 = massa inicial da amostra, em g;

m_1 = massa final da amostra, em g.

4.2. Balanço de Massa do Processo

O balanço de massa foi realizado, identificando as operações unitárias e as transferências de massa entre os reatores e fermentadores. Para calcular as perdas durante os processos, são necessários os valores de umidade do bagaço, medidos de acordo com o método *Brewer's Grains – 3* (ASBC, 2011).

Perdas por filtração:

Como nem todo o sólido é solubilizado, há uma perda sólida. Essa perda é esperada e desejada, pois ela é o meio filtrante do processo, Eq. 8.

Perdas sólidas:

$$P_s = \frac{B \cdot S \cdot 100}{m_{\text{cereais}}} = \frac{B \cdot (1 - U_{\text{bagaço}}) \cdot 100}{m_{\text{cereais}} (1 - U_{\text{cereais}})} \quad [\text{Eq. 8}]$$

Onde:

P_s = Perda sólida, em porcentagem;

B = massa de bagaço, em kg;

S = massa de cereais seca do bagaço, em porcentagem;

$U_{\text{bagaço}}$ = teor de umidade do bagaço, em porcentagem;

M_{cereais} = massa de cereais, em kg;

U_{cereais} = umidade de grãos secos.

Perdas líquidas:

O bagaço absorve água durante o processo de mosturação ocasionando em uma perda líquida juntamente com o descarte de bagaço (sólidos não solubilizados na mostura). A Eq. 9 mostra o cálculo de perda líquida.

$$P_L = \frac{[B \cdot (U_{\text{bagaço}} - U_{\text{cereais secos}})]}{V_e} \cdot 100 \quad [\text{Eq. 9}]$$

Onde:

P_L = perda líquida;

B = massa do bagaço, em kg;

V_e = massa de água de entrada, em kg.

Perdas na fervura:

Durante a fervura há a perda de massa por evaporação e pelo trub, onde concentram-se os complexos proteína-polifenóis insolúveis e outras substâncias removidas pelo *whirlpool*.

4.3. Análises da cerveja

4.3.1. Preparação da Cerveja

A cerveja puro malte (branco) foi preparada pela planta piloto do LabCCERva do Instituto de Química da Universidade de Brasília. Foi utilizado 65 kg de Malte tipo Pilsen da Maltaria Agrária, 100g de Lúpulo Magnum (lúpulo de amargor), 150g de Lúpulo Saaz (lúpulo de aroma) e levedura SafBrew Ale (DCL/Ferments #S-33) com 120 L de água inicial e 164,91 L de água de lavagem. Logo em seguida, a cerveja foi fermentada a 12°C a 7 dias e maturada a 0°C na presença de 3g/L de madeira por 90 dias.

4.3.2. Densidade Relativa

A densidade relativa foi realizada de acordo com o Ministério da Agricultura. Portaria nº 76 de 26 de novembro de 1986 que dispõe sobre os métodos analíticos de bebidas e vinagre que tem como base a *Association of Official Analytical Chemists-AOAC International official methods of analysis*. 17. ed. 2000.

4.3.3. pH

A análise de pH foi determinada por meio de pHMetro, conforme Método EBC 9.42.

4.3.4. Coloração

A análise de cor foi determinada por meio de absorvância de luz medida a 430 nm conforme Método EBC 9.6.

4.3.5. Turbidez

A turbidez, das amostras de cerveja, foi analisada em turbidímetro (marca: ALFAKIT, número de série: E008443), sendo os valores estipulados em unidades nefelométricas de turbidez (NTU).

4.3.6. Acidez Total

A análise de acidez foi realizada de acordo com o Ministério da Agricultura. Portaria nº 76 de 26 de novembro de 1986. Dispõe sobre os métodos analíticos de bebidas e vinagre a qual segue as recomendações *da Association of Official Analytical Chemists-AOAC Internactional official methodes of analysis. 17. ed. 2000.*

4.3.7. Teor alcoólico e Extrato aparente

Para determinação do teor alcoólico utilizou-se o sistema de medição modular para análise de cerveja PBA-B Geração M-Altoon Paar, acoplado ao Alcoalyzer Plus Beer e ao medidor de densidade (DMA 5000 M), localizado na sede da Polícia Civil do Distrito Federal.

4.3.8. Análise Microbiológica

As análises microbiológicas das amostras de cerveja foram realizadas pela empresa Artisan Leveduras para a quantificação de colônias e determinação de microrganismos, especialmente as bactérias heterotróficas, acéticas, lácticas e leveduras.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Análise das madeiras

O mecanismo de maturação de bebidas alcoólicas em madeira baseia-se nas trocas entre seus compostos e a bebida, sendo que a degradação dos constituintes da madeira somado aos compostos formados durante a fermentação definirão as características sensoriais da bebida. (Angeloni, 2015)

O perfil aromático depende de diversos fatores, principalmente a espécie vegetal empregada. Outros fatores estão relacionados com as práticas realizadas pelas tanoarias (corte da madeira, maturação e tratamento térmico interno), tempo de envelhecimento e condições de armazenamento que também influenciarão a qualidade química da madeira. (Angeloni, 2015).

A Tabela 2 aborda as análises químicas das 13 amostras de madeira utilizadas, relacionando o conteúdo de extrativos, cinzas, lignina, holocelulose e umidade.

Tabela 2- Análises Químicas realizadas nas amostras das madeiras.

