UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO JOÃO DEL REI

CAMPUS ALTO PARAOPEBA- CAP

CURSO DE ENGENHARIA DE BIOPROCESSOS

EMPREGO DA TORTA DE MACAÚBA (*ACROCOMIA ACULEATA*) COMO ADJUNTO DE MALTE NA PRODUÇÃO DE CERVEJA

Ludmila Nascimento

Orientadora: Prof. M.ª Alessandra Costa Vilaça

Ouro Branco, MG

2016

EMPREGO DA TORTA DE MACAÚBA (*ACROCOMIA ACULEATA*) COMO ADJUNTO DE MALTE NA PRODUÇÃO DE CERVEJA

Ludmila Nascimento

Trabalho de conclusão de curso apresentado em cumprimento ás exigências do Curso de Bacharelado em Engenharia de Bioprocessos da Universidade Federal de São João Del-Rei.

Orientadora: Prof. Mª. Alessandra Costa Vilaça

.

Ouro Branco MG

2016

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO JOÃO DEL-REI

CURSO DE ENGENHARIA DE BIOPROCESSOS

EMPREGO DA TORTA DE MACAÚBA (*ACROCOMIA ACULEATA*) COMO ADJUNTO DE MALTE NA PRODUÇÃO DE CERVEJA

Ludmila Nascimento

A banca examinadora, composta pelos membros abaixo, avaliou este TCC.

Alessandra Costa Vilaça- Orientadora

Dra. Maria Helena Caño de Andrade – Examinadora- 1.

Dr. Enio Nazaré de Oliveira Júnior- Examinador- 2.

Ouro Branco ___/___/____

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pela fé inabalável e por me dar a paz que preciso pra seguir.

Aos meus pais e irmãos, pelo carinho, apoio e incentivo.

À profa. Alessandra Costa Vilaça pela amizade, orientação e dedicação.

À profa. Maria Helena Caño de Andrade pelo apoio no trabalho realizado.

Aos colegas do TECDEF, pela amizade e apoio, em especial aos amigos, Cassia, Luiz, Rafaela, Matheus, Rodrigo, Farley, Rodney e Lara pelo apoio e auxilio na realização dos experimentos.

Aos colegas de Graduação pelo companheirismo.

As amigas das repúblicas Bendita e Sóbenzeno, pela amizade, convivência e bons momentos compartilhados.

Ao meu namorado, Marcelo, pelo carinho e incentivo.

Aos professores do Departamento de Engenharia Química e Bioprocessos pelos ensinamentos.

A todos aqueles que de certa forma direta ou indireta contribuíram pela realização deste trabalho.

RESUMO

O mercado cervejeiro é um setor relevante do Brasil e exige que os produtores busquem novas alternativas, tanto na substituição de matérias-primas como no aperfeiçoamento do processo de fabricação. O propósito é buscar inovação e melhorias na qualidade da cerveja. É nesse âmbito que surge a utilização de adjuntos como substituinte parcial do malte na produção de cerveja, que, além de oferecer novas propriedades sensoriais e nutricionais, dependendo da escolha do adjunto, alguns ainda podem reduzir o custo de produção. Nesta pesquisa propõe-se utilizar a torta extraída da polpa do fruto da Macaúba (*Acrocomia aculeata)*, considerada a palmeira de maior dispersão no território brasileiro, como um adjunto para a produção de cerveja. Todas as partes do fruto possuem potencial para utilização industrial: a extração dos óleos da casca, polpa e amêndoa; a utilização das fibras - resíduos da extração; castanha seca. Atualmente considera-se que os componentes de maior valor econômico do fruto da macaúba, em termos de utilização industrial, são os óleos extraídos da polpa e da amêndoa. Desta extração surge um coproduto, a torta residual da extração, de apreciável valor nutricional. Destaca-se a torta obtida da polpa do fruto na extração do óleo da macaúba, que apresenta elevado teor de carboidrato, tornando-a uma matéria prima bastante adequada para a fermentação alcoólica. O presente trabalho objetivou a obtenção de cerveja em escala laboratorial utilizando a torta de macaúba como adjunto de malte. Realizaram-se análises para avaliação de parâmetros físico-químicos, organolépticos e unidade de amargor para caracterizar a cerveja obtida e a realização da análise sensorial para avaliar a aceitação da cerveja produzida. Obteve-se uma cerveja do tipo *Ale*, com características do estilo *Irish Red Ale.* De acordo com os resultados da análise sensorial realizada, o produto apresentou bom índice de aceitação de 83% quanto á aceitação global da cerveja produzida. A maior aceitação pelos consumidores foi em relação à cor, aroma e sabor e baixa aceitação quanto à textura. Em geral, os resultados apontam que é possível aplicar a torta de macaúba na produção de cervejas especiais.

Palavras-chave: Cerveja artesanal. Adjunto. Macaúba.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Diferentes tipos de cerveja relacionados nos dois grandes grupos de Ale e Lager. 20

Figura 2. Folhas de lúpulo. 23

Figura 3. Palmeira da macaúba, espécie *Acrocomia aculeata*. 25

Figura 4. Fruto da macaúba e suas partes. 26

Figura 5. Fluxograma do processo de produção de uma cerveja artesanal. 28

Figura 6. Três chapas aquecedoras contendo polpa de macaúba antes do processo de secagem. 33

Figura 7. Bandejas contendo polpa antes do segundo processo de secagem. 34

Figura 8. Prensa mecânica utilizada na extração do óleo da macaúba. 35

Figura 9. Fluxograma de representação das etapas do processo de obtenção da torta residual. 35

Figura 10. Sistema de filtração. 38

Figura 11. Etapa de Brassagem com controle de temperatura. 39

Figura 12. Fermentadores na geladeira para controle de temperatura. 41

Figura 13. Processo de separação da cerveja do precipitado. 42

Figura 14. Envase das garrafas em um lacrador manual. 43

Figura 15. Classificação de cervejas quanto à cor. 47

Figura 16. Bandejas contendo a polpa após 46 horas de secagem. 51

Figura 17. Fluxograma do rendimento para obtenção da torta Residual. 52

Figura 18. Aspecto da cerveja durante a maturação. 55

Figura 21. Cerveja artesanal produzida com a utilização da torta de macaúba como adjunto de malte... 59

Figura 22. Curva padrão de Albumina Método de Lowry. 62

Figura 23. Etapas da secagem das amostras em banho maria fervente , carbonização em bico de *bunsen* e mufla 65

Figura 24. Faixa Etária dos provadores utilizados no teste de análise sensorial da cerveja produzida. ... 66

Figura 25. Resultado da análise sensorial referente ao aroma da cerveja. 68

Figura 26. Resultado da análise sensorial referente ao sabor da cerveja produzida. 69

Figura 27. Resultado da análise sensorial referente a cor da cerveja produzida..... 69

Figura 28. Resultado da análise sensorial referente a textura da cerveja produzida..... 70

Figura 29. Resultado da análise sensorial referente ao aroma da cerveja produzida..... 70

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Classificação das cervejas no Brasil..... 18

Tabela 2. Composição do grão de cevada e do malte. 22

Tabela 3. Valores Médios dos teores de Proteínas, Lipídeos, Cinzas, Umidade e Carboidratos da Torta Residual de Macaúba (% m/m). Parâmetros teor (%) (b.s – base seca)..... 27

Tabela 4. Composição química aproximada da torta de macaúba comparada ao malte brasileiro..... 27

Tabela 5. Enzimas que atuam na mosturação, função e condições ideais. 29

Tabela 6. Classificação das cervejas quanto ao teor alcoólico..... 48

Tabela 7. Densidades medidas ao longo do processo de produção a temperatura de 20°C..... 54

Tabela 8. Utilização de alfa ácidos. 56

Tabela 9. Resultado obtido do exame organoléptico da cerveja artesanal produzida..... 60

Tabela 10. Valores das absorbâncias obtidos no espectofotômetro para as três amostras de cerveja. 62

Tabela 11- Relação dos resultados obtidos para análises dos sólidos totais.....61

Tabela 12. Dados dos volumes gastos na análise de acidez total ou titulável. 63

Tabela 13. Análise de cor de amostras, conforme metodologia ASBC Beer 10-A. 63

Tabela 14. Média aritmética das leituras de pH das amostras. 64

Tabela 15. Dados das massas pesadas na análise de cinzas..... 64

Tabela 16. Resultados obtidos pela escala hedônica estruturada de 9 pontos na avaliação da cerveja. ... 67

Tabela 17. Resultados obtidos pela escala hedônica estruturada de 9 pontos na avaliação de aceitação global da cerveja. 67

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO 122
2. OBJETIVO 13
2.1 Objetivo Específico 13
3. REVISÃO DA LITERATURA 13
3.1 Histórico da cerveja 14
3.2 Mercado Cervejeiro Nacional 15
3.3 Estilos de cervejas 17
4. MATÉRIAS-PRIMAS DO PROCESSO CERVEJEIRO 21
4.1 Água 21
4.2 Malte 21
4.3 Lúpulo 22
4.4 Leveduras 23
4.5 Adjuntos 24
5. MACAÚBA 24
5.1 Origem e características 24
5.2 Caracterização da torta de Macaúba 26
6. PROCESSO DE PRODUÇÃO DE CERVEJA 27
6.1 Moagem do malte 27
6.2 Mosturação 27
6.3 Filtração do mosto 29
6.4 Fervura 29
6.5 Tratamento do Mosto 29
6.6 Fermentação 29
6.7 Maturação 31
6.8 Clarificação 31
6.9 Carbonatação 32
6.10 Envase 32
7. METODOLOGIA 32
7.1 Obtenção da Matérias-prima 33
7.3 Metodologia da Produção da cerveja 36
7.4 Material utilizado 36
7.5 Matérias-primas 37

7.6 Preparo da Cerveja 37
7.6.1 Mosturação 38
7.6.2 Fermentação 39
7.6.3 Maturação 39
7.6.4 Envase 41
8. ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS 43
8.1 Análise Organoléptica 44
8.2 Açúcares Totais 44
8.3 Proteínas solúveis 45
8.4 Análise de sólidos totais 45
8.5 Acidez total 45
8.6 pH 45
8.7 Densidade 46
8.8 Cor 46
8.9 Teor alcóolico 47
8.10 Cinzas 45
9. ANÁLISE SENSORIAL 47
9.1 Teste de Preferência e Teste de Aceitação 48
9.1 Aplicação dos testes 48
10. RESULTADOS E DISCUSSÃO 49
10.1 Obtenção da matéria prima 49
10.2 Resultados do processo de Produção da cerveja 53
10.3 Resultados Análises Físico-químicas 59
10.3.1 Análise Organoléptica 59
10.3.2 Açúcares totais 58
10.3.3 Proteínas Solúveis 58
10.3.4 Análise de Sólidos Totais 59
10.3.5 Acidez Total ou Titulável 63
10.3.6 Cor 60
10.3.7 Densidade 61
10.3.8 pH 61
10.3.9 Teor alcoólico 63
10.3.10 Análise Sensorial 63
11 CONCLUSÃO 67
12 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS 68

13 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... 71

1. INTRODUÇÃO

A cerveja é definida como "a bebida obtida pela fermentação alcoólica do mosto cervejeiro, oriundo do malte de cevada e água potável, por ação de levedura, com adição de lúpulo" cujo teor alcoólico varia de 3 a 8% (v/v) (D'AVILA et al, 2012).

A cerveja é considerada uma das bebidas mais consumidas e mais antigas produzidas pelo homem. Segundo alguns pesquisadores essa bebida existia na Mesopotâmia e Suméria no ano 10.000 antes de Cristo (a.C). Na antiguidade, os chineses também elaboravam cerveja, utilizando o milho no lugar da cevada para produzir a bebida. Durante o século XVII, várias técnicas e receitas de fabricação de cerveja foram trazidas por colonos europeus para a América. No entanto, foi no final do século XIX, que foi desenvolvida a indústria no nosso continente como resultado dos avanços tecnológicos produzidos pela Revolução Industrial na Grã- Bretanha (CASTRO, 2014).

Desde a descoberta da cerveja pelos sumérios, a produção da bebida difundiu-se pelo mundo e com ela surgiu uma grande variedade de tipos de cerveja. Esta diversidade de cervejas se divide em dois grandes grupos, denominadas como cervejas tipo *Lager* ou tipo *Ale.* É a categorização mais comum de estilos de cerveja, diferenciada por tipo de leveduras. As cervejas do tipo *Ale*, utilizam leveduras de fermentação de topo, e do tipo *Lager*, empregam leveduras de baixa fermentação (BJCP, 2015).

No Brasil, no século XIX a cerveja foi trazida por Dom João XI, durante a permanência da família real em território brasileiro. A partir disto, em 1999, cinco anos depois da criação do Plano Real, um evento muito importante surgiu para a economia brasileira, a fusão das duas maiores empresas do ramo de bebidas. A Companhia Cervejaria Brahma e a Companhia Antarctica Paulista fundiram-se formando a gigante: Companhia de Bebidas das Américas – Ambev. A fusão colocou a Ambev em primeiro lugar no ranking da maior produção nacional de cerveja tornando-se líder de mercado no segmento de cervejaria (SEBRAE, 2014, apud SILVA, 2015).

O Brasil ocupa o terceiro lugar no ranking mundial de produção de cerveja atrás apenas da China e Estados Unidos, segundo dados da Kirin Beer University. O consumo per capita do mercado brasileiro ainda possui um grande potencial de crescimento. Com consumo de 66,9 litros por pessoa, o país estava na 27ª posição mundial, em 2014 (CERVBRASIL, 2015).

Normalmente a cerveja é obtida do processamento da cevada, podendo também ser de outros cereais (como arroz ou trigo), contendo água e lúpulo. Porém, além das matérias primas tradicionais utilizadas na produção da cerveja como malte, lúpulo, água e levedura, a legislação permite que parte do malte de cevada possa ser substituída por adjuntos cervejeiros, que não devem exceder 45% em relação ao extrato primitivo (D'AVILA *et al*., 2012). Qualquer planta que contenha amido, teoricamente, pode ser utilizada como adjunto. "Adjuntos" são as fontes de carboidratos utilizadas

em substituição ao malte. Esses são adicionados ao malte de cevada, em diferentes proporções, como fonte secundária de carboidratos para o processo de fermentação (MATOS *et al.*, 2005).

Atualmente, a criação de cervejas utilizando adjuntos especiais representa uma tendência de destaque no Brasil, pois o emprego desses na criação de cervejas tem sido considerado uma solução para diminuição dos custos. Tal redução é ocasionada pela substituição parcial do malte e também pela adição de novas propriedades sensoriais nos produtos obtidos. Além disso, constata-se uma grande variedade de cervejas capazes de agradar o paladar e o olfato, as quais se diferenciam através de variados ingredientes e métodos de elaboração. Desta forma, observa-se cada vez mais a necessidade de produzir cervejas com novos e sofisticados aromas que alcancem a preferência de diversos grupos de pessoas (CARVALHO, 2009 apud FIGUEIREDO *et al*, 2014 p. 6).

A Macaúba é uma planta pertencente à família da Palmae, gênero *Acrocomia*, que se desenvolve bem nos solos de cerrado, aparecendo em maior concentração nos Estados de Minas Gerais e Goiás. O fruto é constituído por quatro partes distintas: a pele externa, uma casca fina e rígida de proteção da polpa que possui fibras e sua cor varia entre amarelo claro e laranja- escuro. A extração de óleo da polpa gera como coproduto uma torta com alto teor de fibras e com alto teor nutritivo. Para agregar valor a essa torta, ela pode ser utilizada para fins alimentícios, como a produção de cerveja (VIEIRA, 2005 apud VERIDIANO, 2012 p. 13).

No intuito de se agregar valor a este coproduto da extração do óleo obtido a partir da polpa macaúba, propõe-se aplicá-la para fins alimentícios, utilizando a torta para produção de cerveja. O objetivo deste trabalho é utilizar a torta de macaúba (*Acrocomia aculeata)* como matéria prima regional para substituir parte do malte de cevada utilizado na produção de cerveja e com isso conferir novas características sensoriais.

2. OBJETIVO

Produzir uma cerveja artesanal (estilo *Ale*) utilizando torta de macaúba como adjunto do malte de cevada a fim de conferir novas características sensoriais.

2.1 Objetivo Específico

- Avaliar a aplicabilidade da torta de macaúba como adjunto do malte de cevada, através do desenvolvimento de uma cerveja especial utilizando parcialmente a torta de macaúba.
- Realizar análise organoléptica, análises físico-químicas, cálculo do IBU a fim de caracterizar se os parâmetros se enquadram na legislação vigente e avaliar a qualidade do produto.
- Avaliar a aceitação da cerveja produzida através de análise sensorial.

3. REVISÃO DA LITERATURA

3.1 Histórico da cerveja

A produção e o consumo de bebidas alcoólicas são uma das atividades mais antigas desenvolvidas pelo homem. A produção de cerveja vem de milhares de anos, durante os quais foi aprimorada visando o aumento de sua produção e de seu consumo (VENTURINI, 2010).

Segundo historiadores a cerveja foi inventada no Antigo Egito, cerca de 6000-5000 a.C. Nos estágios iniciais de fabricação da cerveja, o processo era similar ao do pão. Naquela época, colocava-se cevada em recipientes de barro poroso, que eram enterrados no chão úmido até a germinação começar; então os grãos eram esmagados, gerando uma massa que era cozida até a formação de uma crosta externa; finalmente o bolo desidratado era ensopado em água, para facilitar a ocorrência de fermentação espontânea, o liquido resultante era filtrado e então consumido. A cerveja ácida obtida era designada por *boozah,* termo que ainda é utilizado no Reino Unido para designar genericamente as bebidas alcoólicas (LIMA & MOTA, 2003).