Amostra	Extrativos (%)	Cinzas (%)	Lignina (%)	Holocelulose (%)	Umidade (%)
Castanheira	7,60	0,41	37,05	62,54	4,37
Jequitibá	7,71	0,62	43,12	56,26	5,24
Eucalipto	13,03	0,34	52,63	42,87	4,50
Bálsamo	16,57	0,75	44,32	54,93	5,20
Carvalho	16,55	0,14	40,39	59,53	5,50
Carvalho Reciclado	6,26	0,15	42,67	57,18	5,18
Ipê	28,19	0,14	46,89	52,97	5,33
Amburana	7,05	0,15	43,78	56,07	5,12
Cumarú	15,88	0,48	47,01	52,51	5,84
Castanheira	7,95	0,25	50,14	49,62	4,34
Amburana*	12,33	0,84	51,93	47,23	4,56
Carvalho Americano	16,49	0,51	48,90	50,59	4,86

*Amburana com tosta de 180 °C a 180 min. **Castanheira com tosta de 180 °C a 180 min.

Espera-se que as madeiras com maior teor de extrativos impactem significativamente na análise sensorial, nas características físico-químicas e organolépticas da cerveja. Angeloni (2015) por meio de análises com madeiras de carvalho, também relatou isso em seu trabalho, citando que a influência da madeira está relacionada com o tempo de armazenamento e a intensidade das reações químicas ocorridas entre a mesma e a bebida. As demais análises como teor de umidade, lignina, holocelulose e cinzas, possuem sua parte em influência e agregam ainda mais valores e sabores especiais às cervejas.

5.1.1. Teor de Extrativos

Os extrativos são compostos por terpenos, fenólicos aromáticos, álcoois, ácidos alifáticos e algumas substâncias inorgânicas. Ou seja, são os responsáveis pela cor, odor e durabilidade da madeira, podendo garantir os aromas cítricos, florais e tostados à cerveja e que são provindos da degradação térmica da lignina através da tosta. (Bortoletto, 2013)

De acordo com a Tabela 5, os que apresentaram maior quantidade de extrativos foram as amostras de Bálsamo (16,57%), Carvalho (16,55%) e Ipê (28,19%), indicando que é de se esperar mudança no perfil sensorial, o que pode induzir a escolha da madeira para a produção já que aumentam a quantidade de compostos voláteis e provocam intensificação da cor e da quantidade de ácidos orgânicos de cadeias curtas, o que agrega valor estético à cerveja. (Angeloni, 2015)

É de se esperar que as amostras de Bálsamo e Carvalho obtenham mais alterações quanto à cor já que, das amostras aplicadas à cerveja, foram as com maior teor de extrativos da madeira.

5.1.2. Teor de cinzas

O teor de cinzas representa a porcentagem de matéria inorgânica presente, como cálcio, magnésio e zinco, que são essenciais para o funcionamento de certas enzimas para a levedura e processos de fermentação.

Como há sais inorgânicos solúveis em solução alcoólica, eles podem impactar na atividade da levedura, positivamente ou negativamente. Em função disso, a madeira foi adicionada após o processo fermentativo para que não implicasse em suas atividades metabólicas. (Ghesti, 2017)

Logo, a maior preocupação com o teor de cinzas está relacionada à estabilidade coloidal da cerveja (turvação) e alterações organolépticas. Sabe-se que a presença de íons de metálicos (especialmente os íons de cálcio) proporciona maior aglutinação de proteínas e, conseqüentemente, maior sedimentação e corpo de fundo a garrafa. Além disso, valores de concentração de íons de Mg e Zn superiores aos limiares de percepção, agregam a cerveja *off-flavours* caracterizados como gosto metálico ao produto final (Ghestil, 2017).

As amostras de Bálsamo (0,75%), Amburana (0,84%) e Jequitibá (0,62%) apresentaram maior porcentagem de cinzas, o que indica que há maior quantidade de matéria inorgânica, logo são as amostras que estão mais propensas a apresentar maior turvação e alteração de paladar.

5.1.3. Teor de Lignina

Com o tratamento térmico das madeiras, os açúcares de baixo peso molecular como a glicose, xilose, manose etc, dão origem a produtos de degradação que conferem à bebida notas caramelizadas, segundo Angeloni (2015) e Freitas (2006).

Os aldeídos fenólicos, derivados da lignina, acrescentam à cerveja sabores semelhantes ao de baunilha, proveniente da valina, ao cravo com o eugenol e o aroma defumado e especiarias do guaiacol. Esses sabores são provenientes da degradação térmica da lignina através da tosta. Após esse processo, os compostos de menor peso molecular serão solubilizados e contabilizados por meio da análise de extrativos. (Angeloni, 2015)

As amostras que apresentaram maior porcentagem de lignina são o Eucalipto (52,63%), Amburana (51,93%) e Castanheira (50,14%), logo seriam as mais indicadas para cervejas, pois o impacto sensorial tende a ser mais relevante devido à quantidade de compostos extraídos da lignina. (Angeloni, 2015). Entretanto, essa correlação não refletiu em um maior teor de extrativos como era esperado.

A amostra de Eucalipto (52,63%) foi realizada uma tosta de menor temperatura que a tosta da Amburana (51,93%) e, apresentou maior porcentagem de extrativos, o que não era esperado já que a tosta intensa é o que proporciona o aumento da degradação e, logo, extração de compostos. (Wiler, 2013). Porém, pode ser justificado pela composição da madeira de Eucalipto e sua resistência, sendo uma das amostras mais duras relatadas pela literatura. Sabe-se que o complexo lignina e celulose é responsável pela rigidez e garantem a estrutura de plantas. Como o Eucalipto apresenta indivíduos arbóreos mais

robustos, foi observado maior conteúdo de lignina e celulose, logo maior quantidade de lignina a ser degradado, conseqüentemente, maior conteúdo de teor de extrativos. (Viana *et al.*, 2017)

5.1.4. Teor de Holocelulose

O termo holocelulose representa a porção de carboidratos da madeira e é composta por polímeros de celulose e hemicelulose. Este teor é utilizado para designar o produto obtido após a remoção da lignina da madeira, onde se deve obter uma perda mínima de polissacarídeos. (Santos, 2008)

As amostras que apresentaram maior teor de holocelulose foram Castanheira (62,54%), Carvalho (59,53%) e Carvalho reciclado (57,18%), logo, essas amostras apresentam menor teor de lignina conforme observado anteriormente.