Os egípcios difundiram a cerveja no Oriente e foram os responsáveis pela introdução da bebida na bacia do Mediterrâneo, chegou a Europa e arrastou para o resto do mundo. Os povos de origem germânica foram os que mais se destacaram na fabricação da cerveja. Os monges do mosteiro San Gallo, na Suíça, foram os primeiros a acrescentar o lúpulo em sua produção, originando as características atuais da bebida (SINDICERV, 2000).

A lei que rege sobre a produção das cervejas artesanais, garantindo alta qualidade do produto final por meio da utilização de matéria prima especifica foi criada no século XIV em 23 de Abril de 1516, é a Lei da Pureza Alemã da Cerveja (“Reinheitsgebot”). Segundo esta lei, decretada por Duque Guilherme IV da Baviera, a cerveja deveria ser fabricada somente com os seguintes ingredientes: água, malte de cevada e lúpulo. Naquela época a levedura de cerveja não era conhecida (FERREIRA et al, 2011).

O hábito de tomar cerveja no Brasil foi trazido por D. João VI, no inicio do século XIX, durante a permanência da família real portuguesa no país. A cerveja consumida era importada de países europeus. Em 1888, foi fundada no Rio de Janeiro a “Manufatura de cerveja Brahma Villigier e Cia.” E pouco tempo depois, em 1891 a “Companhia Antártica Paulista” em São Paulo (VENTURINI, 2010).

No entanto, apenas no século XIX foi possível obter a cerveja com maior vida de prateleira, maior reprodutibilidade e de maior qualidade com o uso de técnicas e conceitos científicos pelos fabricantes da época. Isto gerou o crescimento das unidades produtoras dando origem ao surgimento da indústria cervejeira (FIGUEIREDO, CARVALHO, 2014).

Nas ultimas décadas surgiram-se diferentes técnicas bioquímicas, microbiológicas e genéticas na indústria de fabricação da cerveja. Ademais, atualmente a indústria cervejeira tem se mostrado grande interesse nas inovações de produção como a utilização de variados e diferentes adjuntos, fermentação de mostos de alta densidade e a constante mudança em relação aos

aromatizantes. Normalmente, outros cereais como arroz, milho e trigo são utilizados como adjunto de malte de cevada. No entanto, já existem estudos sobre o uso de novos adjuntos como a batata e a mandioca. A indústria brasileira também tem se inovado no uso de aromatizantes como aromas de limão, morango, cerveja, abacaxi, kiwi, maçã, chocolate, entre outros (CARVALHO et al., 2009 apud FIGUEIREDO, CARVALHO, 2014, p. 8).

3.2 Mercado Cervejeiro Nacional

As cervejas mais consumidas no Brasil são a Skol e a Brahma. São cervejas do tipo *Pilsen* e produzidas industrialmente pela gigante Ambev. Atualmente a Skol não ocupa apenas a primeira posição de mais consumida no Brasil, mas também se destaca como a quinta mais vendida no mundo, ocupando 2,2% do mercado mundial. A Brahma possui medalha de prata no ranking e apesar de ser totalmente brasileira também marca presença em diversos países, como Bélgica, Rússia, Estados Unidos, China, Holanda, Irlanda, Ucrânia, França, Inglaterra e em toda a América Latina (MAGRI, 2016).

O que distingue as cervejas artesanais das cervejas produzidas em massa é a procura pela diferenciação, mesmo sendo o processo de fabricação idêntico. As grandes cervejarias trabalham com padronização do processo com menos sabor e para atingir o maior número de pessoas. A produção da cerveja artesanal é simples, mas seu preparo é cuidadoso e exige qualidade na seleção da matéria prima (FERREIRA *et al* 2011).

A diversidade de produtos tem alterado o padrão de consumo e as escolhas dos consumidores. Os brasileiros estão optando por beber menos, porém melhor. Deste modo optam pelas cervejas artesanais e *premium*, denominadas cervejas especiais, que têm melhor custo-benefício. Segundo a legislação, as cervejas artesanais e especiais são consideradas de puro malte, na qual as artesanais são produzidas com menor volume e as cervejas *premium* em grande volume (SEBRAE, 2015).

No Brasil, há uma enorme distância entre o potencial produtivo versus consumidor de cervejas industriais e artesanais. O aumento da classe média brasileira e a expansão em geral, da renda média da população, gerou a ampliação da capacidade de consumo de cervejas que possuem um valor mais elevado no país (BORGES, 2015).

De acordo com o SEBRAE Inteligência e consumo (2015), o mercado de cervejas artesanais está em crescimento e é estimulado pela tendência de valorização da sensorialidade e a procura pelo prazer no consumo. Consumidores de cervejas especiais no ato da compra levam em consideração determinados critérios como: qualidade, estilo, preço, indicação e inovação.

Os cervejeiros artesanais são apreciadores da bebida que realizam a produção como um *hobby*. Este é um mercado para os insumos da fabricação artesanal, e não da bebida em si. Apesar de ainda recente no Brasil, se comparado às experiências vistas nos EUA e na Europa, o comércio

de maltes, leveduras e lúpulos especiais, em sua maioria importados, é um setor que tem apresentado ritmo significativo de crescimento no país (JÚNIOR *et al*, 2014).

O termo "Microcervejaria" surgiu para designar empreendimentos que visam produzir cerveja com diferencial local, atendendo a argumentos de tradição e/ou qualidade diferenciada, não se preocupando com a questão da produção industrial (FERREIRA et al, 2011). Estas empresas de pequeno a médio porte ofereceram aos brasileiros a opção de consumir produtos cervejeiros exclusivos e diferenciados com vários tipos, texturas, aromas e sabores. Muitas delas produzem suas cervejas seguindo a Reinheitsgebot (Lei da Pureza Alemã). No Brasil, as microcervejarias começaram a surgir na década de 90 e hoje já são mais de 80 companhias. Na Europa e EUA já são um setor consolidado. A distribuição é limitada e regionalizada atendendo desde um único bar ou restaurante até alguns estados, porém, em muitos casos é possível encontrá-las em lojas *on-line* de bebidas. Muitos bares e restaurantes vêm se tornando microcervejarias para inovar seus negócios e agregar valor aos clientes (SEBRAE, 2014).

As microcervejarias surgiram como alternativa para explorar um mercado que não interessa às grandes, que procura produtos inovadores e de alto valor agregado. O mercado de cervejas comuns, segundo a Associação de Cervejeiros artesanais de Minas Gerais (Acerva Mineira), cresce cerca de 5% ao ano, enquanto as artesanais crescem 45%. Esta tendência de aumento da demanda se deve ao aumento populacional. Segundo o IBGE a população brasileira terá uma taxa geral de crescimento demográfico de 1,5% ao ano para os próximos cinco anos. Além disso, o subconjunto dos consumidores maiores de 18 anos, correspondente a 42% da população, deverá aumentar mais de 4% ao ano nesse mesmo período. Consequentemente, mais de 2,5 milhões de potenciais consumidores devem chegar ao mercado a cada ano. Segundo a ABMIC (Associação Brasileira das Microcervejarias), a maior parcela das vendas da bebida é para consumo no balcão, com 52% de participação, seguida pela venda em supermercados (27%) e pequeno varejo (21%). Devido a isso, estabelecimentos se espalham pelo país produzindo sua própria cerveja e elaborando novas alternativas para atrair o consumidor (SEBRAE, 2014).

As nanocervejarias têm os mesmos objetivos das microcervejarias, no entanto, sua produção varia de 50 a 2000 litros por mês, não ultrapassando esse valor. Possuem produção caseira ou alguns com equipamentos profissionais, porém para pequena escala, realizando a fabricação por *hobby* e normalmente atuam com alguma ou nenhuma licença. Os *homebrewing* são produtores caseiros que fazem a sua cerveja, inicialmente pelo prazer da produção, posteriormente para troca de experiências e compartilhar conhecimento, associado à gastronomia (FERREIRA et al, 2011).

No geral, o setor cervejeiro é um dos mais relevantes da economia brasileira, apenas em 2014 a indústria cervejeira faturou R$ 70 bilhões. É um dos maiores empregadores do Brasil, com mais de 2,2 milhões de pessoas empregadas ao longo da cadeia. O poder do setor reflete-se também na geração de impostos. Em 2014, o setor de cerveja gerou R$ 21 bilhões em impostos. Como

possui um significativo efeito multiplicador na economia, sua atuação movimenta uma extensa cadeia produtiva, que é responsável por 1,6% do PIB e 14% da indústria de transformação nacional. De acordo com dados levantados pelo Ibope Inteligência, a cerveja é a bebida eleita a "Cara do Brasileiro", com 59% da preferência dos entrevistados (SALLES, 2015). Além disso, os fabricantes investiram muito na ampliação de seus parques produtivos e em inovação, significando mais empregos e renda e um grau elevado de desenvolvimento sustentável. O setor está preparado para urgir o ritmo dessa expansão, criando um aumento de geração de impostos e de benefícios sociais (SALLES, 2015).

Apesar deste senário promissor do setor cervejeiro, as cervejarias que estão em atividade e começaram a surgir na década de 90 passaram por dificuldades devido à alta carga tributária. Fábricas pequenas em que as próprias famílias trabalhavam, possuíam uma carga tributária tão alta que inviabilizava este setor que não para de crescer no mundo todo (ZOBARAN, 2016).

No entanto, atualmente no ano de 2016, o setor cervejeiro comemora uma grande conquista. A lei que inclui microcervejarias no Simples Nacional foi aprovada em Brasília com a presença de representantes da Associação Brasileira de Cerveja Artesanal (Abracerva) com grande apoio e pressão da comunidade cervejeira nas redes sociais. A decisão amplia o limite de faturamento das microcervejarias de R$ 3,6 milhões para R$ 4,8 milhões e cria as Empresas Simples de Crédito para facilitar o acesso ao crédito para as micros e pequenas empresas. A estimativa é de que o Simples diminua cerca de 32% da carga tributária do setor de bebidas alcoólicas, especialmente as pequenas vinícolas, microcervejarias e produtores de cachaça artesanal. No Brasil, a Abracerva estima que mais de 400 microcervejarias sejam beneficiadas. A medida tende a estimular o surgimento de novas cervejarias e gerar mais empregos no setor. A medida não deve impactar o preço das cervejas para o consumidor final a curto prazo, mas oferece melhores condições para aquecer o mercado (HENRRIQUES; SENNE, 2016).

3.3 – Estilos de cervejas

O BJCP (*Beer Judge Certification Program*) foi o responsável por catalogar uma infinidade de tipos e estilos de cerveja e elaborou um guia de estilos com base nas informações das cervejas como, por exemplo, cor, amargor, cheiro e sabor. Este guia de estilos surgiu em 1985 nos Estados Unidos e atualmente existem várias cópias traduzidas em diversas línguas sendo reconhecido no mundo inteiro (BONACCORSI, 2016).

As cervejas são classificadas em cinco itens na legislação brasileira (Decreto nº 2.314, de 4 de setembro de 1997, e Lei n° 8.918, art. 66, de 14 de ju1ho de 1994) de acordo com a Tabela 1:

Tabela 1. Classificação das cervejas no Brasil.

Pela fermentação
Alta fermentação (12- 15°C)
Baixa fermentação (5- 10°C)
Extrato primitivo
Leve → Acima de 5,0% até 10,5% em massa
Comum→ Acima de 10,5% até 12,5% em massa
Extra → Acima de 12,5% até 14,0% em massa
Forte → Acima de 14,0% em massa
Cor
Clara → menos de 20 unidade EBC
Escura → 20 ou mais unidades EBC
Teor alcoólico
Sem álcool → menos de 0,5% em volume de etanol
Alcoólica → igual ou maior que 0,5% em volume de etanol

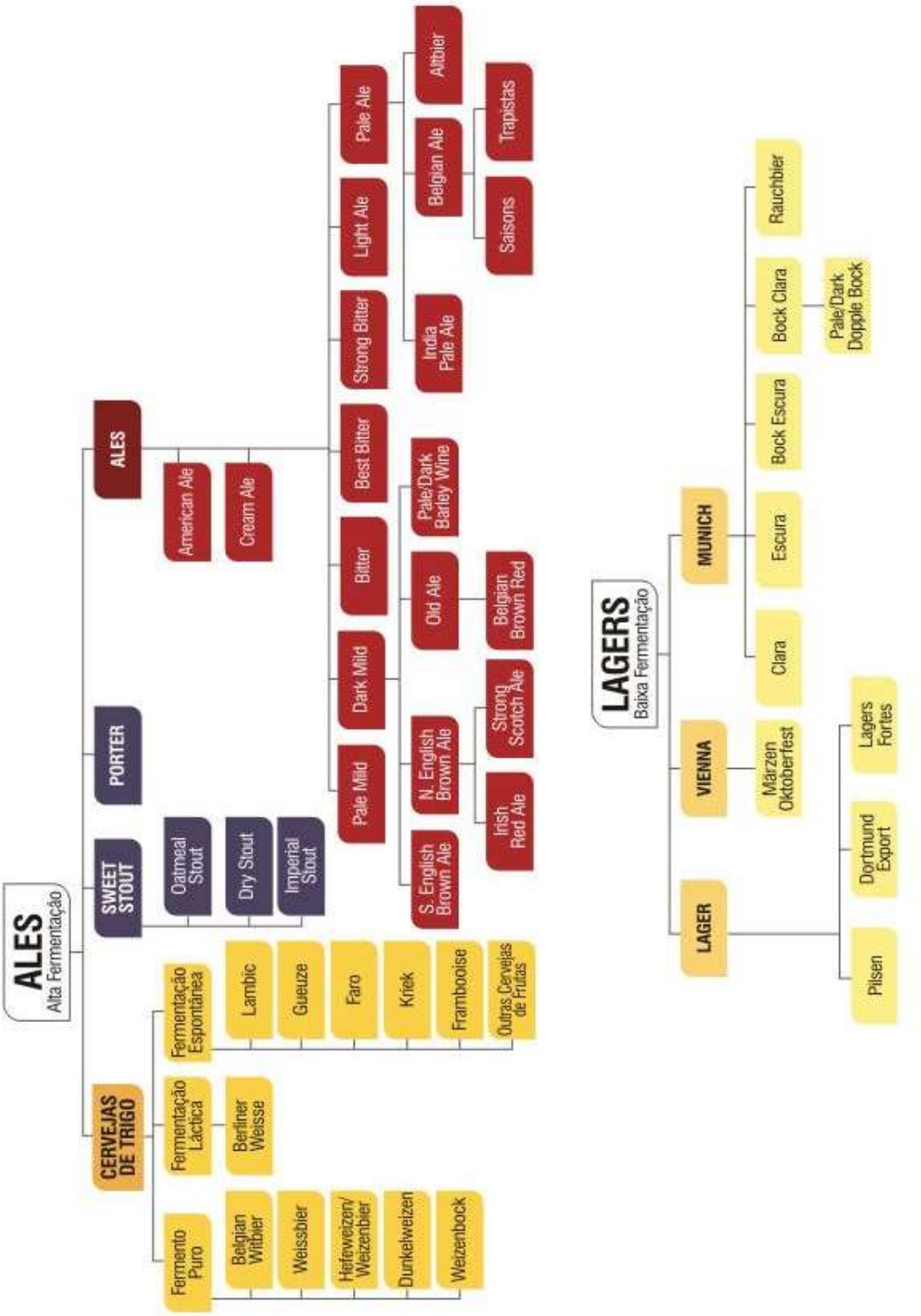
Fonte: Jorge, (2004).

As cervejas podem ser classificadas pelo teor de álcool e extrato, pelo malte ou segundo o tipo de fermentação. Porém, a mais comum categorização de estilos de cerveja é por tipos de leveduras. Este tipo de categorização dividem as cervejas em três grandes famílias, as chamadas *Ale*, *Lager e Lambic* (BONACCORSI, 2016).

As cervejas tipo *Ale*, utiliza leveduras de alta fermentação em sua produção, na qual as leveduras irão permanecer na parte superior do mosto que está no fermentador. Ocorre em temperaturas entre 15°C a 25°C. O processo de fermentação tem duração de 2 a 5 dias e teor alcoólico de 4% a 8%. Esse tipo de fermentação produz uma cerveja com sabor pronunciado de lúpulo, suavemente acidas e cor claras. Como exemplo tem-se a *Stout, Porter* e as de trigo. As do tipo *Lagers* utilizam-se leveduras que são caracterizadas por permanecerem no fundo do fermentador após o período de fermentação (temperaturas de 7ºC a 13ºC), temperaturas mais baixas do que no tipo *Ale*. Este processo de fermentação é mais lento, durando aproximadamente cinco dias. Essa fermentação produz uma cerveja com coloração mais clara, sabor suave e teor alcoólico entre 4% a 5%. Como exemplo desse tipo de cerveja é a *Pilsen* ou *Pilsener* (SIQUEIRA *et al*, 2008).