5.1.5. Teor de Umidade

O teor de umidade calculado é de extrema importância, uma vez que a umidade é etapa obrigatória para se obter produtos de madeira com qualidade superior e a composição química depende do fenômeno de absorção de água. (Angeloni, 2015)

Ao utilizar um barril de madeira para envelhecimento, espera-se que os recipientes atuem como uma membrana semipermeável, permitindo a passagem de vapores de álcool e água, que ocorrem em função das condições de umidade relativa. (Branco de Miranda, 2008). Porém, a aplicação realizada nesse trabalho foi utilizando cubos de madeira inseridas na maturação então, não houve perdas significativas de umidade, uma vez que a superfície de contato da madeira em cubos é maior que a de barris de madeira.

É possível relacionar o teor de umidade observado nas amostras com o teor de extrativos, já que quanto maior a quantidade de componentes voláteis e baixo peso molecular na madeira, menor a permeabilidade e higroscopicidade da amostra.

As amostras que apresentaram maior teor de umidade foram Cumaru (5,84%), Carvalho (5,5 %) e Ipê (5,33%), as quais também apresentaram valores superiores de teor de extrativos como já era esperado. Já a amostra de Castanheira, em ambas as tostas apresentaram menor teor de umidade comparado às demais madeiras. O que é interessante, pois a tosta altera as propriedades da madeira e mesmo assim os valores foram relativamente próximos, 4,34% para a tosta de 190 °C a 40 min e 4,37% para tosta de 180 °C a 180 min. Logo, a constituição da madeira apresenta maior interferência que o tratamento térmico aplicado.

5.2. Balanço de Massa do Processo

Para a produção da cerveja puro malte, cerveja base ou amostra Branco (BR), na realização do balanço de massa, mediu-se o volume e as densidades em todo o processo. Foi constatado que houve maior perda de massa na filtração (eliminação do bagaço) e fervura (eliminação do trub). A Figura 4 mostra as massas em cada etapa do processo, identificando a transferência de massa entre reatores ou fermentadores com setas duplas e adição ou remoção de matéria com seta simples. Como a fermentação e a maturação foram realizadas em mesmo reator, logo foi utilizada uma seta simples. Dessa forma, pode-se calcular as perdas sólidas e líquidas nas etapas citadas.

A produção da obteve 80% de rendimento de líquido. A massa do bagaço úmido foi de 68 kg (separado na filtração), 5 kg de trub quente (separado na fervura) e 271 kg de mosto frio (direcionado para a etapa de fermentação). Os teores de umidade do bagaço e os de grãos secos foram utilizados de acordo com o padrão comum utilizado, 80% e 5%, respectivamente.

5.2.1. Perdas na Filtração

Para calcular a eficiência da etapa de filtração, calculou-se a perda sólida e líquida no processo, conforme descrito nas Eq. 8 e 9 e pode ser verificado nas Tabelas 3 e 4. O processo de filtração possui uma perda sólida, que é referente ao bagaço de cereais úmidos, resultantes do processo de filtração.

Tabela 3 – Valores de perdas sólidas da cerveja base (BR) durante a filtração

Amostra	Massa de bagaço (kg)	Umidade do bagaço (%)	Massa de cereais(kg)	Umidade dos cereais secos (%)	Perda sólida (%)
Branco	68	80	65	5	22,02

Tabela 4 – Valores de perdas líquidas da cerveja base (BR) durante a filtração.

Amostra	Massa de bagaço (kg)	Umidade do bagaço (%)	Massa de água de entrada(kg)	Umidade dos cereais secos (%)	Perda líquida (%)
Branco	68	80	120	5	42,5

Quanto menor a perda sólida da amostra, melhor e mais eficiente foi o processo de malteação e de mosturação pois promove uma maior solubilização de compostos, proporcionando um volume maior de cerveja produzida no final do processo.

5.2.2. Perdas na Fervura

A partir das Eq. 8 e 9, calculou-se as perdas de massa durante a etapa de fervura, conforme dados coletados e apresentados na Tabela 5.

Tabela 5 – Valores de perdas sólidas da cerveja base (BR) durante a fervura.

Amostra	Massa de trub (kg)	Massa de água evaporada (kg)	Massa de água de entrada (kg)	Perda sólida (%)
Branco	3,16	4,11	164,91	9,09

Após a etapa de fervura foram obtidos 3,16 kg de massa de trub, 4,11 kg de água evaporada e 164,91kg de massa de água de entrada total do processo, resultando numa perda sólida de 21,71%. Logo, o processo decorreu conforme previsto e já reportado exhaustivamente na literatura. (Kunze, 2004)