As cervejas da família *Lambic* são cervejas de fermentação espontânea, ou seja, a fermentação é feita com a microflora do ambiente. São bastante atípicas e pouco conhecidas no Brasil. Possuem um longo processo de produção e um alto custo. A *Lambic* original é produzida perto de Bruxelas. O nome vem da cidade de Lambeek. São cervejas com sabor bastante ácido. Normalmente adicionam-se frutas nessas cervejas para auxiliar no processo de fermentação espontânea, e podem ser também maturadas em barris de carvalho. Como exemplo deste tipo de cerveja encontrado no Brasil é a Kriek Boon (GREY, 2014).

Figura 1. Diferentes tipos de cerveja relacionados nos dois grandes grupos de Ale e Lager.



Fonte: Blog PAPO DE BAR.

4. MATÉRIAS-PRIMAS DO PROCESSO CERVEJEIRO

Atualmente as cervejas produzidas pelo mundo utilizam como base para sua produção três ingredientes, água, malte, lúpulo. Já a levedura não é considerada uma matéria prima, mas sim um agente de transformação bioquímica dos ingredientes, através da fermentação alcoólica (AQUARONE *et al*., 2001).

4.1 Água

A cerveja tem aproximadamente em sua constituição 92 a 95% de água, tornando-a a matéria prima principal para a produção cervejeira. Com efeito, as indústrias desse ramo localizam-se em regiões onde a água apresenta uma composição uniforme e com boa qualidade. A água pode apresentar "gosto" e até mesmo odor, dependendo da quantidade de sais dissolvidos, ou de possuir matéria orgânica e compostos gasosos. Além disso, a quantidade de sais dissolvidos e de matéria orgânica, afeta diretamente os processos químicos e enzimáticos que ocorrem durante a fermentação, e também, a qualidade da cerveja produzida. As águas utilizadas para a produção cervejeira devem ter os seguintes requisitos básicos: seguir os padrões de potabilidade; apresentar alcalinidade de 50mg/L (preferencialmente inferior a 25 mg/L) e possuir concentração de cálcio ao redor de 50 mg/L. Caso a água for de baixa qualidade, ou não apresentar composição química adequada, deverá ser tratada por diferentes processos. Já a água de microcervejarias, provenientes, de rede publica ou de poços, devem ser analisadas regularmente, quanto a dureza, ao odor, sabor e turbidez e, em intervalos maiores, com analises mais completas e exames microbiológicos (VENTURINI *et al.,* 2010).

4.2 Malte

A matéria-prima resultante da germinação em condições controladas de qualquer cereal é chamada tecnicamente de malte, podendo ele ser de cevada, arroz, milho, trigo, aveia, sorgo, triticale, entre outros. O malte de cevada é o mais comum utilizados nas cervejarias. A cevada é um cereal de cultivo muito antigo, utilizados em culturas neoliticas no Egito, gramínea pertencente ao gênero *Hordeum*. Seus grãos na espiga são alinhados em duas ou seis fileiras e envoltos por diversas camadas celulósicas, chamada palha, eliminada no beneficiamento, e a outras camadas aderentes ao grão, denominado de casca, que são usadas na fabricação da cerveja (VENTURINI *et al*., 2010).

Os grãos colhidos são armazenados em silos sob condições controladas de temperatura e umidade, aguardando o envio para maltaria, que é responsável pela transformação do grão de cevada em malte de cevada. O processo é simples, porém existe o controle das variáveis temperaturas, umidade e areação, favorecendo a germinação. Assim a germinação é interrompida quando o grão inicia a criação de uma nova planta, onde o amido contido nesse grão maltado tem cadeias menores, tornando menos duro e mais solúvel, possuindo enzimas no interior dos grãos

fundamentais para o processo de produção de cerveja. A tabela 1 mostra a diferenças nas composições do grão de cevada e de malte (VENTURINI *et al.,* 2010).

Tabela 2. Composição do grão de cevada e do malte.

Características	Cevada	Malte
Massa do grão (mg)	32-36	29-33
Umidade (%)	10-14	4-6
Amido (%)	55-60	50-55
Açucares (%)	0,5-1,0	8-10
Nitrogênio Total (%)	1,8-2,3	1,8-2,3
Nitrogênio Solúvel (% de N total)	10-12	35-50
Poder diastásico, ºLintner	50-60	100-250
alfa-amilase, unidades de dextrina	Traços	30-60
Atividade proteolítica	Traços	15-30

Fonte: VENTURINI, (2010).

4.3 Lúpulo

O lúpulo, classificada como *Humulus Lupulus,* é uma planta de difícil cultivo e típica de regiões frias, possui flores masculinas e femininas em plantas diferentes. O lúpulo pode ser comercializado na forma de flores secas (*in natura*), pellets ou em extratos. É uma matéria prima que confere parte do aroma da cerveja e amargor. O interesse industrial é maior sobre a planta feminina, principalmente sobre as flores (AQUARONE *et al.,* 2001). As flores fêmeas são agrupadas em cachos ou umbelas, que possuem uma vértebra, que apresenta várias dobras sobre as quais se fixam os pares de brácteas e bractéolas, que formam glândulas, onde são produzidos os grânulos de lupalina, onde se encontra as substâncias de interesse cervejeiro, responsáveis pelo aroma e amargor, que caracteriza cada tipo de lúpulo (VENTURINI *et al.,*2010).

Além de aroma e amargor, o lúpulo apresenta ação antisséptica, pois os ácidos *isoalfas* são bacteriostáticos, e ainda contribui para a estabilidade do sabor e da espuma da cerveja (AQUARONE *et al.,* 2001). O lúpulo em flor pode ser verificado na Figura 2.

Figura 2. Folhas de lúpulo.



Fonte: CARDOSO (2016).

4.4 Leveduras

As leveduras são micro-organismos pertencentes ao Reino *Fungi* e se apresentam principalmente sob forma unicelular. O desempenho das leveduras durante o processo de produção da cerveja é na fermentação. As leveduras, durante o processo de fermentação, metabolizam os açucares presentes no mosto cervejeiro produzindo álcool e gás carbônico a fim de produzir uma cerveja com qualidade e estabilidade sensorial satisfatória. As duas espécies de leveduras mais utilizadas na produção da cerveja são *Saccharomyces cerevisiae* (alta fermentação) e *Saccharomyces uvarum* (baixa fermentação). A utilização dessas leveduras determina se a cerveja é do tipo *Ale* ou do tipo *Lager*, respectivamente (FIGUEIREDO, CARVALHO, 2014).

Há muitos anos as leveduras vêm sendo utilizadas para a produção de pão, cerveja, vinho, outros alimentos e bebidas obtidas por fermentação, que é o caso da cerveja. Atualmente usa-se levedura em diferentes processos fermentativos, com a produção de variados tipos de produtos. Analisando sua atividade metabólica, pode se obter enzimas, vitaminas, proteínas, gorduras e etc (AQUARONE *et al.*, 2005).

As características de sabor e aroma presentes na cerveja são determinadas predominantes pelo tipo de levedura utilizada. O etanol, álcool primário, produzido pela levedura durante a fermentação do mosto, tem pequeno impacto no sabor da cerveja, o que vai realmente determinar o sabor da cerveja são o tipo e a concentração de vários outros produtos de excreção formados durante a fermentação, que depende do balanço metabólico global do cultivo da levedura. Esse balanço é dependente da cepa de levedura, da temperatura e do pH de fermentação, do tipo e da proporção de adjunto, do modelo de fermentador e da concentração do mosto (VENTURINI *et al.,* 2010).

4.5 Adjuntos

Os adjuntos são considerados carboidratos não maltados, mas que contém açucares fermentáveis, com composição e propriedades adequadas, completando ou suplementando o malte de cevada (VENTURINI *et al.,* 2010).

O adjunto precisa gerar açúcares fermentescíveis e dextrinas não fermentáveis, em proporções equivalentes às que se obtém em um mosto feito especificamente com o malte e com baixo teor de proteínas solúveis. A quantidade máxima de adjunto utilizada na formulação da cerveja é determinada pela capacidade das enzimas do malte hidrolisarem todo o amido contido nas matérias primas e, pela capacidade de o malte prover nutrientes à levedura como o nitrogênio, respeitando os limites impostos pela legislação de cada país produtor (AQUARONE *et al*., 2001).

O responsável pela definição da quantidade de cada componente na proporção malte/adjunto é o cervejeiro, no entanto, abusos de adjuntos podem resultar em mostos pobres nutricionalmente para a fermentação, relacionados à falta de nitrogênio no meio, como também de elevada viscosidade (D'AVILA *et al.,* 2012 apud VENTURINI FILHO, 2005).

Os adjuntos podem ser classificados segundo sua composição química, em amiláceos e açucarados. Dentre os adjuntos amiláceos, o milho na forma de "grits" (farinha grossa) e arroz como quirera tem sido os mais usados pelas cervejarias em nível mundial, incluindo as do Brasil. Flocos de cereais, cereais torrados e grão "micronizados", todos contendo amido já na forma gomificada, são utilizados apenas pelas cervejarias estrangeiras. Dentre os adjuntos açucarados destacam-se os xaropes de cerais, sendo o de milho o principal deles. O açúcar comum (sacarose) e o invertido (xarope de glicose e frutose), provenientes da cana de açúcar ou beterraba sacarina, são usados eventualmente para corrigir o teor de extrato final do mosto (AQUARONE *et al.*, 2001).

5. MACAÚBA

5.1 Origem e características

No Brasil, o Cerrado possui bioma com inúmeras espécies nativas com alto potencial para exploração econômica nos setores alimentício, farmacêutico e oleoquímico. A Macaúba, palmeira de ampla distribuição neste bioma, possui elevada produtividade de óleos e aproveitamento total dos co-produtos e por isso é vista como uma das espécies com maior potencial de exploração econômica imediata. Além disso, apresenta um sistema de cultivo considerado sustentável do ponto de vista ambiental, social e econômico (CICONINI, 2012).

A Macaúba é uma planta que se desenvolve bem nos solos de cerrado, principalmente nos Estados de Minas Gerais e Goiás, esta pertence à família da *Palmae*, gênero *Acrocomia*. No Estado de Minas Gerais é encontrada no Alto do Paranaíba; na região de Montes Claros, no norte de Minas;

e na Zona Metalúrgica, próximo a Belo Horizonte (VIEIRA, 2005 apud VEREDIANO, 2012, p. 17).

Essa espécie apresenta alta produtividade, na qual é consagrada em 500 a 5000 kg de óleo /ha, pois em um hectare (há) é possível plantar aproximadamente 200 palmeiras, produzindo 30 toneladas de cocos por hectares em um ano (MOTTA *et.al.*, 2002).

A árvore da macaúba é resistência a queimadas, variações climáticas e existem poucos registros de ataques de pragas ou doenças, apesar de se desenvolverem bem em solos férteis (ANDRADE et al., 2006). Seu tamanho pode atingir de 10 a 15 metros de altura e de 20 a 30 cm de diâmetro (LORENZI, SOUZA E MEDEIROS, 1996).

A espécie *Acrocomia aculeata* está representada na Figura 3 e é popularmente conhecida como Macaúba.

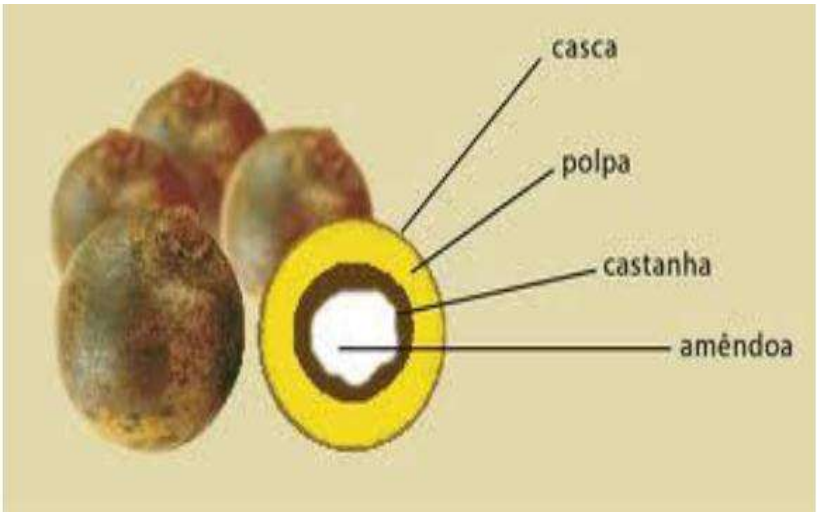
Figura 3. Palmeira da macaúba, espécie *Acrocomia aculeata*.



Fonte: Acervo pessoal, (2016).

O fruto é constituído de quatro partes distintas: a pele externa, uma casca fina e rígida de proteção da polpa que serve de ração para animais, a polpa que possui fibras e apresenta cor amarelo-alaranjada. A casca interna (tegumento) pode ser utilizada para fazer carvão. No interior da casca, mais dura, há uma ou duas amêndoas. O conjunto tegumento mais amêndoa compõe a semente da macaúba. Os frutos da macaúba só surgem quando a palmeira possui entre 4 e 5 anos de idade. O fruto da macaúba permite extrair o óleo tanto da amêndoa, como da polpa (PINTO E MIRANDA, 2010 apud VEREDIANO, 2012, p. 20).

Figura 4. Fruto da macaúba e suas partes.



Fonte: VEREDIANO, (2012).

A palmeira de macaúba possui um enorme potencial para a produção de óleo que pode ser aplicado nos setores industriais e energéticos, com vantagens sobre outras oleaginosas (MOTTA *et.al.*, 2002). Na extração do óleo da polpa, ocorre a geração de uma torta de alto valor nutricional e em sua composição encontram-se proteína, fibra, ferro, cálcio, várias vitaminas essenciais entre outros nutrientes (VEREDIANO, 2012 apud PIMENTA, 2010).

5.2 Caracterização da torta de Macaúba

Na torta residual encontra-se uma grande quantidade de fibras, que constitui o resíduo orgânico obtido em certas formas de extração. A fibra é visto como um alimento funcional, pelo fato de gerar vários benefícios à saúde, pois fornece efeitos metabólicos e/ou fisiológicos além do valor nutritivo especifico à sua composição química, podendo fornecer benefícios como a redução do risco de doenças crônicas degenerativas (NEUMANN, *et al*., 2002 apud VEREDIANO, 2012, p. 14).

A torta de macaúba contém um teor de gordura considerado alto, de aproximadamente 25,8%, no entanto, não constitui um problema devido à ausência de rancidez (índice de peróxidos). A rancificação interfere na estabilidade do paladar e na espuma da cerveja (D'AVILA *et al.,* 2012)

Segundo VERIDIANO (2012) as análises para a caracterização da torta residual foram realizadas obtendo valores médios dos teores de proteínas, lipídeos, cinzas, umidade, carboidratos e estão apresentados na tabela 2.

Tabela 3. Valores Médios dos teores de Proteínas, Lipídeos, Cinzas, Umidade e Carboidratos da Torta Residual de Macaúba (% m/m). Parâmetros teor (%) (b.s – base seca).

PARÂMETROS	TEOR (%)(b.s)
Proteínas	8,0 ± 0,5
Lipídeos	25,8 ± 0,2
Cinzas	4,4 ± 0,3
Umidade	8,44± 0,3
Acidez Titulável	2,7± 0,2
Carboidratos	53,36 ± 0,5
Rancidez	Negativo

Fonte: VERIDIANO, 2012.

Com objetivo de avaliar a potencial aplicabilidade da torta de macaúba na produção de cerveja, utilizando esta como adjunto de malte, realizou-se uma comparação entre suas respectivas características que estão apresentadas na tabela 3.

Tabela 4. Composição química aproximada da torta de macaúba comparada ao malte brasileiro.

COMPONENTE	TORTA DE MACAÚBA bs(%)	MALTE BRASILEIRO bs(%)
Umidade	8,44	5,52
Proteínas	8,0	10,22
Gorduras	25,8	1,65
Carboidratos	53,36	50-55
Cinzas	4,4	1.97

Fonte: Adaptada de VEREDIANO (2012) e AQUARONE (2001).

Segundo a caracterização da torta residual de macaúba, apresentada na tabela 3, esta apresenta potencial como complemento devido a seu baixo teor de proteína e lipídeos e elevado teor de carboidrato. No entanto, um dos problemas envolvendo os complementos do malte envolve seu teor de gordura. A gordura e outros lipídios interferem na estabilidade da espuma da cerveja, portanto quanto menor o teor dessas substâncias nas matérias-primas melhor será a estabilidade da espuma e menor a necessidade do uso de estabilizantes (MATOS *et al.,* 2005).

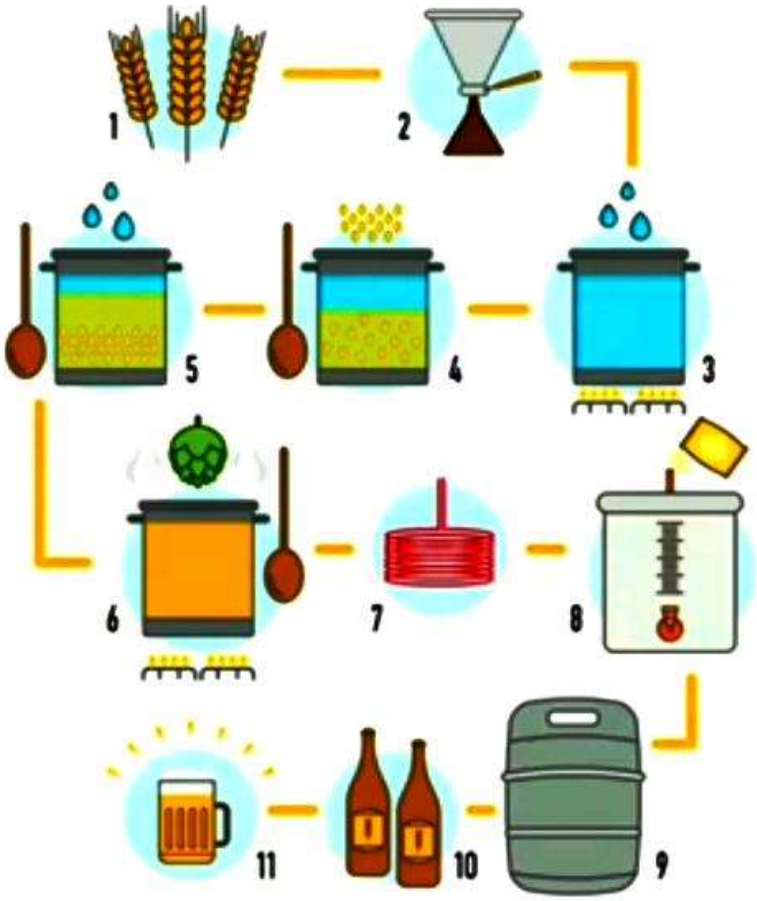
6. PROCESSO DE PRODUÇÃO DE CERVEJA

Para a produção da cerveja, a cevada maltada é moída e colocada em infusão; posteriormente é coada, fervida com lúpulo e novamente coada. Adiciona-se levedura para fermentar. O mosto é deixado em repouso para maturação. Após alguns dias de ”descanso”, a levedura é separada do mosto e a cerveja estará pronta para ser consumida. Esse processo demanda

muito conhecimento e prática, pois abrange várias e complexas reações químicas e bioquímicas que devem processar sob rigoroso controle (FERREIRA *et al* 2011, apud MORADO, 2009).

Na Figura 5 é apresentado o fluxograma geral de um processo de fabricação de uma cerveja artesanal. Nos tópicos posteriores estão descritas detalhadamente as etapas do processo.

Figura 5. Fluxograma do processo de produção de uma cerveja artesanal.



Legenda: 1) Malte/ 2) Moagem/ (3, 4 e 5) Mosturação (Brassagem)/ 6) Fervura/ 7) Resfriamento/ 8) Fermentação/ 9 e 10) Envase e carbonatação/ 11) Consumo.

Fonte: DINSLAKEN, (2016).

6.1 Moagem do malte

A moagem tem como objetivo a redução do grão de malte de modo uniforme, que vai ter influencia sobre a rapidez das transformações físico-químicas, rendimento, a clarificação e a qualidade do produto final. O objetivo é obter o rompimento da casca no sentido longitudinal, para expor a parte interna do grão, o endosperma; a desintegração total do endosperma, que promoverá melhor atuação enzimática e evitar grãos menores tipo farinha, a fim de evitar a formação de pasta dentro da solução (VENTURINI et al 2010).

6.2 Mosturação

Também conhecida como tratamento enzimático do mosto a mosturação se dá com a mistura do malte moído, com a água em temperatura e tempo controlados, dependendo do tipo de cerveja a

ser produzido. Essa etapa irá solubilizar as substancias do malte que são solúveis e água, e com a ajuda das enzimas solubilizar as substâncias insolúveis, propiciando a gomificação e posterior hidrólise do amido e açucares (VENTURINI et al 2010).

Cada enzima presente no malte possui uma faixa ideal de pH e temperatura para promover uma melhor degradação do material amiláceo. O objetivo é recuperar a maior quantidade possível de extrato a partir do malte ou da mistura de malte e adjuntos (CRUZ *et al.,* 2008).

As enzimas presentes no malte irão trabalhar segundo diferentes faixas de temperatura, na qual agirão em diferentes partes das moléculas de amido, de maneiras diferentes, quebrando-as em diferentes tamanhos, gerando açucares diferentes (PALMER, 1999). Normalmente, o mosto estando em altas temperaturas (67 a 72°C) produzem açúcares mais complexos, chamados "dextrinas", que não são fermentados pelas leveduras, resultando em cervejas mais doces e encorpadas. Temperaturas mais baixas na mistura (62 a 66°C) produzem açucares básicos, como a maltose, que é fermentada completamente pelas leveduras, o resultado são cervejas "secas" (sem doçura) (ERTHAL, 2006 apud MATOS, 2011, p. 32).

As enzimas presentes no malte que promovem a sacarificação são as amilases (α e β), glucanases, enzimas de desramificação, e proteases. Cada uma tem umas funções descritas na tabela 5, abaixo. Em conjunto, as enzimas fazem um trabalho complexo, e que a faixa de pH ideal do mosto se dá entre 5,0 e 5,5.

Tabela 5. Enzimas que atuam na mosturação, função e condições ideais.

Enzima	Temperatura de atividade (°C)	pH de atividade	Função
Glucanases	35 a 45	4,5 a 5,5	Quebram as moléculas que conferem a rigidez do amido.
Enzimas de desramificação	35 a 45	5 a 5,5	Hidrolisam ligações glicosídicas α-(1,6) na amilopectina (amido ramificado insolúvel) em amiloses.
Proteases	45 a 55	3,7 a 5,3	Degradam as proteínas formando complexos de menor peso molecular, mais solúveis, e que são importantes nutrientes no processo de fermentação. Os polipeptideos de alto peso molecular residuais, formados durante a maltação, serão importantes para a estabilidade da espuma.
β-amilases ou α - amilase	55 a 65	5 a 5,5	Decompõe a amilose e a amilopectina de fora pra dentro, de duas em duas unidades de glicose.
dextrinases limite	65 a 75	5,3 a 5,7	Atuam desordenamente sobre ligações internas α-(1-4).

Fonte: PALMER, (1999).

Depois do controle de temperatura/tempo, ao final da mosturação é realizado um teste com solução de iodo 0,2 N, necessário para verificar a sacarificação do malte, que será confirmada pela hidrolise completa do amido e ausência da coloração roxo-azulada (VENTURINI *et al.,* 2010).

6.3 Filtração do mosto

A etapa de filtração do mosto é executada em uma tina de filtração normalmente de aço inoxidável, a qual contém um agitador, um disco filtrante, bomba centrifuga e isolante térmico, sendo que a casca do malte vai ser a principal camada filtrante. Após etapas de recirculação do mosto, a camada filtrante é lavada com mais água em temperatura adequada, objetivando aumentar a extração do açúcar e também o rendimento do processo (VENTURINI *et al.,* 2010).

A mistura durante a filtração deve estar a uma temperatura de 75ºC, onde a viscosidade do mosto irá favorecer sua completa separação do resíduo, as enzimas do malte estarão inativas, o desenvolvimento bacteriano estará bloqueado e não existirá o risco de se extrair substancias insolúveis das matérias primas, principalmente os taninos da casca do malte (AQUARONE *et al.,* 2001).

6.4 Fervura

O mosto após a filtragem vai passar pela etapa de fervura e adição de lúpulo, ocasionando a inativação das enzimas, coagulação proteica, esterilização do mosto, liberação dos compostos amargos e aromáticos do lúpulo, aparecimento de substancias constituintes do aroma e sabor, evaporação de águas excedentes e componentes aromáticos indesejáveis a cerveja final. Realizada em panela de fervura, normalmente também de aço inoxidável. O acréscimo do lúpulo vai ser de acordo com o produto final desejado, sendo que a fervura do mosto vai até atingir a concentração de açúcar desejada, para o inicio da fermentação, com a evaporação de no máximo 10% do volume inicial (VENTURINI *et al.,* 2010).

6.5 Tratamento do Mosto

O tratamento do mosto é realizado com o objetivo de retirar o precipitado, estabelecer o resfriamento e posterior aeração. Na primeira etapa, quando a rotação forçada do meio, a força centrípeta precipita os complexos de proteínas, resinas e taninos denominados de *trub* , que sedimentam no fundo do tanque, são separados do mosto límpido. Depois da retirada do *trub* acontece o resfriamento do mosto através de um trocador de calor. Quando o mosto resfriado sai do trocador de calor ele passa para a etapa de fermentação (VENTURINI *et al.,* 2010).

6.6 Fermentação

O ponto principal para a produção da cerveja é a fermentação. Que tem como principal objetivo a conversão dos açucares em etanol e gás carbônico, realizado pela levedura. As fermentações são iniciadas utilizando culturas de leveduras renovadas de 4 a 6 ciclos fermentativos. O fermento deve fornecer ao mosto células de leveduras entre 10^6 a 10^8 células/mL. Todos os carboidratos fermentescíveis (maltose, maltrotriose, glicose, etc) são metabolizados pela levedura. Outros subprodutos também são desenvolvidos durante essa etapa sendo que eles permanecem no liquido ou são assimilados pelas leveduras. As leveduras além do álcool e do dióxido de carbono produzem os compostos de aroma e de sabor da cerveja, como subprodutos de seu metabolismo, essa produção varia de acordo com o crescimento celular, influenciados pelas condições do processo. O fermentador é onde se realiza a fermentação onde a temperatura, a pressão interna, e o monitoramento da produção de dióxido de carbono são controlados (VENTURINI *et al*., 2010).

6.7 Maturação

A maturação é como uma fermentação secundária, sendo que poucas mudanças ocorrem nessa etapa. No processo tradicional de fabricação de cerveja a maturação pode durar semanas e até meses. Porém é nessa etapa que ocorre a formação de compostos como os diacetil, muito pesquisado hoje em dia, e percursores dele alfa-acetolactato, entre outros, que são produzidos e reduzidos pela levedura na fermentação e maturação. Essa formação de compostos, que vai influenciar o sabor da cerveja que é diretamente relacionado com o crescimento da levedura. Os tanques onde a cerveja é armazenada, permanecendo em tanques em baixas temperaturas, possibilita o desenvolvimento das reações proporcionando as características organolépticas finais do produto. Esse processo também ocasiona a clarificação, pela precipitação de leveduras e proteínas e também de sólidos insolúveis. Acontecem também alterações químicas que ajudam a clarificação e melhoram o aroma e o sabor (VENTURINI *et al.,* 2012).

6.8 Clarificação

Após a etapa de maturação, a cerveja contém as leveduras e ainda partículas coloidais como complexos proteínas-polifenóis e ainda substâncias insolúveis, devido ao pH e temperaturas baixas nesse processo. Para que o produto seja límpido e brilhante é necessária a etapa de clarificação antes do envase do produto final. As técnicas básicas de clarificação podem ser feita através: (1) sedimentação por gravidade, onde a cerveja é fermentada e resfriada durante longos períodos a temperaturas a 0ºC, promovendo assim a sedimentação das leveduras e de outras partículas em suspensão; (2) uso de agentes clarificantes, que devido a sua estrutura química, possuem carga positiva e interagem com as células de leveduras (possuem cargas negativas), e com proteínas carregadas negativamente, e com posterior etapa de filtração, tem-se a remoção desses compostos;

(3) centrifugação, que são utilizadas atualmente nas cervejarias dois tipos, a decantadora e clarificadora, separando assim as leveduras das cervejas antes da filtração; (4) filtração, que tem como objetivo remover o material em suspensão com partículas que variam de tamanho de 0,5 a 0,4 micrômetros e as leveduras residuais que provocam a turbidez na cerveja (VENTURINI *et al*., 2010).

6.9 Carbonatação

A gaseificação pode ser feita com injeção de CO_2 forçadamente, ou por *priming.* O dióxido de carbono (CO_2), responsável pela sensação de acidez deixada na boca, é um constituinte muito importante e que deve ser controlado para que o produto final esteja com a qualidade desejada. Sua solubilidade na cerveja é calculada por volume de CO_2 por volume de cerveja, em condições normais de temperatura e pressão, ou seja, um volume de CO_2 é igual a 0,196% de CO_2 em peso ou 0,4 Kg CO_2/hL. A cerveja após a fermentação principal e secundária contém no máximo 1,2 a 1,7 volumes desse gás, sendo que as cervejas prontas para o consumo final têm entre dois a três volumes de CO_2. A carbonatação forçada é feita pela injeção de CO_2 em linha, onde o CO_2 desidratado é injetado, por uma placa porosa de aço inox após a filtragem antes de ir para os tanques de armazenamento. Ou a carbonatação é feita em tanque, conhecidos como tanques de pressão, mantendo uma elevada contrapressão durante o seu enchimento, ocasionando a retenção de CO_2 na cerveja e diminuindo a formação de espuma (VENTURINI *et al.,* 2010).

Na produção de caráter artesanal é realizado o *primming*, que consiste na adição de açúcar na cerveja não filtrada, e imediato envasamento. Esse açúcar adicionado tem que ser o de mais fácil uso da levedura, portanto ele deve passar pelo processo de inversão na qual é fervido por algum tempo para que a sacarose se transforme em glicose mais frutose, e em baixo pH para que não haja caramelização. As leveduras da cerveja irão fermentar esse açúcar, e produzir CO_2, e por estar fechada, a garrafa vai pressurizar, e o gás carbônico irá se armazenar no líquido. Em geral, aumenta em 0,3% a graduação alcoólica da original (MATOS, 2011).

6.10 Envase

O envase constitui da etapa de engarrafamento, enlatamento ou embarrilamento do produto final. Esse processo é executado em um equipamento chamada enchedora no caso de garrafas e latas ou em máquinas de embarrilamento, quando o envase acontece em barris (VENTIRINI *et al*., 2010).

7. METODOLOGIA

Este trabalho está inserido em projetos maiores, desenvolvido pelo TECDEF - Grupo de Pesquisa de Desenvolvimento em Tecnologias de Bebidas Destiladas e Fermentadas da UFSJ e em parceria com o grupo de pesquisa de Processos e Produtos do Fruto da Macaúba, do Departamento

de Engenharia Química da UFMG, onde já se realizam vários projetos relacionados ao aproveitamento integral do fruto da macaúba e suas diversas possibilidades de produção e utilização dos derivados do fruto, destacando e potencializando seu uso no ramo alimentício.

7.1 Obtenção da Matéria-prima

Em parceria com o Grupo de Pesquisa em Processos e Produtos do Fruto da Macaúba da UFMG, do Departamento de Engenharia Química- EEUFMG, a polpa de macaúba foi doada para a realização deste experimento. Os frutos foram coletados da palmeira localizada no campus da UFMG buscando o máximo de qualidade e diminuindo o risco de contágio por microrganismos presentes no solo. Após a higienização dos frutos, a casca foi rompida obtendo-se o fruto isento da casca. Em seguida foi retirada a polpa presa ao endocarpo que foi então armazenada em sacos plásticos e refrigerada a temperatura de -7ºC. É importante ressaltar que a polpa foi obtida em fevereiro de 2015.

Antes do processo da extração do óleo, foi retirado o excesso de umidade de polpa através de duas etapas de secagem:

1) Utilização de uma chapa aquecedora de marca *Diagtech*, modelo DT-3120H por 6 horas à temperatura de 60ºC. Nesta etapa, 5,022Kg de polpa foram distribuídos em formas de vidro para o processo de secagem ilustrado na figura 6.

Figura 6. Três chapas aquecedoras contendo polpa de macaúba antes do processo de secagem.



Fonte: Laboratório de química orgânica-DEQ-UFSJ, acervo pessoal (2016).

2) Em seguida, a polpa resultante do primeiro processo de secagem foi colocada em duas bandejas de alumínio e realizou-se a secagem da polpa por 42 horas em estufa de convecção Natural da marca *Quimis*, modelo N480 e ilustrado na figura 7.

Figura 7. Bandejas contendo polpa antes do segundo processo de secagem.



Fonte: Laboratório de química orgânica- DEQ-UFSJ, acervo pessoal (2012).

O uso da chapa aquecedora antes da estufa é realizado para evitar danos à mesma, retirando o excesso de água do alimento. Ambas as etapas foram realizadas à temperatura de 60ºC.

A polpa desidratada passou por uma cominuição através de um triturador semi-industrial e através de uma maceração mecânica através do esmagamento da torta de macaúba acondicionada em sacos plásticos usando um martelo. A prensagem da polpa para obtenção do óleo e da torta residual foi realizada no laboratório de Processos e Produtos do Fruto da Macaúba, do Departamento de Engenharia Química, EEUFMG.

Em seguida foi realizada a extração em prensa mecânica como apresentado na figura 8.