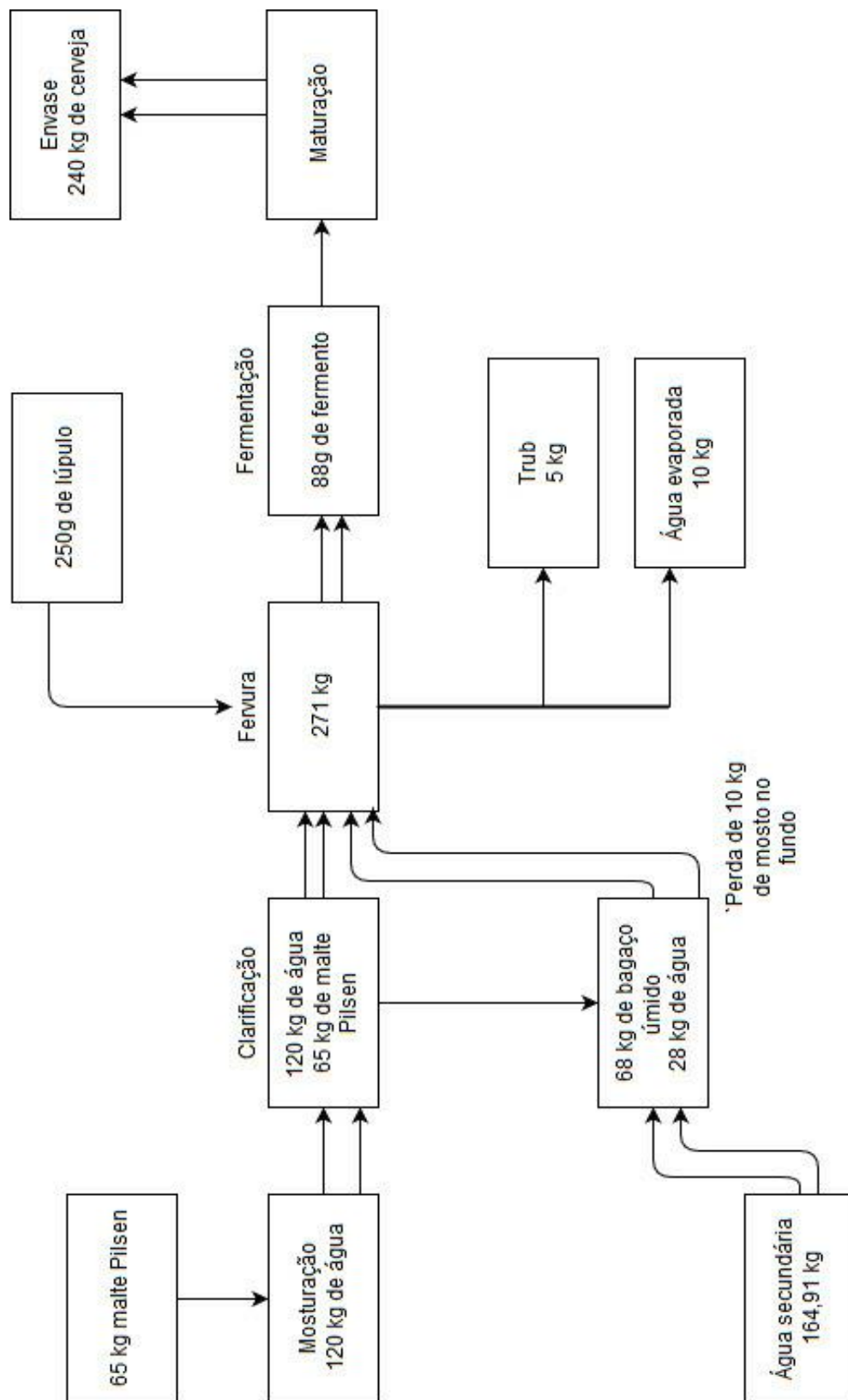


Figura 4. Fluxograma do balanço de massa da produção da cerveja base (BR).

Legenda: seta simples = entrada ou saída de massa, seta dupla = transferência de massa externa.

5.3. Análise das Cervejas

Uma amostra sem a adição de madeira (BR), além de apresentar padrão diferente, de uma amostra amadeirada, na análise sensorial, mantém as características associadas ao estilo de cerveja produzido (*Lager*). É de se esperar que uma amostra sem a adição de madeira, possua pH numa faixa de 4-4,5, um teor de extrato baixo devido ao teor alcoólico variando entre médio e alto.

Já uma amostra amadeirada, no processo de metabolização os açúcares residuais da cerveja, permitem uma fermentação de menor intensidade durante a maturação, de modo que a cerveja adquira uma acidez característica e, claro, aumento de cor e *flavours* característicos de madeira. Pode apresentar valores um pouco mais baixos de pH, devido às interações químicas da bebida com a madeira e, também, valores diferentes nas análises físico-químicas por conta do aumento da concentração que envolve o tempo de contato da bebida com a madeira.

Para as análises das cervejas, apenas 5 madeiras foram selecionadas para aplicação na etapa de maturação, conforme Tabela 6. Foram escolhidas de acordo com os dados apresentados na análise, sendo as mais citadas e com melhores características para aplicação em cerveja.

Tabela 6 – Relação de madeiras inseridas na cerveja e amostra branco.

Número	Madeira	Madeira (nome científico)	Tosta (°C)	Tosta (min)
1	Castanheira	<i>Bertholletia Excelsa</i>	190	40
2	Jequitibá	<i>Cariniana sp</i>	190	40
3	Bálsamo	<i>Myroxylon balsamum</i>	190	40
4	Carvalho	<i>Quercus spp</i>	190	40
5	Ambuarana	<i>Amburana Cearensis</i>	190	40

5.3.1. Análise Microbiológica

Os microrganismos contaminantes da indústria cervejeira podem ser definidos como qualquer organismo que não foi propositadamente introduzido e que é apto a sobreviver e proliferar em qualquer etapa do processo cervejeiro. (Hughes e Baxter,2001)

Na análise microbiológica foi averiguada a presença de bactérias dos ácidos láctico e acético, bem como a presença de demais bactérias heterotróficas e leveduras. Segundo Muller (2016), dentre os principais microrganismos presentes ao longo do processo tem-se os *Lactobacillus spp*, que produzem o ácido láctico e aumentam a turbidez da cerveja, e *Acetobacter spp*, que produz ácido acético. Isso porque são os microrganismos capazes de sobreviver às mesmas condições que a levedura cervejeira.