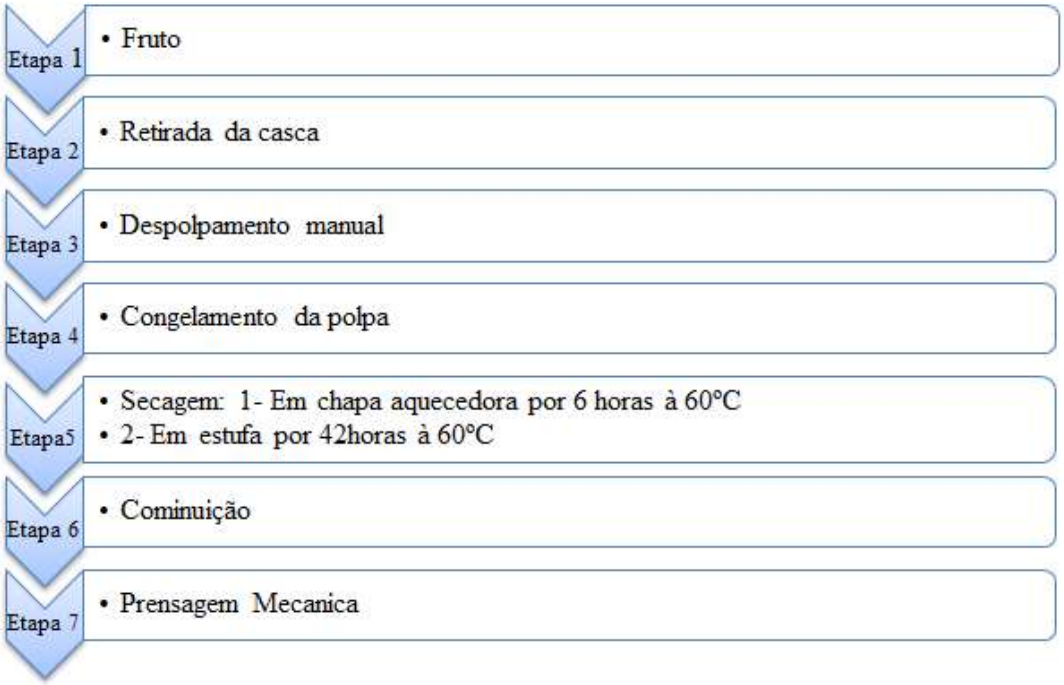
Figura 8. Prensa mecânica utilizada na extração do óleo da macaúba.



Fonte: VEREDIANO, 2012.

As etapas de todo o processo de obtenção da torta residual estão representadas no fluxograma abaixo (Figura 9).

Figura 9. Fluxograma de representação das etapas do processo de obtenção da torta residual.



7.2 Metodologia da Produção de cerveja

A produção de 12 litros de cerveja artesanal utilizando a torta de macaúba como adjunto substituindo 28,57% do malte ocorreu no LADEF- Laboratório de Tecnologia em Destilação e Fermentação da Universidade Federal de São João Del- Rei, Campus Alto Paraopeba (CAP) situado em Ouro Branco/ Minas Gerais. Para a produção foi realizado um *checklist* para garantir que todos os equipamentos e matérias primas necessárias estariam em conformidade para a fabricação.

7.3 Material utilizado

- Álcool 70%
- Reativo de lugol 5%
- Panelas de Alumínio para mostura com fundo falso
- Panela de Alumínio para água de lavagem
- Mangueira atóxica
- Fogareiro
- Filtro de água improvisado
- Termômetro
- Escumadeira
- Geladeira Eletrolux
- Proveta de 250ml Nalgon®
- Densímetro Incoterm 5582
- Placa de petri
- Papel Alumínio
- Moedor de discos
- Balança eletrônica Precisa JH2102
- Béquer de 2L
- Bomba peristáltica dosadora
- PHmetro
- Fermentadores de 5L
- Pá de plástico para agitação do mosto
- Bomba de reciclo
- Gelo
- Balde de 50L
- Garrafas de 600 mL
- Trocador de calor

7.4 Matérias-primas

As matérias primas utilizadas para a fabricação da cerveja foram compradas na Casa Olec, situada na cidade de Belo Horizonte. A receita utilizada foi baseada em uma *Fruit Beer,* na qual foi utilizada uma base *Ale*. A escolha por este tipo de cerveja se deve ao fato de ser uma categoria de cervejas feitas normalmente com qualquer fruta ou combinação de frutas. As quantidades necessárias para a receita foram calculadas pelo software *Beersmith Home Brewing* ® (ANEXO 2).

- 500g de aveia em flocos
- 500g de malte *Pale Ale*
- 1,5 Kg de malte *Pilsener*
- 16g de Lúpulo *Perle*
- 16g de Lúpulo *Furggles*
- 25L de água
- 1Kg de torta de macaúba
- 11g de Levedura seca (*Belle Saison*)

7.5 Processo de Produção de Cerveja

Para minimização das possibilidades de contaminação, inicialmente lavou-se todos os equipamentos com sabão neutro para remoção dos resíduos orgânicos e minerais presentes nas superfícies dos equipamentos. Em seguida todos os equipamentos foram sanitizados com álcool 70°GL com a finalidade de remover os microrganismos, reduzindo a níveis satisfatórios. É importante ressaltar que, para que esses procedimentos alcancem seus objetivos plenamente, é fundamental que a água utilizada no processo esteja dentro dos padrões de qualidade, por isso a água foi filtrada em um filtro improvisado para a retirada do cloro como mostra a figura 10.

Figura 10. Sistema de filtração.



Fonte: Acervo pessoal, 2016.

A seguir serão apresentadas as etapas de produção da cerveja proposta.

7.5.1 Mosturação

Realizou-se o aquecimento de 11 litros de água filtrada na panela com o fundo falso, até que se atingisse a temperatura de 68,9ºC. Neste intermédio, moeu-se o malte no moedor de grãos de disco e adicionou-se os grãos nessa panela, começando assim o processo denominado brasagem (figura 11) com constante agitação do mosto através de uma pá de cervejeiro. Nessa etapa o objetivo é a extração dos açúcares contidos nos grãos através de um processo químico enzimático. O controle da temperatura foi realizado através de um sensor de temperatura ligado a um computador.

Figura 11. Etapa de Brassagem com controle de temperatura.



Fonte: Acervo pessoal, 2016.

Nos 30 minutos iniciais da brassagem, realiza-se o teste do iodo para observar o nível de conversão de amido em açúcar. Para o teste, pinga-se três gotas de solução de iodo em uma placa de *Petri*. Em seguida retira-se uma pequena amostra (três gotas) do mosto e dispõe sobre uma das soluções de iodo na placa de petri. Observa-se se existe diferença de cor. Caso esteja uma coloração mais escura da amostra em relação a cor do iodo este é o indicativo de que nem todo o amido ainda foi transformado em açúcar. Mede-se a densidade com o densímetro para conferência, com o objetivo de atingir uma densidade de 1,049 g/mL, conforme a receita a recita obtida pelo *software Beersmith* .

Em seguida realiza-se a etapa do *Mach Out*, que é uma etapa que se aumenta a temperatura para ocorrer o processo de inativação das enzimas. Para isso, elevou-se a temperatura do mosto até 75,6°C. Manteve-se essa temperatura por dez minutos, sem que se se realize qualquer agitação com a pá cervejeira ou outro equipamento. Essa etapa é importante para que os sólidos se decantem de forma a se arranjarem em uma estrutura de "filtro de bagaços/cascas".

Posteriormente suspendeu-se a panela com o fundo falso, drenou-se o líquido do fundo da panela e recirculou-o pela camada de grãos através de uma bomba, começando a etapa de recirculação do mosto, que tem como finalidade filtrar o mosto obtido, já que a malha de grãos promove uma excelente camada filtrante.

Deu-se prosseguimento a etapa de recirculação com a etapa de lavagem do mosto, que consiste em adicionar água aquecida a 68ºC com a finalidade de lavar os grãos para extrair o máximo de açúcares. A lavagem consiste na dispersão da água aquecida sobre o bagaço com o auxilio da pá cervejeira de modo a não desfazer a constituição do "filtro de bagaços/cascas". Deve-se evitar dispersar a água na mesma região para que não ocorra a formação de caminhos preferenciais através da massa de grãos.

Em seguida, retirou-se o fundo falso e começou-se a etapa de fervura. Logo depois do mosto entrar em ebulição, adicionou-se 16g de lúpulo *Fuggles*. Completados os 60 minutos de fervura (esterilização do mosto e dissolução do lúpulo), adicionou-se 16g de lúpulo *Perle* e retirou-se a panela do fogo. Ao final da fervura havia sólidos insolúveis presentes no mosto. Para retira-los uma força centrípeta é necessária, para isso, com a ajuda da pá cervejeira mistura-se o mosto em movimento circular vigoroso durante 10 minutos (*whirlpool*), para formar um rodamoinho para remoção da parte vegetativa do lúpulo e decantação das proteínas coaguladas. É necessário descansar o mosto por 20 minutos para favorecer esse depósito de material no fundo da panela.

Resfriou-se o mosto para evitar que a alta temperatura inativasse as leveduras que seriam adicionadas posterioriormente a este processo. O resfriamento foi feito através de um trocador de calor de placas na qual o fluxo de água fria (água com gelo) corre no sentido contrário do líquido quente para assim ser refrigerado. O mosto quente passa por uma entrada do trocador de calor para a saída através de canais, formados por placas de inox. Da mesma forma a água fria passa de uma entrada do trocador de calor, mas em sentido contrário para outra saída de forma a não ocorrer a mistura dos líquidos, pois passam por caminhos diferentes. Desta forma estes caminhos, formados pelas placas, vão trocando calor entre si resultando em resfriamento. O mosto resfriado foi transferido para três fermentadores de cinco litros cada.

7.5.2 Fermentação

Posteriormente, com base das *software Beersmith*, fez-se hidratação do pacote de levedura com 230 ml de água destilada para favorecer a propagação de levedura. Mediu-se a densidade para obtenção do valor inicial da etapa de fermentação. Após a hidratação, adicionou-se a levedura nos 3 tanques de fermentação. Rosqueou-se a tampa do fermentador e neste adicionou-se o *Airlock.* O Airlock permite que CO_2 gerado pela ação das leveduras seja liberado e ao mesmo tempo impede a entrada do ar externo para dentro do fermentador evitando contaminação.

Por fim, deixou-se os fermentadores durante 10 dias, a uma temperatura de 21ºC controlada por um termostato instalado em uma geladeira como ilustra a figura 12.

Figura 12. Fermentadores na geladeira para controle de temperatura.



Fonte: Acervo pessoal, 2016.

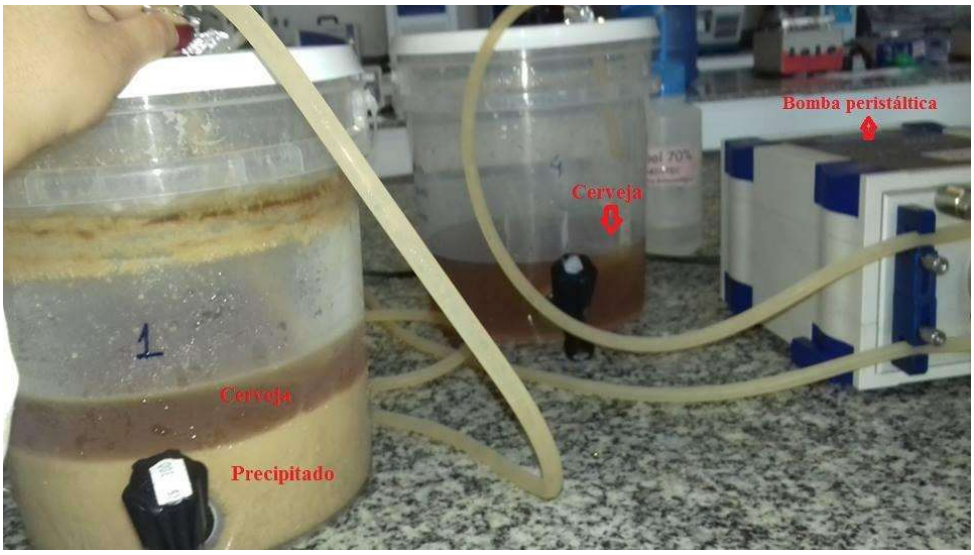
7.5.3 Maturação

Após os 10 dias de fermentação, abaixou-se a temperatura da geladeira para 4°C dando início a maturação que ocorreu durante 22 dias. Normalmente, o tempo de maturação é de 5 a 10 dias, no entanto, observou-se que o aspecto da cerveja estava muito viscoso e optou-se em deixar maturando um tempo maior para que os sólidos solúveis e leveduras decantassem no fermentador. Esta etapa funciona como uma segunda fermentação, na qual ocorrerá uma absorção dos subprodutos gerados na fermentação primária e um consequente arredondamento dos aromas/sabores da cerveja. Além disso, proporciona uma melhor clarificação da cerveja.

7.5.4 Envase

Para a etapa de envase foi realizado o *primming,* que consiste na adição de açúcar simples refinado ao mosto fermentado. No entanto, inicialmente foi necessário retirar o precipitado que ficou no fundo do fermentador para então envasar apenas a cerveja clarificada. Para isso, utilizou-se uma bomba peristáltica e a cerveja foi retirada pela parte superior do fermentador, com enorme cuidado para evitar contaminação, e transferiu-se para outro recipiente totalmente sanitizado. A Figura 13 ilustra este processo.

Figura 13. Processo de separação da cerveja do precipitado.



Fonte: acervo pessoal, 2016.

Posteriormente, adicionou-se 41,762g de açúcar em 7,593 litros de cerveja (uma proporção de 5,5g de açúcar por litro de cerveja) e homogeneizou-se a mistura. Este açúcar adicionado irá servir de fonte de carboidrato para as leveduras ali presentes continuarem com o processo de fermentação. Aumentando o teor alcoólico da cerveja (em torno de 2%) e promovendo a carbonatação.

Por fim, a cerveja foi envasada nas garrafas, que foram esterilizadas em autoclave. Lacrou-se então as garrafas de 600 mL utilizando um lacrador manual (figura 14). Reservou-se as garrafas em temperatura 20°C durante 7 dias para a etapa de carbonatação.

Figura 14. Envase das garrafas em um lacrador manual.



Fonte: Acervo pessoal, 2016.

Após a carbonatação realizou-se análises de acordo com a regulamentação do Ministério da Agricultura e Pecuária e Abastecimento (MAPA) dos seguintes parâmetros: Acidez Total, Proteínas Totais, pH, Teor de Cinzas, Açucares totais, cor, densidade e teor alcoólico.

8. ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS

As análises físico-químicas foram realizadas segundo o Manual de Métodos de Análises de Bebidas e Vinagres exigidas pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA, 2008). O Ministério da Agricultura registra e fiscaliza bebidas alcoólicas e não alcoólicas. A qualidade na elaboração e industrialização desses produtos deve ser atestada para que não ofereçam riscos à saúde humana.

Os testes foram realizados nos Laboratórios de Química, Biotecnologia e Físico-química da UFSJ- Campus Alto Paraopeba. As análises foram realizadas em triplicatas e as amostras estavam descarbonatadas. Para a descarbonatação (remoção do dióxido de carbono), as amostras foram transferidas para um béquer e aquecidas em chapa de aquecimento até total evaporação do CO_2.

A metodologia para realização das análises físico-químicas estão descritos no ANEXO 1.

8.1 Análise Organoléptica

Segundo MAPA (2008), as características organolépticas de um produto (aspecto, cor, odor e sabor) refletem a qualidade do processamento e dos ingredientes utilizados na elaboração do mesmo. Antes da abertura da amostra deve-se observar:

- Aspecto: ausência de elementos estranhos a natureza do produto.
- Coloração característica com a origem dos componentes da matéria prima.
- Limpidez: ausência de corpos estranhos, depósitos e/ou turvações.
- Vazamentos: o recipiente não deve apresentar vazamento.
- Estufamento: (gases) estado da embalagem.
- Outros aspectos relevantes da embalagem e da aparência

No ato da abertura da embalagem deve-se verificar:

- Imediatamente: o odor, a aparência e a presença de gases (adicionados propositadamente ou devido a alguma anormalidade).
- Por degustação: sensação na boca e possível alteração de sabor.

Na expressão do resultado, revelar como NORMAL ou ANORMAL. Se o resultado for anormal deverá especificar no campo observações do certificado de análise qual a anormalidade encontrada.

8.2 Açúcares Totais

Seguiu-se o protocolo de análise do teor de Açúcares Totais exigido pelo Ministério da Agricultura e Pecuária (MAPA). É um método titulométrico (Método *Eynon Lane*) e tem como principio a hidrólise prévia em meio ácido de açúcares não redutores, dissociando os dissacarídeos em seus monossacarídeos, os quais reagem com os íons cúpricos da solução de *Fehlin*g, reduzindo-os a íons cuprosos, sob a ação do calor em meio alcalino. Os açúcares sofrem oxidação, ao reagir com os íons cúpricos enquanto o Cu(II) é reduzido a Cu(I), formando-se um precipitado vermelho de óxido cuproso.

Os açúcares totais serão determinados pela Equação 1.

$$At = \frac{(b-a)\times 5\times f1\times f2}{V} \qquad (1)$$

Onde

At	=	Teor de açúcar total em glicose (g/L).
b	=	Volume da solução de glicose gasto na titulação do branco, em mL.
a	=	Volume da solução de glicose gasto na titulação da amostra, em mL.

$f1$	=	Fator que envolve todas as diluições e as grandezas de massa ou volume usadas na tomada da amostra.
$f2$	=	Fator de conversão para expressão dos resultados em glicose (1,00).
V	=	Volume da amostra preparada usado na titulação, em mL.

8.3 Proteínas solúveis

Para determinação de proteínas solúveis urilizou-se o método de *Lowry*. O método se baseia numa mistura de molibdato, tungstato e ácido fosfórico (reagente Folin Ciocalteau) que sofre uma redução quando reage com proteínas, na presença do catalisador Cu+2 e produz um composto em absorção máxima de 750 nm. Os aminoácidos cromógenos são tirosina e triptofano. O aparecimento da cor do ensaio parece ser bastante estável até 4 horas após a adição do reagente de Folin-Ciocalteau (POMORY, 2008 apud SANTOS, 2012).

8.4 Análise de sólidos totais

Seguiu-se o protocolo de análise de sólidos totais exigido pelo Ministério da Agricultura e Pecuária (MAPA). É um Método Gravimétrico, que baseia-se na evaporação da água e substâncias voláteis a 105°C e pesagem do extrato não volatilizado. Quando as amostras atingiram peso constante, subtraiu-se o peso do béquer e comparou-se com o peso inicial da amostra, sendo demonstrado em porcentagem. Foi realizada uma média aritmética com os resultados obtidos.

8.5 Acidez total

É um método titulométrico (acidimétrico), que se baseia na reação de neutralização dos ácidos com solução padronizada de ácali, até o ponto de equivalência ou potenciômetro até pH=8,2 (MAPA, 2008). Para a obtenção dos valores de acidez total (meq/L) utilizou-se a equação 2.

$$At = \frac{1000 \times n \times N}{V} \qquad (2)$$

Onde

At	=	Acidez total em meq/L.
n	=	Volume da solução de hidróxido de sódio gasto na titulação, em mL.
N	=	Normalidade da solução de hidróxido de sódio.
V	=	Volume da amostra em mL.

8.6 pH

Seguiu-se o protocolo de análise do pH exigido pelo Ministério da Agricultura e Pecuária (MAPA), que se baseia em medir a diferença de potencial entre dois eletrodos mergulhados no

líquido estudado através de um pHmetro. Um dos eletrodos tem um potencial que é uma função definida do pH deste líquido, o outro tem um potencial fixo e conhecido, e constitui o eletrodo de referência.

8.7 Densidade

A medida da densidade durante a produção de cerveja é utilizada para aferir o teor de açúcar no meio. O densímetro possui uma escala de 1.000 a 1.100 para determinar a densidade durante o processo de elaboração do mosto, bem como a atenuação do extrato durante a fermentação. Necessita-se de um cilindro volumétrico (proveta) de 250 ml, podendo ser de plástico ou de vidro. Sendo a densidade da água 1.000, ao adicionar açúcar na água, sua densidade irá aumentar. É o que ocorre na brassagem, onde o amido do malte é convertido em açúcar, aumentando assim a sua densidade. A maioria das cervejas apresenta uma densidade inicial (OG – *original gravity*), medida antes da inoculação do fermento, entre 1.035 a 1.060. Já na fermentação, as leveduras consomem o açúcar produzindo álcool e dessa forma a concentração de açúcar diminui , diminuindo a densidade durante a fermentação (LAMAS, 2014).

Utilizando um densímetro de massa específica, mediram-se a densidade antes, durante e após a fermentação, a 20°C, da cerveja artesanal produzida.

O densímetro de massa específica é essencial para medir o progresso da fermentação (atenuação), que permite obter o volume de álcool final na cerveja. O densímetro é um instrumento que mede a densidade de líquidos em relação a densidade da água. Apesar de ser um equipamento muito preciso, o densímetro possui algumas desvantagens, como o desperdício de cerveja na leitura do mosto fermentado. Durante a leitura é preciso usar uma proveta de 250 mL e o líquido utilizado para medir a fermentação deve ser descartado para evitar a contaminação da cerveja. Desta forma, em cada medição da densidade, 250 mL de cerveja são desperdiçados (isso para medições de densidade final) (LAMAS, 2014).

8.8 Cor

Para avaliar a cor da cerveja duas escalas são comumente utilizadas: a EBC (European Brewing Convention), europeia, e a SRM (*Standard Reference Method*), americana, conforme a figura 15. Ambas as escalas utilizam a espectrofotometria para definir o padrão das cores das cervejas. As escalas iniciam-se em zero, mas não há um valor máximo definido. A escala europeia classifica como cervejas claras aquelas que possuem 20 ou menos unidades EBC, e como cervejas escuras as que apresentam mais de 20 unidades EBC. Essas mesmas escalas são utilizadas para a classificação da cor do malte.

Para analisar os parâmetros relacionados à cor da cerveja produzida, foi utilizado o método *ASBC 10- A.* O passo a passo do procedimento encontra-se no ANEXO 1. Realizou-se o cálculo de *SRM* a partir do valor da absorbância a 430 nm, conforme a equação 3.

$$SEM = 12{,}7 \times \text{Fator de diluição (D)} \times \text{Absorbância (Abs)} \qquad (3)$$

Figura 15. Classificação de cervejas quanto à cor.

SRM	2	3	4	6	10	13	17	20	24	29	35	40	70
Cor													
EBC	4	6	8	12	20	26	33	39	47	57	69	79	138
Cor	Amarelo Palha	Amarelo	Dourado	Âmbar	Cobre claro	Cobre	Marrom claro	Maroom	Marrom escuro	Marrom muito escuro	Preto	Preto opaco	

Fonte: Dinslaken (2016).

8.9 Teor alcóolico

O teor alcoólico é um parâmetro de enorme importância quando se trata de cerveja. Ele é obtido durante a fermentação, onde as leveduras consomem os açucares fermentescíveis do mosto gerando álcool e CO_2 .

Durante a produção da cerveja o teor alcoólico foi obtido medindo a densidade do produto antes da inoculação do fermento (OG – *Origin Graviyi*) e depois da carbonatação (FG – *Final Gravity*).

Segundo LAMAS (2014), a fórmula utilizada para se calcular a quantidade de álcool na cerveja é:

$$ABV\ (concentração\ de\ alcool) = (Densidade\ inicial - Densidade\ Final)\ X\ 131 \qquad (4)$$

Exemplo: com uma densidade inicial de 1,069 e final de 1,013 teremos, pela fórmula acima, uma cerveja com 7,3% de álcool.

De acordo com MORADO (2009), o padrão de medida atualmente utilizado é o ABV (*alcohol by volume*) ou, em português, APV (álcool por volume). As cervejas podem ser divididas, quanto ao teor alcoólico, em quatro grupos: cervejas sem álcool, de baixo, médio e alto teor alcoólico, apresentados na tabela 6.

Tabela 6. Classificação das cervejas quanto ao teor alcoólico.

APV	Classificação
Inferior ou igual a 0,5%	Cerveja sem álcool
Entre 0,5% e 2,0%	Cerveja de baixo teor alcoólico
Entre 2,0 e 4,5%	Cerveja de médio teor alcoólico
Superior a 4,5%	Cerveja de alto teor alcoólico

Fonte: Morado (2009).

8.10 Cinzas

É um método gravimétrico que tem como principio a quantificação do resíduo, após eliminação da matéria orgânica e inorgânica volátil quando a amostra é incinerada a 550 C± 25°C, até que o resíduo se torne branco ou acinzentado (MAPA, 2008). Para obtenção da concentração de cinzas (g/L) utiliza-se a equação 6.

$$C = D \times (a - b) \qquad (5)$$

Onde

C= Cinzas da amostra em gramas por Litro (g/L)

a= Massa do cadinho com cinzas, em gramas.

b= Massa do cadinho, em gramas.

D= Fator relacionado à tomada de amostra (D = 40 p/ 25 mL e D = 100 p/ 10 mL).

9. ANÁLISE SENSORIAL

Análise sensorial é uma metodologia científica utilizada para avaliar, medir e interpretar reações ocasionadas pelas características dos alimentos e bebidas, quando estas são percebidas pelos sentidos da visão, audição, tato, olfato e gustação (FIGUEIREDO, CARVALHO, 2014). Durante a degustação, é importante que duas propriedades sensoriais sejam analisadas: o sabor e o aroma. O primeiro, de acordo com a ABNT (1993), é o conjunto das experiências olfativas, gustativas e táteis. Já o segundo, nada mais é do que a percepção, que temos via retronasal, pelo órgão olfativo.

A cerveja pode ser avaliada pelo seu sabor, que é uma sensação completa de gosto e odor. A percepção do sabor abrange a interação entre os quatro gostos básicos sentidos na língua – doce, salgado, azedo e amargo. Na cavidade nasal são sentidas aromas de substancias voláteis. O corpo da cerveja está relacionado com sua viscosidade. Outra propriedade do sabor é a adstringência que está relacionada aos polifenóis, melanoidinas e a prolina. (AQUARONE et al, 2005).

O sabor de uma cerveja é influenciado pelo aroma e amargor do lúpulo, componentes do malte, adjuntos, que normalmente são utilizados para suavizar o sabor do malte e pelos produtos do metabolismo das leveduras. O álcool é um produto secundário na formação de sabor. O diacetil que é gerado pelas leveduras confere odor desagradável, portanto é necessário a maturação a uma temperatura baixa para diminuir a concentração desses compostos (AQUARONE et al, 2005).

O objetivo final a que se propõem o desenvolvimento ou a inovação de um produto é a aceitação por parte do consumidor. Para ele, não importa se o alimento possui características químicas, físicas ou microbiológicas o que importa é se a característica sensorial do alimento atende as suas necessidades (MINIM, 2006).

As informações obtidas através da avaliação sensorial podem ser utilizadas pelas empresas como suporte técnico para pesquisa, industrialização, marketing e controle de qualidade, e para sustentar decisões administrativas, o que resulta numa diminuição dos riscos que acompanham os processos de tomada de decisão. Na perspectiva do consumidor, a análise sensorial em produtos industriais assegura que os mesmos cheguem ao mercado não somente com um bom conceito, mas também com atributos sensoriais desejáveis e que satisfaçam suas expectativas (DUTCOSKY, 2007).

9.1 Teste de Aceitação

O principal objetivo do teste de aceitação é determinar, através da análise das respostas dos indivíduos, se um produto ou alguma característica particular deste produto terá uma boa aceitação pelo mercado. Segundo a Associação Brasileira de Normas Técnicas (1933) esta aceitabilidade, é "o grau de aceitação de um produto favoravelmente recebido por um determinado indivíduo ou população, em termos de propriedades sensoriais" (FIGUEIREDO, CARVALHO, 2014).

O objetivo dos testes de aceitação é avaliar se o produto agradou o provador utilizando uma escala como a escala hedônica. Esta escala é de fácil compreensão pelos provadores que expressam sua aceitação pelo produto seguindo uma escala previamente estabelecida que varie gradativamente do gosto extremamente a desgosto extremamente (MINIM, 2006). A escala hedônica utilizada encontra-se no ANEXO 3.

9.2 Aplicação do teste

Na realização da análise sensorial de um produto é necessário englobar o maior número de informações possíveis. Para uma avaliação ideal, o correto é que o teste seja aplicado duas horas antes ou depois das refeições. É necessário oferecer água, pão ou biscoito água e sal para intercalar com as amostras. Em testes de preferência e aceitabilidade, o produto deve ser oferecido na forma em que normalmente é consumido (DUTCOSK, 2007).

É preciso definir e padronizar a quantidade e a temperatura ideal para a degustação das amostras. As amostras devem estar à mesma temperatura no momento da análise, garantindo a uniformidade. É imprescindível a codificação das amostras, utilizando de preferência 3 dígitos É necessário ter DE 30 a 50 julgadores para obter uma boa resposta de preferência em um teste sensorial (DUTCOSK, 2007).

Para obtenção dos resultados dos testes sensoriais é necessário utilizar um questionário ou uma ficha de avaliação das amostras. Os provadores poderão registrar nesse questionário sua avaliação sobre as características em estudo. Esses questionários devem ser simples e claros para serem entendidas pelos julgadores, precisam conter espaços em branco a serem preenchidos para a avaliação e algumas linhas em branco devem constar ao final da ficha para que os avaliadores possam tecer alguns comentários (MINIM, 2006).

A cerveja obtida artesanalmente utilizando a torta de macaúba como adjunto de malte foi avaliado através de testes de consumidor utilizando 43 provadores com idade entre 18 e 50 anos de ambos os sexos, alunos e professores da Universidade Federal de São João Del Rei,

Campus Alto Paraopeba – UFSJ/CAP. Para isso foram realizados o teste de aceitação com escala hedônica de 9 pontos. Neste teste, foi avaliada a aceitação global da cerveja como um todo.

10. RESULTADOS E DISCUSSÃO

10.1 Obtenção da matéria prima

Aproximadamente 5,022kg de polpa congelada foram distribuídas uniformemente em bandejas de vidro para o primeiro processo de secagem, conforme descrito no item 9.1 e ilustrado na figura 16.

Após a primeira etapa de secagem em chapa aquecedora durante 6 horas, a massa de polpa resultante foi 4,804kg, tendo uma perda de umidade de 0,218kg.

Depois da segunda etapa de secagem, realizada em estufa por 42 horas, obteve-se uma massa de polpa resultante de 2,886kg, tendo uma perda de umidade de 2,136 kg. A polpa após 46 horas de secagem pode ser observada na figura 16.

Figura 16. Bandejas contendo a polpa após 46 horas de secagem.



Fonte: Laboratório de química orgânica- DEQ-UFSJ, acervo pessoal (2016).

Considerando os dois processos de secagem, ocorreu uma redução de umidade de 57,46%.

A polpa parcialmente desidratada foi separada em sacos plásticos sendo novamente armazenada e refrigerada a 7ºC.

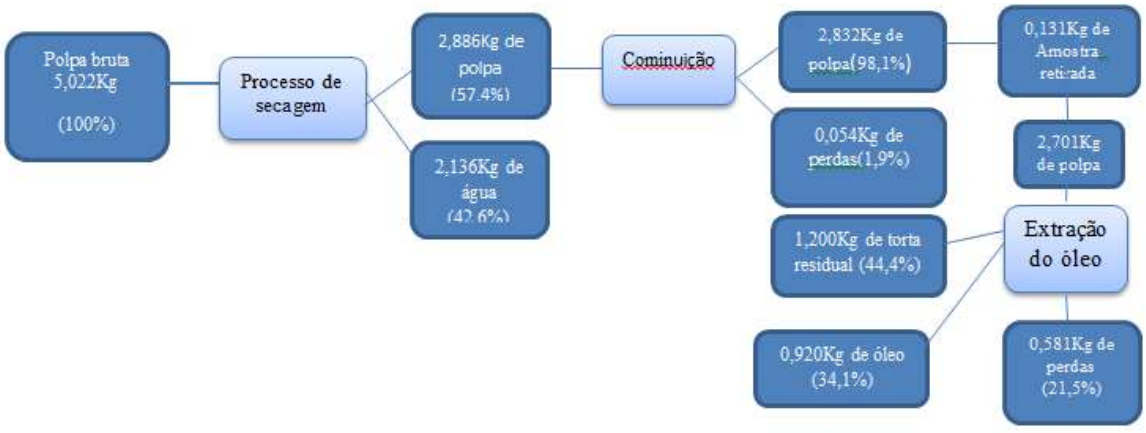
Posteriormente a polpa parcialmente desidratada passou por uma cominuição que reduziu consideravelmente seu tamanho obtendo um total de 2,832 kg de polpa. Retirou-se 0,131kg de amostra para possíveis análises em trabalhos futuros.

A massa da polpa prensada foi de 2,701 kg, nesta etapa, por algumas vezes ocorreu queima da polpa quando esta era prensada acima de 5 vezes, observando-se a necessidade de controle e ajuste da abertura da prensa. Considera-se que no início a prensa deve estar com menor distância do eixo. Até no final é necessário reduzir a pressão, dessa forma, vai aumentando a distância da folga da prensa.

Após extração do óleo separou-se a torta residual em sacos plásticos sendo novamente armazenadas e refrigeradas a 7ºC.

A Figura 17 apresenta o fluxograma como exemplo do cálculo do rendimento obtido durante todo o processo de obtenção da torta residual (matéria- prima), após extração do óleo.

Figura 17. Fluxograma do rendimento para obtenção da torta Residual.



Fonte: Acervo pessoal, (2016).

As perdas de 0,581kg obtidas após a extração equivalem à borra recolhida no óleo extraído da prensa (0,139kg) e do material que caiu no chão no momento da prensagem que foi de 0,442kg, ou seja, a massa de polpa efetivamente prensada foi de 2,120kg (2,701kg – 0,442kg= 2,259kg). Mesmo após a prensagem da polpa encontra-se uma quantidade significativa de

óleo residual na torta de macaúba. Para saber o teor de óleo residual foi feito um calculo aproximado, uma vez que não foram feitas medidas especificas sobre cada parte da torta.

Massa de óleo perdida na borra = 139 x 0,8 = 0,111kg.

Massa total dos produtos finais = 1200 + 920 + 139 = 2,259kg.

Massa de óleo inicial na polpa 2259 x 0,6 = 1,355kg.

Massa de óleo na torta = massa de óleo inicial - massa de óleo pesado - massa de óleo perdido na borra = 1,355-0,920-0,111 = 0,324kg.

Porcentagem de óleo estimado na torta = 0,324/1,200 = 27%. Assim, espera-se uma torta com 27% de óleo. Destaca-se que as analises não foram realizadas por falta de tempo e recursos do laboratório da UFSJ.

10.2 Resultados do processo de Produção da cerveja

Na etapa de brasagem, durante a os trinta minutos iniciais, quando estabilizou-se a temperatura do mosto nos 68°C, realizou-se o teste do iodo. De acordo com o teste notou-se que ainda não havia ocorrido a conversão da maior parte do amido em açúcares fermentáveis. Seguiu-se com a brassagem normalmente. Passados vinte minutos, realizou-se novamente o teste do iodo, o resultado indicava que ainda existia amido que podia ser convertido em açúcar. Portanto, deu seguimento com o processo de mostura. Trinta minutos depois, com um novo teste de iodo, observou-se uma grande semelhança com o resultado obtido anteriormente.