A diferença é que as bactérias se reproduzem em velocidades maiores e, conseqüentemente, a produção, dos ácidos orgânicos citados acima, se torna mais pronunciada no produto final. Os resultados das análises microbiológicas se encontram na Tabela 7.

Tabela 7- Análise microbiológica das cervejas analisadas.

Amostra	Presença de leveduras	Presença de bactérias de ácido acético	Presença de bactérias de ácido láctico	Presença de bactérias heterotróficas	Conformidade
CS	Incontáveis*	-	-	-	Conforme
JE	18 colônias	-	-	Incontáveis*	Alterada
BA	Incontáveis*	9 colônias	2 colônias	-	Conforme
CA	200 colônias	-	-	-	Conforme
AM	2 colônias	9 colônias	-	Incontáveis*	Alterada
BR	50 colônias	-	5 colônias	Incontáveis*	Alterada

*Incontáveis (>300) colônias

Como observado, as amostras AM, BR e JE possuem alterações microbiológicas, apresentando resultado de conformidade alterado devido principalmente a presença de bactérias heterotróficas, que foi o caráter fundamental para a diferenciação. Logo, tais amostras vão possuir diferenças nos valores de turbidez, pH, acidez e análise sensorial, bem como apresentarão a super-atenuação que representa a conversão dos açúcares fermentáveis do mosto em subprodutos, assim como tratado por Fernandes (2012).

Todas as amostras apresentaram quantidades significativas de leveduras o que era esperado, uma vez que a cerveja é artesanal e não passa por processo de filtração. As 5 amostras amadeiradas são provenientes da amostra BR. Sendo que, a mesma apresentou alteração na análise microbiológica, então as demais deveriam apresentar a mesma alteração. Mas, devido ao processo de manipulação artesanal, não se pode associar a contaminação como proveniente da amostra BR.

As amostras conformes como CS, CA e BA podem vir a apresentar variação nos valores de turbidez e pH, já que na análise microbiológica apresentaram colônias de leveduras e, o que justifica tais amostras não apresentarem alteração de conformidade são justamente as dornas saudáveis e a produção de etanol, que inibiram a proliferação de microrganismos.

Em vista dos resultados, a atividade microbiológica implica diretamente no resultado das demais análises.

5.3.2. Densidade Relativa

A densidade relativa mensurada pelo *Beer Analyzer* está presente na Tabela 8.

Tabela 8- Densidade relativa das amostras de cerveja realizada pelo *Beer Analyzer*.

Amostra	BR	AM	CS	JE	BA	CA
Densidade Relativa a 20 °C	1,019 ± 0,001	1,019 ± 0,002	1,019 ± 0,012	1,018 ± 0,002	1,020 ± 0,000	1,018 ± 0,001

No geral, as amostras apresentaram valores próximos da amostra BR, o que indica que a madeira presente não interferiu na densidade e nem nos resultados de teor alcoólico, extrato primitivo e extrato aparente.

5.3.3. Teor alcoólico

O teor alcoólico consiste na determinação da porcentagem de álcool em uma mistura, segundo Angeloni (2015) e, os valores encontrados estão dentro dos padrões de cervejas tipo *Lager* (6%), como está apresentado na Tabela 9. Como o desvio padrão é de $\pm 0,5\%$ (v/v), as amostras são consideradas significativamente iguais.

Tabela 9 - Relação do teor alcoólico das amostras de cerveja.

Amostra	BR	AM	CS	JE	BA	CA
Teor alcoólico (%v/v)	6,60	6,59	6,64	6,64	6,58	6,61

5.3.4. Extrato aparente

O valor do extrato aparente é considerado a presença do álcool e sua interferência na densidade do líquido. Os resultados se encontram na Tabela 10. Como já foi dito anteriormente, as amostras são semelhantes em função do desvio-padrão do equipamento o que era esperado, uma vez que a cerveja base é a mesma.

Tabela 10- Relação de extrato aparente das amostras de cerveja.

Amostra	BR	AM	CS	JE	BA	CA
Extrato aparente (%w/w)	3,94	4,07	3,96	3,94	4,05	4,01

Foi constatado que o valor do extrato aparente aumenta de acordo com a acidez total da amostra, como foi possível observar nas amostras CA e AM que foram relacionados na Tabela 12, $(0,802 \pm 0,016)$; $(0,730 \pm 0,016)$ respectivamente e, que nesse caso estão intimamente relacionadas as contaminações microbiológicas associadas. Sabe-se que a contaminação por bactérias aumenta a concentração de ácidos orgânicos, pois se alimentam de carboidratos presentes na cerveja e produzem como resultado fermentativo de seu metabolismo.

5.3.5. pH

A análise de pH pode ser observada na Tabela 11.

Tabela 11 – Relação de pH das amostras de cerveja.

Amostra	BR	AM	CS	JE	BA	CA
pH	4,45	4,48	4,51	4,50	4,45	4,46

O pH das 5 amostras amadeiradas, quando comparadas com a amostra BR, apresentaram variações próximas, que podem ser justificadas por reações compatíveis com a faixa de pH para cervejas tipo *Lager* e, também, por serem provenientes da mesma amostra inicial. As amostras JE e AM apresentaram valores pouco maiores de pH, o que era esperado como foi citado na análise microbiológica e, o que vai causar atenuação do amargor e modificação na estabilidade do sabor.

Era esperado que as amostras conforme análise microbiológica não obtivessem valores maiores ou iguais à amostra BR, entretanto, tais amostras (CS, BA e CA) apresentaram essas variações. As amostras CA e BA estiveram próximas e iguais, respectivamente, ao valor de BR e, mesmo ambas estando conforme, são provenientes da amostra BR, que também apresentou contaminação. O que indica novamente que o processo de manipulação de cada uma das cervejas, não é o mesmo. Já a amostra CS, apresentou o maior pH, o que contraria a análise microbiológica realizada.