Antes da fervura, mediu-se a densidade do mosto para saber a quantidade de sólidos (açúcar) dissolvidos no mosto e obteve-se 1060g/ml. Dessa forma, foi preciso corrigir a densidade adicionando água, pois, de acordo com o cálculo do *Software BeerSmith* a densidade final, antes da fermentação, deveria estar em torno de 1049g/ml. O *Beersmith* não considera os sólidos soluveis da torta da Macaúba e por isso obteve-se um OG mais encorpado. Posteriormente, passados 20 minutos realizou-se novamente o teste de iodo e este apresentou uma coloração mais clara indicando que houve eficiência da hidrolise do amido em açúcar fermentável. Realizou-se o *Mach Out* e depois a lavagem dos grãos como descritos. Porém, na água de lavagem utilizou-se os 14 litros de água, porque 2 litros foram gastos para redução da temperatura do mosto quando ocorreu picos de elevação da temperatura.

Em seguida elevou-se a temperatura do mosto até que iniciar a fervura para a realização das etapas de lupulagem. Durante este processo, ocorreu um depósito de partículas finas, provavelmente oriundas da torta de macaúba e devido a elevação da temperatura

grudaram no fundo da panela e começaram a queimar. Com isso, foi necessário passar o mosto para outra panela e lavar o fundo da utilizada anteriormente para ser novamente usada. Nesta etapa, as massas dos lúpulos adicionados foram de 32g. As próximas etapas, de filtração do mosto, resfriamento e fermentação ocorreram conforme descritos na metodologia.

Após três dias de fermentação, mediu-se a densidade obtendo um valor de 1,015g/ml. O pH após três dias de fermentação apresentava-se em torno de 4,5. Observou-se também que a cerveja apresentava um aspecto bem viscoso. Passados os 10 dias de fermentação, mediu-se novamente a densidade obtendo 1,012 g/ml indicando que a fermentação foi eficiente. Com ocorreu diminuição da densidade, de 1,040 g/ml (antes da fermentação) para 1012 g/ml (após a fermentação), pode-se concluir que a fermentação foi eficiente, ou seja, as leveduras estavam consumindo os açúcares presentes no mosto. Observou-se também que a cerveja apresentava um aspecto bem viscoso. As medições das densidades ao longo do processo estão apresentadas na tabela 7.

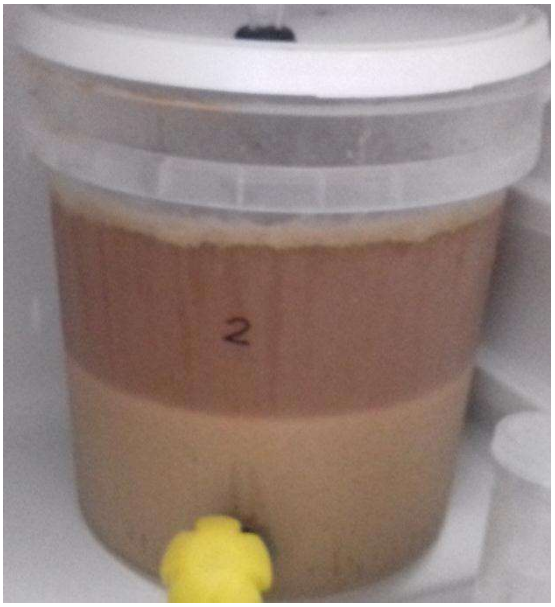
Tabela 7. Densidades medidas ao longo do processo de produção a temperatura de 20°C.

Etapa	Densidade (g/ml)
Início da mosturação	1,060
Final da mosturação	1,049
Inicio da fermentação	1,040
Após três dias de fermentação	1,015
Após 10 dias de fermentação	1,012

Fonte: Acervo pessoal, (2016).

Durante o processo de maturação, que ocorreu no próprio fermentador, observou-se as leveduras e alguns sólidos suspensos na cerveja que estavam deixando o aspecto viscoso, decantou dentro do fermentador (Figura 18).

Figura 18. Aspecto da cerveja durante a maturação.



Fonte: Acervo pessoal, (2016).

Na etapa de envase, não foi possível retirar a cerveja através da torneira do fermentador, pois o decantado encontrava-se muito acima do nível da torneira, optou-se então, por retirar a cerveja pelo topo do fermentador, através de uma bomba peristáltica obtendo a cerveja mais clarificada em outro balde fermentador sanitizado, como mostrado na metodologia (Figura 13). Durante este processo, foi tomado todo o cuidado para evitar possíveis contaminações por outros micro-organismos. Nesta etapa, ocorreu uma enorme perda do volume de cerveja produzido, pois a cerveja que decantou foi descartada. O volume inicial de cerveja colocado para fermentar foi de 12,073L, depois da retirada do decantado obteve-se um volume final de cerveja de 7,593L.

O cálculo de açúcar utilizado para fazer o *primming* foi de 5,5g de açúcar refinado para 1 litro de cerveja produzida. Dessa forma, para 7,593L adicionou-se 41,762g de açúcar. Posteriormente, envasou-se a cerveja em garrafas de 600ml, como descrito na metodologia e aguardou-se sete dias para carbonatação da cerveja.

A partir do valor da densidade calcula-se a Unidade de Amargor (BU ou IBU). *International Bitterness Units scale* (IBU) é uma unidade de medida que caracteriza o amargor. Esta é uma norma mundialmente utilizada para diversas bebidas. 1 IBU = 1 mg de iso-alfa-ácido por litro (OTTEN BRAU, 2014).

O cálculo de amargor foi medido através do método de *Glenn Tinseth*, onde é realizado o calculo através da equação 6.

Onde temos:

$$IBU = \frac{Utilização\ de\ alfa\ ácidos\ x\ Alfa\ ácidos\ (\%) x\ lúpulo\ (g) x\ 1000}{volume\ de\ cerveja\ final\ em\ litros} \qquad (6)$$

Utilização de Alfa Ácidos = Fator correspondente entre gravidade específica por tempo de fervura. Esse fator você encontra na tabela 19.

Alfa Ácidos = Porcentagem de alfa ácidos do lúpulo em decimais. Neste caso, se o lúpulo possui 12,5% de álfa ácidos, você colocará 0,125.

Lúpulo = peso do lúpulo em gramas.

Volume final = Volume final de cerveja produzida.

Tabela 8. Utilização de alfa ácidos.

Tempo de Fervura	Gravidade Original / S.G.										
(minutos)	1.030	1.040	1.050	1.060	1.070	1.080	1.090	1.100	1.110	1.120	1.130
0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
3	0.034	0.031	0.029	0.026	0.024	0.022	0.020	0.018	0.017	0.015	0.014
6	0.065	0.059	0.054	0.049	0.045	0.041	0.038	0.035	0.032	0.029	0.026
9	0.092	0.084	0.077	0.070	0.064	0.059	0.054	0.049	0.045	0.041	0.037
12	0.116	0.106	0.097	0.088	0.081	0.074	0.068	0.062	0.056	0.052	0.047
15	0.137	0.125	0.114	0.105	0.096	0.087	0.080	0.073	0.067	0.061	0.056
18	0.156	0.142	0.130	0.119	0.109	0.099	0.091	0.083	0.076	0.069	0.063
21	0.173	0.158	0.144	0.132	0.120	0.110	0.101	0.092	0.084	0.077	0.070
24	0.187	0.171	0.157	0.143	0.131	0.120	0.109	0.100	0.091	0.083	0.076
27	0.201	0.183	0.168	0.153	0.140	0.128	0.117	0.107	0.098	0.089	0.082
30	0.212	0.194	0.177	0.162	0.148	0.135	0.124	0.113	0.103	0.094	0.086
33	0.223	0.203	0.186	0.170	0.155	0.142	0.130	0.119	0.108	0.099	0.091
36	0.232	0.212	0.194	0.177	0.162	0.148	0.135	0.124	0.113	0.103	0.094
39	0.240	0.219	0.200	0.183	0.167	0.153	0.140	0.128	0.117	0.107	0.098
42	0.247	0.226	0.206	0.189	0.172	0.158	0.144	0.132	0.120	0.110	0.101
45	0.253	0.232	0.212	0.194	0.177	0.162	0.148	0.135	0.123	0.113	0.103
48	0.259	0.237	0.216	0.198	0.181	0.165	0.151	0.138	0.126	0.115	0.105
51	0.264	0.241	0.221	0.202	0.184	0.169	0.154	0.141	0.129	0.118	0.108
54	0.269	0.246	0.224	0.205	0.188	0.171	0.157	0.143	0.131	0.120	0.109
57	0.273	0.249	0.228	0.208	0.190	0.174	0.159	0.145	0.133	0.121	0.111
60	0.276	0.252	0.231	0.211	0.193	0.176	0.161	0.147	0.135	0.123	0.112
70	0.285	0.261	0.238	0.218	0.199	0.182	0.166	0.152	0.139	0.127	0.116
80	0.291	0.266	0.243	0.222	0.203	0.186	0.170	0.155	0.142	0.130	0.119
90	0.295	0.270	0.247	0.226	0.206	0.188	0.172	0.157	0.144	0.132	0.120
120	0.301	0.275	0.252	0.230	0.210	0.192	0.176	0.161	0.147	0.134	0.123

Fonte: Blog Papo de Bar.

Para obter o valor do IBU, foi necessário fazer o cáculo duas vezes, uma para o lúpulo *Perle* e outro para o *Fuggles*. Para o calculo do IBU, utilizando o lúpulo *Fuggles,* o ponto de gravidade (densidade original) – OG, obtido experimentalmente foi de 1,040; o fator de utilização, observando o tempo de fervura de 60 minutos e a gravidade, é 0,252 (tabela 8); a porcentagem de alfa-ácidos do lúpulo *Fuggles* é 0,033 (especificado em matérias-primas); o

volume de cerveja produzido 7,5L e a massa de lúpulo utilizada foi 16g. Como foi utilizado dois tipos de lúpulos, o cálculo é feitos duas vezes e depois soma-se os resultados.

$$IBU = (16 \times 0{,}033 \times 0{,}252 \times 1000) \div (7{,}593 \times 1{,}040) = 16{,}84$$

A porcentagem de alfa ácidos do Perle é 0,081; o fator de utilização é 0, pois o tempo de fervura foi 0, já que este foi adicionado no final da fervura (tabela 8).

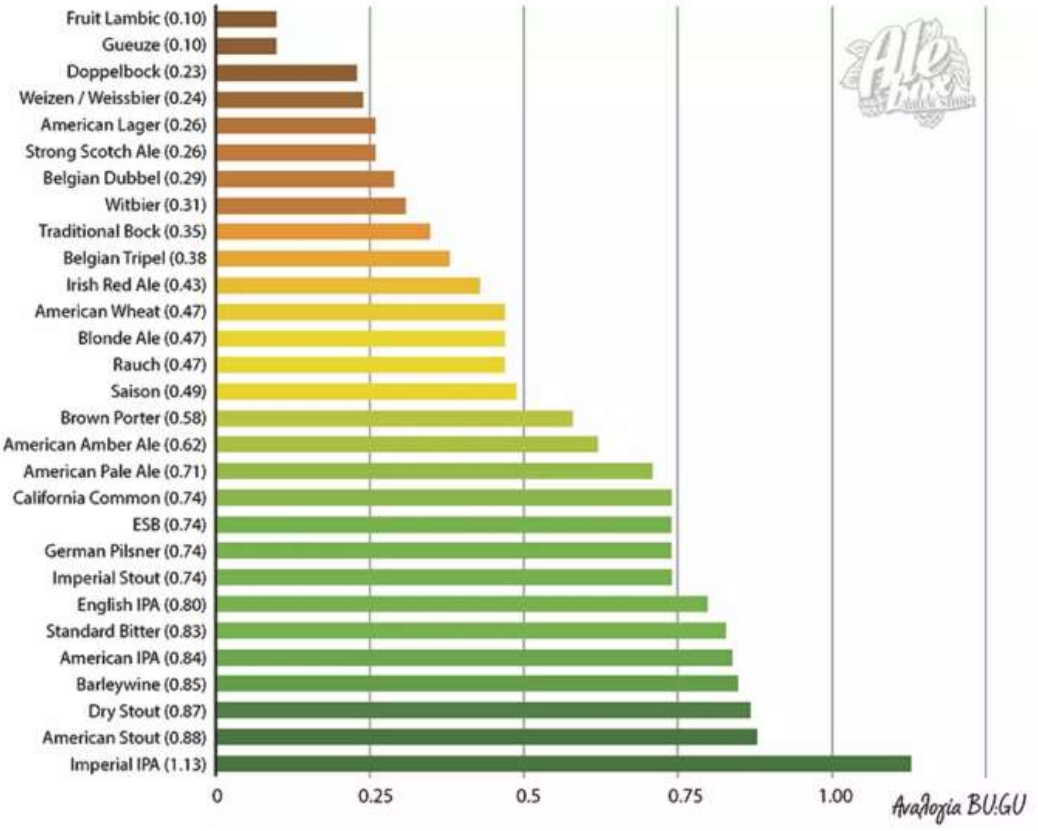
$$IBU = (16 \times 0{,}081 \times 0 \times 1000) \div (7{,}593 \times 1{,}040) = 0$$

Somando-se os resultados temos que o valor de IBU para cerveja produzida foi de 16,84. Para calcular a relação BU/GU utiliza-se o IBU de 16,84 e os dois últimos números da sua gravidade original, ou seja, 40.

Sendo assim tem-se: 16,84/40 = 0,47. Portanto a relação BU/GU é 0,42.

Através do valor de BU/GU, pode-se verificar na tabela 20, que possui valores de referência dessa relação para vários estilos de cerveja, se a cerveja produzida está com a relação adequada para o estilo (DINSLAKEN, 2016)

Figura 19. Relação BU/GU para vários estilos de cerveja.



Fonte: DINSLAKEN, (2016).

Pela analogia BU/GU a cerveja produzida encontra-se no estilo *Irish Red Ale*. Este estilo de cerveja possui sabores sutis, ligeiramente maltadas, às vezes apresenta um suave dulçor inicial de caramelo e o aroma de lúpulo é baixo ou nenhum e sua coloração variam de cobre a avermelhada (BJCP, 2015).

Utilizando-se o valor da densidade inicial medida antes da fermentação e através da Equação 7 pode-se calcular o valor de grau Plato (°P). Por definição, grau Plato é uma medida utilizada para medir a concentração (em massa) de sacarose em uma solução de água e sacarose. Portanto, pode-se dizer que 1 °P equivale a 1% de toda a massa da solução que é composta por sacarose e os 99% restantes são a massa da água do mosto, considerando a massa total igual a 100%. Porem como existem diversas outras substancias no mosto que possuem diferentes massas de sacarose. O resultado é apenas uma aproximação do valor da concentração dessas substâncias no mosto (ROSA, 2012).

$$P= 668,72 \times SG - 463,37 - 205,35 \times SG^2 \qquad (7)$$

Onde,

$$P= 668,72 \times 1,040 - 463,37 - 205,35 \times 1,040^2 = 9,99°P$$

O valor obtido pode ser utilizado para classificar a cerveja quanto ao extrato primitivo. Ou seja, de acordo com a legislação brasileira, a cerveja produzida é uma Cerveja Leve devido ao fato de que 9,99°P (9,99%) está entre os valores de extrato primitivo de 5,0% a 10,5% em peso (Tabela 1).

10.3 Resultados Análises Físico-químicas

Todos os resultados das análises físico-químicas realizados na cerveja artesanal produzida, já carbonatada, são apresentados nos tópicos a seguir.

10.3.1 Análise Organoléptica

O exame organoléptico foi realizado na cerveja artesanal produzida com a utilização da torta de macaúba como adjunto de malte (Figura 21).

Figura 19. Cerveja artesanal produzida com a utilização da torta de macaúba como adjunto de malte.



Fonte: Acervo pessoal, 2016.

No exame foram levadas em considerações as observações realizadas pelo avaliador que o resultado apresentado fosse “normal”. Os resultados estão descritos na tabela 9.

Tabela 9. Resultado obtido do exame organoléptico da cerveja artesanal produzida.

ANÁLISE	NORMAL	ANORMAL	OBSERVAÇÃO
Aspecto- ausência de elementos estranhos	X		
Coloração – característica com a origem dos componentes da matéria prima	X		Coloração dourada muito bonita.
Limpidez – ausência de corpos estranhos, depositados e/ou turvações	X		
Vazamentos – o recipiente não deve apresentar vazamento	X		
Estufamento – (gases) estado da embalagem	X		
Outros aspectos relevantes à embalagem e da aparência	X		Mesmo não apresentando rótulo a parte externa da garrafa apresenta-se em boas condições.
Imediatamente – o odor, a aparência e a presença de gases (anormais)	X		O odor característico é muito agradável, sendo possível senti-lo logo na abertura da garrafa.
Por degustação – sensação na boca e possível alteração de sabor	X		Muito saborosa, amargor leve, porém considerou mais encorpada (viscosa) ao que está acostumado.

A cerveja elaborada apresentou um resultado normal no exame organoléptico, no entanto, apresentou elevada viscosidade, mais encorpada ao que está acostumado. Uma cerveja encorpada seria aquela que oferece a sensação de preenchimento maior, mais licorosa, aveludada. Enfim, parece mais densa, com uma carga maior de açúcares e proteínas na sua versão final.