5.3.6. Acidez Total

A acidez é importante para a caracterização e padronização da cerveja, pois auxilia no reconhecimento de fraudes, interfere na bebabilidade e no controle de alterações por microrganismos (Sugari, 2011). A relação de acidez das amostras pode ser observada na Tabela 12.

Tabela 12 - Relação de acidez total das amostras de cerveja.

Amostra	BR	AM	CS	JE	BA	CA
Acidez Total (meq/L)	0,704 ± 0,016	0,730 ± 0,016	0,668 ± 0,025	0,681 ± 0,032	0,672 ± 0,028	0,802 ± 0,016

As amostras de CA, JE e BA apresentaram menor caráter ácido, porém, com desvios que as aproximam do valor da amostra BR. Já as amostras de CA e AM, que estão mais distantes do valor de BR, possuem maior caráter ácido, o que pode provocar alterações no paladar, como picância. Os resultados estão de acordo com os já relatados anteriormente de pH.

As alterações na acidez estão relacionadas com os ácidos orgânicos provenientes da extração dos compostos da madeira que influenciam na acidez total, assim como os ácidos metabolizados por microrganismos contaminantes.

5.3.7. Coloração

A cor da cerveja tem relação com a composição e características do malte empregado e com a exposição da cerveja ao calor. Isso porque as reações de Maillard ocorrem ao longo do processo de malteação e da sala de brassagem (mosturação, clarificação e fervura) e com o produto originam substâncias corantes, conhecidas como melanoidinas.(Pinheiro, 2016)

A relação de cor das amostras analisadas está descrita na Tabela 13.

Tabela 13 – Relação de cor das amostras de cerveja.

Amostra	BR	AM	CS	JE	BA	CA
Cor (EBC)	18,1	17,5	18,4	18,1	18,7	18,0

As amostras CA e AM apresentaram valores menores que a amostra BR indicando que os compostos que proporcionam coloração se decantaram ao longo do processo ou foram adsorvidos pelas superfícies das madeiras relacionadas. O que não era esperado já que de acordo com a Tabela 4, na análise de extrativos, apresentaram valores satisfatórios, enquanto que a amostra JE apresentou o mesmo valor da amostra BR, o que leva a entender que a madeira apresenta propriedades adsorventes de substâncias corantes.

Já as amostras CS e BA que apresentaram valores maiores que BR indicam intensas interações com a cerveja, alterando sua coloração mais intensamente. Ou seja, os compostos que foram extraídos da madeira e agregaram o corpo da bebida, apresentam e contribuem com a coloração. Para a amostra BA, já era de se esperar um aumento de coloração pelo seu alto valor de teor de extrativos.

5.3.8. Turbidez

Durante o armazenamento da cerveja, as partículas em suspensão decantam por formarem compostos químicos de peso molecular mais alto (Wiler, 2013). Isso relaciona diretamente à turbidez, de modo que as precipitações de tais partículas tornam a bebida mais límpida pelo contato com a madeira, sendo que essa diminuição tende a ser proporcional ao tempo de armazenamento.

A turbidez no produto também está relacionada à polimerização e combinação de compostos fenólicos com proteínas. Eles podem combinar-se naturalmente com outras substâncias já presentes na cerveja, como açúcares, ácidos orgânicos, substâncias nitrogenadas e íons metálicos. (Siqueira, 2008). A relação de turbidez das cervejas está apresentada na Tabela 14.

Tabela 14 – Relação de turbidez das amostras de cerveja.

Amostra	BR	AM	CS	JE	BA	CA
Turbidez (NTU)	54,30	49,10	55,62	49,72	53,32	55,13

As amostras AM e JE apresentaram os menores valores para turbidez, o que pode ser justificado pela capacidade adsortiva das madeiras em questão por serem mais

porosas. Essa informação corrobora com os menores valores de cor, justificando essa capacidade já relatada anteriormente.

A não filtração da cerveja pós-maturação impacta diretamente na turvação pela presença de leveduras inerentes ao processo.

5.3.9. Classificação quanto a legislação

De forma a comparar a legislação brasileira e classificar as amostras com maturação com cubos de madeira, tem-se a Tabela 15.

Tabela 15 – Classificação das amostras quanto à legislação brasileira.

Amostra	BR	JE	CS	BA	CA	AM	Legislação
Extrato Primitivo (%Plato)	16,00	16,07	16,00	16,07	16,07	16,11	Cerveja Forte
Cor (EBC)	18,07	17,52	18,42	18,07	18,68	17,99	Clara
Teor Alcoólico (%v/v)	6,60	6,64	6,64	6,58	6,61	6,59	Com álcool

Todas as amostras classificam-se como cerveja forte, clara e com álcool, dentro dos padrões da legislação brasileira. Indicando que a aplicação com cubos na maturação mantém a definição do que é cerveja e agrega as características amadeiradas.

Conforme classificação BJCP (*Beer Judge Certification Program*), ela é classificada na classe Wood Beer (33), na subclasse 33B - *Specialty Wood-Aged Beer*. (Eichhorn *et al.*, 2015). Este estilo é destinado a cervejas envelhecidas em madeira com caráter adicional de álcool proveniente do uso anterior do barril. Cervejas em barril de Whisky ou Bourbon, ou outras cervejas semelhantes devem ser inseridos aqui. Logo, suas características de extrato, teor alcoólico e outras características dependem diretamente da cerveja base.

5.4. Modificações na cerveja

As modificações observadas estão ligadas às madeiras utilizadas e as interações madeira/levedura e madeira/cerveja, onde também envolve a microbiologia e a contaminação a qual as amostras foram expostas.

O uso de madeira em cubos de diferentes tostas alterou a composição química dos congêneres de maturação da cerveja, indicando que houve interação entre ambos e a extração de compostos da madeira pela cerveja. O que prova que as madeiras são favoráveis para produção de cerveja utilizando na forma de *pellets*, pois apresentam influência na cor e na textura, valor favorável de teor alcoólico e conduzem o paladar à picância esperada para tais cervejas.

As alterações provenientes da madeira foram observadas no pH e na acidez da cerveja, o que é relacionado à quantidade de extrativos da madeira, provenientes da tosta a da composição das mesmas, aumentando a quantidade de ácidos orgânicos e interferindo nos valores. Já o extrato, teor alcoólico e densidade possuem relação com a microbiologia, onde a contaminação das amostras influencia não só nos valores das análises, mas também no sabor observado na análise sensorial.

5.5. Viabilidade

A maioria dos estudos utilizando envelhecimento de bebidas alcoólicas em madeira é com utilização de barris, o que pode vir a aumentar o custo de produção quando não se possui uma mão-de-obra simplificada para construção de um barril, já que vai ser necessário solicitar a produção com determinada madeira e, a utilização de um barril de madeira para tal fim demanda bastante espaço para armazenamento de cada produção gerada.

O uso de cubos para aplicação durante a maturação foi favorável e as modificações foram perceptíveis na cerveja. E, até quanto ao custo e espaço para produção, já que não necessitou de espaço extra quando comparado à produção em barris e a facilidade para sua aplicação é notável. Sabe-se que os cubos proporcionam uma área superficial maior, e conseqüentemente, uma extração de compostos maior, além de não impactar no processo produtivo tradicional e na aquisição e importação de barris.

6. CONCLUSÃO

É conhecido sobre o envelhecimento de bebidas alcoólicas em madeiras que, especialmente as de Carvalho, são as mais utilizadas para tal finalidade, devido às características ácidas, organolépticas e, devido a sua cor intensa e os odores liberados desde sua tosta, até o momento em que é triturada para análise. Observou-se que o uso desta madeira em diferentes tostas, adicionadas à cerveja, foram satisfatórios em questões de valores como nos teores de extrativos, cinzas e holocelulose. Entretanto, outras amostras de madeira se destacaram nos mesmos aspectos que o Carvalho, como a Amburana, Castanheira, Bálsamo e Ipê.

Atualmente, existem cervejas já comercializadas com madeira, com teores alcoólicos mais altos e mais complexas. Os estilos como *Imperial Stout*, *Tripel*, *Doppelbock* e *Dark Strong Ale* são os mais comuns quanto à boa resposta do envelhecimento. A ideia de implementação do estilo *Wood Aged* – maturar em cubos, lascas ou chips de madeira, no Brasil ainda é recente e necessita mais estudos para aplicações em cerveja. Ainda, as cervejas nacionais comercializadas, são envelhecidas em barris de carvalho oriundos da indústria do *whisky*. Sendo assim, foi possível concluir que:

- A composição química das diferentes amostras insere compostos diferenciados que agregam valor ao produto final;
- Os componentes presentes na madeira, mesmo que, de baixo peso molecular, contribuem com inerentes propriedades para a cerveja, como nos aromas, gosto, textura e cor;
- O processo de maturação da cerveja em contato com a madeira aumenta a complexidade sensorial e química da bebida, o uso de cubos ao invés de tonéis é uma alternativa interessante visto a praticidade e ao baixo custo do processo quando comparado ao uso de barris de forma tradicional;
- Algumas alterações microbiológicas favoreceram o aumento da complexidade da cerveja;
- A madeira, aplicada às amostras, interagiu quimicamente durante o processo de fabricação, agregando as características amadeiradas ao produto final;
- A confirmação de que todas as amostras referem-se a cervejas tipo *Lager* e classificam-se quanto à legislação do que é cerveja;

- As características amadeiradas favoreceram o produto na análise sensorial, não interferindo na composição da cerveja;
- As madeiras Carvalho e Amburana interagiram melhor com a bebida devido aos altos valores obtidos em comparação com as demais;
- As amostras de Castanheira e Bálsamo apresentam serem mais estáveis e agradáveis ao paladar humano, tendo em vista seus resultados durante as análises das madeiras;
- Com as demais madeiras utilizadas, é possível que a realização de mais estudos e testes sobre elas possa ser uma boa opção para o mercado cervejeiro, como a madeira do Ipê, que pela composição também mostrou ser interessante para aplicação.

Mesmo a análise sensorial não sendo divulgada, soube-se que os resultados obtidos foram satisfatórios para a pesquisa.

Como um futuro estudo, seria possível inserir a madeira já triturada e maturação da bebida, proporcionando mais interações da madeira e seus extrativos com a levedura e da madeira com a cerveja, proporcionando ainda mais características amadeiradas ao produto e, podendo realizar um processo de filtração para o envase, sem haver contato manual, evitando maiores contaminações. Também caberia uma análise mais intensa sobre as madeiras, observando se há algum composto nela presente que favoreça a não contaminação da cerveja.

Seria interessante aplicar as demais madeiras utilizadas na produção de cervejas artesanais, uma vez que muitas obtiveram teores significativos para análise de madeira e não há tantos estudos. Além disso, agrega valor ao produto final proporcionando características únicas ao produto.

7. REFERÊNCIAS

AMERICAN SOCIETY OF BREWING CHEMISTS. *Brewers' Grains—3: Moisture*. Saint Paul, Minnesota, E.U.A.: American Society Of Brewing Chemists, 2011.

ANGELONI, L. H. P. *Cerveja envelhecida em barril de madeira, aspectos químicos e microbiológicos*. 94 f. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura "Luíz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2015.

ASSOCIATION, B. Beer Style Guidelines. <https://s3-us-west-2.amazonaws.com/brewersassoc/wp-content/uploads/2017/04/2015-brewers-association-beer-style-guidelines.pdf>, 2015. Acesso: 08/11/2017.

BRANCO DE MIRANDA, M. *et al.* Perfil físico-químico de aguardente durante envelhecimento em tonéis de carvalho. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v. 28, n. 1, 2008.

BRASIL. DECRETO Nº 7.968, DE 26 DE MARÇO DE 2013. Brasília: Diário Oficial da União. http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2013/decreto/D7968.htm, 2013. Acesso: 08/11/2017.

BORTOLETTO, A. M. *Composição química de cachaça maturada com lascas tostadas de madeira de carvalho proveniente de diferentes florestas francesas*. 80 f. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2013.

CASTRO, J. P. *Análises química e física de madeiras amazônicas visando o armazenamento de bebida destilada*. 84 f. Dissertação (Mestrado) - Ciência e Tecnologia da Madeira, Análises química e física de madeiras amazônicas visando o armazenamento de bebida destilada, Lavras, 2012.

CONNER, J. *et al.* The distribution of lignin breakdown products through new and used cask staves. *Distilled beverage flavour: origin and development*. Chichester: Ellis Horwood, p. 177-184, 1989.

CONNER, J. *et al.* Maturation and blending. *Whisky–Technology, Production and Marketing*. I. Russell, Ed., Academic Press: London, p. 211-242, 2003.

DIAS, S. *et al.* Efeito de diferentes madeiras sobre a composição da aguardente de cana envelhecida. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v. 18, n. 3, p. 331-334, 1998.

EBC. Contents. <http://www.analytica-ebc.com/index.php?mod=contents&scat=16>. Acesso: 08/11/2017.

EICHHORN, B. *et al.* BEER JUDGE CERTIFICATION PROGRAM.: https://www.bjcp.org/docs/2015_Guidelines_Beer.pdf, 2015. Acesso: 08/11/2017.

FERNANDES, F. A. P. *Melhoria dos indicadores microbiológicos em linhas de enchimento de cerveja em barril*. 205 f. Dissertação (Mestrado) - Tecnologia e Segurança Alimentar Universidade Nova de Lisboa, 2012.

FREITAS, G. *et al.* Avaliação da atividade antioxidante de diferentes cervejas aplicando os métodos ABTS e DPPH. *Alimentos e Nutrição Araraquara*, v. 17, n. 3, p. 303-307, 2009.

GHESTI, G. F. *et al.* *Análise Sensorial para cervejas*. LabCCERva- Laboratório de Bioprocessos Cervejeiros e Catálise em Energias Renováveis, 2017.

HUGHES, P. S.; BAXTER, E. D. *Beer: Quality, safety and nutritional aspects*. Royal Society of Chemistry, 2007.

JUNIOR, O. C. *et al.* O setor de bebidas no Brasil. v. 40. Rio de Janeiro: https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/3462/1/BS%2040%20O%20setor%20de%20bebidas%20no%20Brasil_P.pdf, 2014. p. 93-130. Acesso: 08/11/2017.

KLING, K. *Bier selbst gebraut*. Göttingen: Verlag Die Werkstatt GmbH 3. Auflage, 2012.

KUNZE, W.; MANGER, H.-J. *Technology brewing and malting*. Vlb Berlin, Germany, 2004.

PINHEIRO, L. D. G. S. *Caracterização e processamento de cevada cultivada no Cerrado brasileiro*. 78 f. (Mestrado) - Tecnologia Química e Biológica, Universidade de Brasília, Brasília, 2016.

SANTOS, I. D. *Influência dos teores de lignina, holocelulose e extrativos na densidade básica e na contração da madeira e no rendimento e densidade do carvão vegetal de cinco espécies lenhosas do Cerrado*. 57 f. Dissertação (Mestrado) - Ciências Florestais, Universidade de Brasília, Brasília, 2008.

SEBRAE. Potencial de consumo de cervejas no Brasil. http://www.sebraemercados.com.br/wp-content/uploads/2015/12/2014_05_20_RT_Mar_Agron_Cerveja_pdf.pdf, 2014. Acesso: 08/11/2017.

SIQUEIRA, P. B. *et al.* O processo de fabricação da cerveja e seus efeitos na presença de polifenóis. *Alimentos e Nutrição Araraquara*, v. 19, n. 4, p. 491-498, 2008.

SUGARI, A.; BENNEMANN, D. *Avaliação das características de vinhos tintos elaborados no Sudoeste do Paraná*. 41 f. Trabalho de Conclusão de curso (Graduação), Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Francisco Beltrão, 2011.

TAPPI - T 204 om-88. (s.d.). TAPPI - T 204 om-88 - Solvent extratives of wood and pulp. Atlanta, GA: TAPPI - Technical Association of the Pulp and Paper Industry.

TEMPLETON, D., & Ehrman, T. (1995). Determination of Acid-Insoluble Lignin in Biomass - LAP-003. National Renewable Energy Laboratory - NREL.

TEMPLETON, D., & Ehrman, T. (1995). Determination of acid-Soluble Lignin in Biomass - LAP-004. National Renewable Energy Laboratory - NREL.

TÉO, D. *et al.* Características físico-químicas de aguardentes envelhecidas em barris confeccionados com diferentes madeiras. *Científica*, v. 33, n. 2, p. 152-159, 2008.

VIANA, N. A. *et al.* Gaseificação Da Casca do Jatobá-do-Cerrado: Caracterização e Comparação Entre Simulação e Ensaio Laboratoriais. *Revista Brasileira de Energia*, v. 23, p. 82-103, 2017.

WYLER, P. *Influência da madeira de carvalho na qualidade da cerveja*. 92 f. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2013.