A aveia, utilizada na formulação da cerveja, confere uma sensação de viscosidade na boca, mesmo quando usada em pequenas quantidades. Além disso, aveia é um cereal não maltado e possui um teor de proteína significamente maior (13,4%). As proteínas são bastante importantes para a retenção de espuma e sensação de corpo/viscosidade. Isso ocorre porque as proteínas formam uma espécie de película protetora ao redor das bolhas de espuma mantendo-as vivas por mais tempo (HENRIK BODEN, 2010).

Essa viscosidade presente na cerveja produzida pode ter sido causada pelo uso da aveia e potencializada pela torta de macaúba. Em teoria, os açúcares, proteínas e óleo residual

presente nesta torta podem ter gerado esta alta viscosidade e corpo para cerveja. No entanto, é necessário um estudo mais aprofundado para comprovar esta teoria.

10.3.2 Açúcares totais

Os volumes de solução de glicose utilizados nas titulações foram:

- Branco – 19 mL (adicionados na preparação do branco) + 5,5 mL (gasto na titulação). E a soma desses volumes é 24,5 mL = b.
- Amostra prévia – 22,7 mL = a
- Amostra I – 21,7 mL = a1
- Amostra II – 21,7 mL = a2
- Amostra III - 22,2 mL = a3

Calculando-se a media do "a" (a = 21,86); V= 10 mL; o fator que envolve todas as diluições (f_1) igual a 8; f_2 igual a 1 e substituindo esses dados na equação 1, obtém-se:

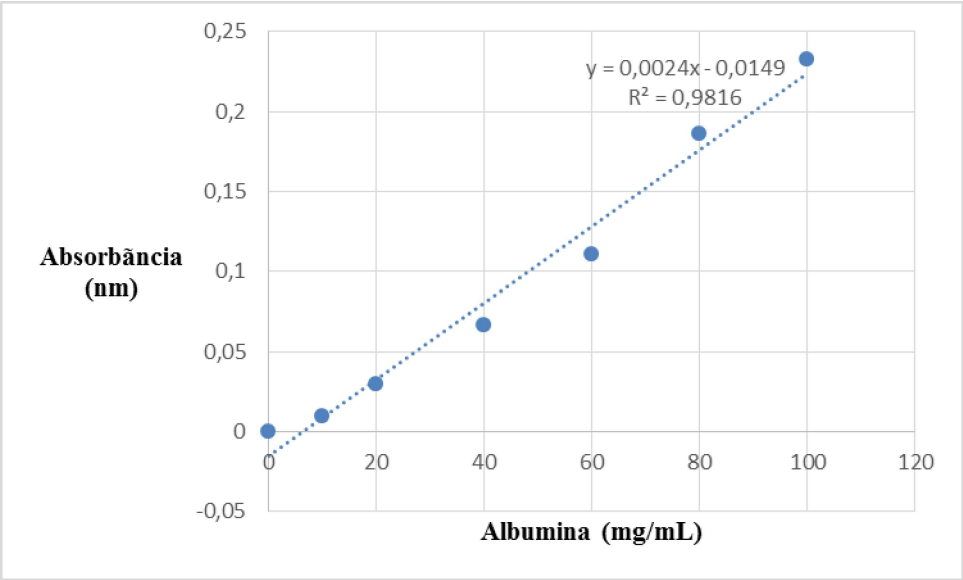
$$A_{t=} \frac{(24{,}5-21{,}6) x\, 5\, x\, 8\, x\, 1}{10} = 11{,}6\ \frac{g}{L}\ de\ glicose$$

O valor de 11,6 g/L de açúcar totais obtido pela realização da análise quando comparado aos teores de açúcar presentes nas cervejas tradicionais (mais comercializadas no Brasil) é considerado mais alto, uma vez que essas cervejas tradicionais apresentam o teor de açúcar totais na faixa de 6g/L. No entanto, comparando-se o resultado de açúcar obtido da cerveja produzida com uma outra cerveja artesanal *Ale*, encontra-se pouco abaixo da faixa esperada segundo a literatura, que vai de aproximadamente 14 a 24 g/L de açúcar totais (DOLSON, 2015).

10.3.3 Proteínas Solúveis

Na análise de proteínas solúveis, utilizou-se a equação da reta da curva padrão da albumina (Figura 22) que apresentou um bom ajuste devido ao coeficiente de correção - R2 estar muito próximo do valor de 1. A partir dessa equação calcula-se as concentrações de proteínas presentes nas amostras de cerveja.

Figura 20. Curva padrão de Albumina Método de Lowry.



Fonte: Acervo pessoal, (2016).

Os resultados das absorbâncias e das concentrações de proteínas das amostras em triplicatas estão dispostos na tabela 10.

Tabela 10. Valores das absorbâncias obtidos no espectofotômetro para as três amostras de cerveja.

Amostras	Absorbância (nm)	Concentração de proteínas (mg/mL)
I	0,130	7,813
II	0,141	8,474
III	0,207	12,440

A partir da Tabela 10, calcula-se a média dos três valores de proteínas solúveis para as amostras, obtendo-se 9,59 mg/mL para a cerveja produzida.

10.3.4 Análise de Sólidos Totais

Após desidratação total das três amostras, obtiveram-se respectivamente os seguintes valores de sólidos totais: 0,5916; 0,6623 e 0,7381. Calculou-se a média dos valores, obtendo-se o resultado igual a 0,664 g de sólidos totais presentes em 25 ml de amostra da cerveja artesanal produzida. Calculou-se a quantidade de sólidos por litro de cerveja, obtendo um valor de 0,664 g/L. Os resultados estão relacionados na Tabela 11.

Tabela 11- Relação dos resultados obtidos para análises dos sólidos totais.

	Cadinho 1	Cadinho II	Cadinho III	Média de sólidos totais
Peso sem amostra (g)	63,8432	66,9436	59,1855	
Peso amostra seca (g)	64,4348	67,6059	59,9236	0,664
Sólidos totais (g)	0,5916	0,6623	0,7381	

10.3.5 Acidez Total ou Titulável

A Tabela 10 relaciona os volumes titulados e os pH's iniciais e finais das amostras de cervejas que foram utilizadas para as análise de acidez total ou titulável. A partir desses dados da tabela e através da a Equação 3 (considerando é a normalidade da solução de hidróxido de sódio), obtém-se a acidez volátil de cada amostra.

Tabela 12. Dados dos volumes gastos na análise de acidez total ou titulável.

Amostra	$pH_{inicial}$	pH_{final}	Volume NaOH 0,1M (mL)	Acidez volátil (meq/L)	Média da acidez volátil (meq/L)
I	4,0	8,1	2,9	29	
II	4,0	8,1	3,0	30	29
III	4,1	8,0	2,8	28	

10.3.6 Cor

A tabela 13 apresenta os resultados das análises de cor realizadas com as três amostras.

Tabela 13. Análise de cor de amostras, conforme metodologia ASBC Beer 10-A.

Amostra	1º leitura (430nm)	SRM	SRM médio
I	0,093	11,81	
II	0,087	11,04	11,425

O valor do SRM médio obtido foi de 11,425, o que está no limite da faixa estabelecida para o estilo -10 a 13 SRM. obteve-se um valor experimental indicativo de coloração cobre claro, o que foi corroborado pela inspeção visual.

10.3.7 Densidade

A densidade final da cerveja foi obtida a partir da leitura do valor lido no densímetro manual. O valor obtido foi 1009 g/mL. Este resultado está um pouco abaixo do valor calculado pelo Software *Beer Smith* para uma cerveja artesanal *Fruit Beer*, que é de 1,010 g/mL. Esse valor da densidade demonstra que o consumo do açúcar fermentável foi eficiente pelas leveduras, ocasionando a produção de uma cerveja menos adocicada e consequentemente com teor alcoólico mais elevado.

10.3.8 pH

As três medições de pH das amostras de cerveja e a média aritmética das leituras estão ilustradas na tabela 14.

Tabela 14. Média aritmética das leituras de pH das amostras.

Amostra	pH
1	4,1
2	4,1
3	4,2
Média	4,13

Pode-se afirmar que este valor quando comparados os valores encontrado na literatura para cerveja artesanal se enquadram ao encontrado. Comparando-se os valores de pH obtidos ao longo do processo de produção da cerveja, nota-se que ocorreu redução do pH de um valor de 4,5 para 4.13, essa redução do valor do pH acontece pois durante a fermentação alcoólica ocorre a produção de ácidos orgânicos.

10.3.9 Cinzas

Os valores obtidos das massas na análise de teor de cinza das amostras de cerveja estão relacionados na Tabela 15.

Tabela 15. Dados das massas pesadas na análise de cinzas

	Cadinho I	Cadinho II	Cadinho III
Peso sem amostra (g)	63,7740	57,2755	48,6934
Peso com amostra (g)	63,8303	57,3320	48,7556
Cinzas da amostra (g)	0,0563	0,0565	0,0622

A partir dos dados calculou-se o a concentração de cinzas em gramas por litro através da equação (6), obtendo 2,3332 g/L de cinzas.

As imagens tiradas durante a etapa de secagem das amostras para a análise de cinzas estão representadas na figura 23. O período de secagem em banho-maria fervente durou aproximadamente 4 horas.

Figura 21. Etapas da secagem das amostras em banho maria fervente , carbonização em bico de *bunsen* e mufla.



Fonte: Acervo pessoal, 2016.

10.3.10 Teor alcoólico

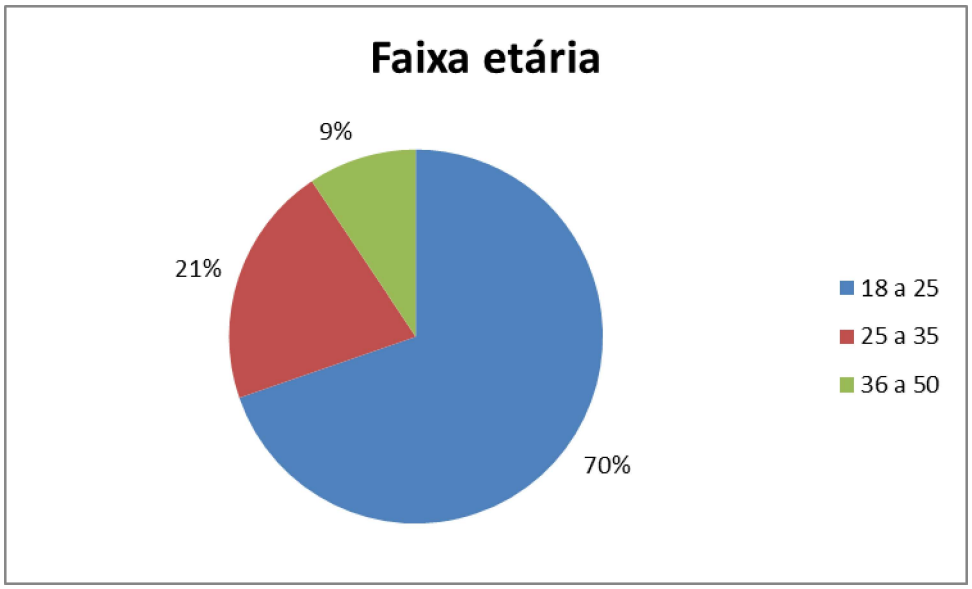
O teor alcoólico da cerveja artesanal produzida foi obtido após a etapa de carbonação que ocorreu com realização do *primming*. Para o cálculo utilizou-se a Equação 4. A densidade inicial de 1,040 e a densidade final de 1,009 mg/mL. O teor alcoólico obtido de 4,061 %(v/v) na cerveja artesanal produzida, permite enquadrar de acordo com a legislação brasileira como uma Cerveja de médio teor alcoólico, devido ao fato de estar na faixa de 2 a 4,5 % de álcool. No entanto, pode-se se concluir que a etapa de fermentação do mosto cervejeiro ocorreu de forma eficiente, pois a densidade final obtida pelo densímetro ficou abaixo e próxima do esperado.

10.4 Análise Sensorial

10.4.1 Teste de aceitação

O perfil dos consumidores que participaram da análise sensorial é mostrado na Figura 3. Verifica-se que 70% dos provadores que participaram do teste tem faixa etária entre 18 e 25 anos.

Figura 22. Faixa Etária dos provadores utilizados no teste de análise sensorial da cerveja produzida.



Fonte: Acervo pessoal, (2016).

O teste de aceitação foi realizado para avaliar se os provadores gostaram ou desgostaram da cerveja produzida. Assim, após a realização do teste, foi possível observar quantos dos 43 julgadores avaliaram a cerveja em relação ao aroma, sabor, cor, textura, aparência e aceitação global, com determinada nota de acordo com a escala hedônica estruturada de 9 pontos e consequentemente o total de cada uma delas por uma simples multiplicação. O resultado é apresentado na Tabela 16 e 17.

Tabela 16. Resultados obtidos pela escala hedônica estruturada de 9 pontos na avaliação da cerveja.

Escala hedônica de 9 pontos	Aroma	Sabor	Cor	Textura	Aparência
Gostei Muitíssimo- 9	10	4	14	3	9
Gostei Muito- 8	11	12	16	5	6
Gostei Regularmente- 7	17	12	11	6	19
Gostei Ligeiramente- 6	4	5	0	9	3
Nem Gostei, Nem desgostei- 5	1	2	2	4	4
Desgostei Ligeiramente- 4	0	2	0	6	1
Desgostei Regularmente- 3	0	5	0	7	1
Desgostei Muito- 2	0	1	0	3	0
Desgostei Muitíssimo- 1	0	0	0	0	0

Tabela 17. Resultados obtidos pela escala hedônica estruturada de 9 pontos na avaliação de aceitação global da cerveja.

Escala hedônica de 9 pontos	Julgamentos	Total
Gostei Muitíssimo- 9	3	27
Gostei Muito- 8	10	80
Gostei Regularmente- 7	16	112
Gostei Ligeiramente- 6	5	30
Nem Gostei, Nem desgostei- 5	4	20
Desgostei Ligeiramente- 4	2	8
Desgostei Regularmente- 3	3	9
Desgostei Muito- 2	0	0
Desgostei Muitíssimo- 1	0	0
Σ	43	286

Através do número total de julgamentos e o número total de pontos foi realizado uma média simples.

$$\text{Média} = \frac{286}{43} = 6{,}65$$

Calcula-se o índice de aceitação a partir da média obtida, considerando-se como 100% o valor máximo da escala, que neste caso é 9. No entanto, como o número 0 não está presente na escala hedônica (varia somente de 1 a 9), mas está presente na escala de 0 a 100%, é necessário fazer uma subtração juntamente com a regra de três para que ambos fiquem nas mesmas condições. O IA com boa repercussão tem sido considerado ≥ 70%.

$$6{,}65 - IA$$

$$(9\text{-}1) - (100 - 0)$$

Desta forma, foi calculado o índice de aceitação conforme demonstrado abaixo:

$$IA =$$

$$IA = 83\% \pm 1\%$$

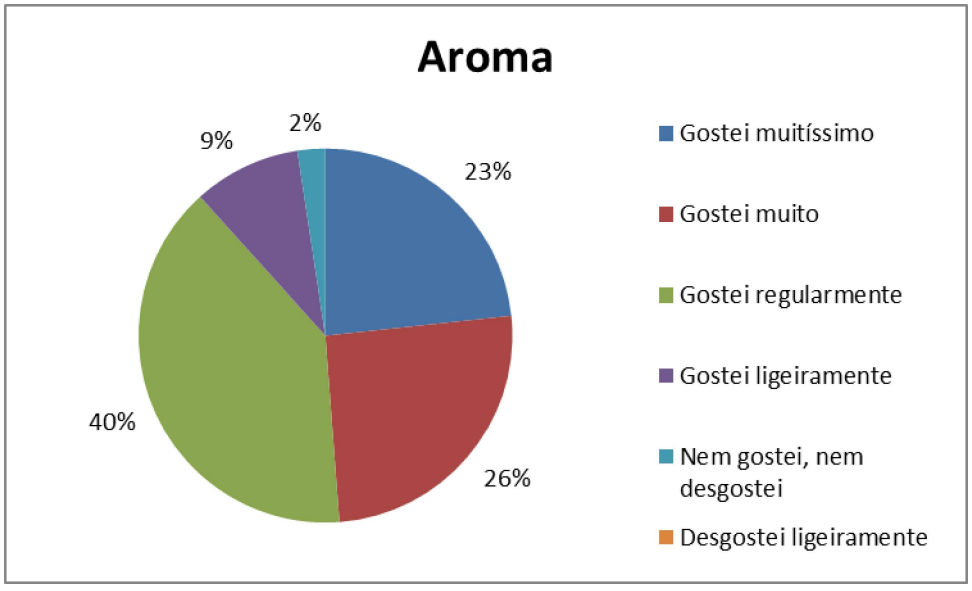
Desta forma, o índice de aceitação para a aceitação global da cerveja obtida experimentalmente foi próximo de 83%, mostrando uma boa repercussão, visto que segundo DUTCOSKY (2007), o IA com boa repercussão tem sido considerado ≥ 70%.

O resultado obtido no teste de aceitação da cerveja produzida utilizando a torta de macaúba, os avaliadores em sua maioria julgaram como:

- Aroma: gostei moderadamente (figura 25),
- Sabor: gostei muito (Figura 26),
- Cor: gostei muito (Figura 27),
- Textura: gostei ligeiramente (Figura 28),
- Aparência: gostei regularmente (Figura 29),

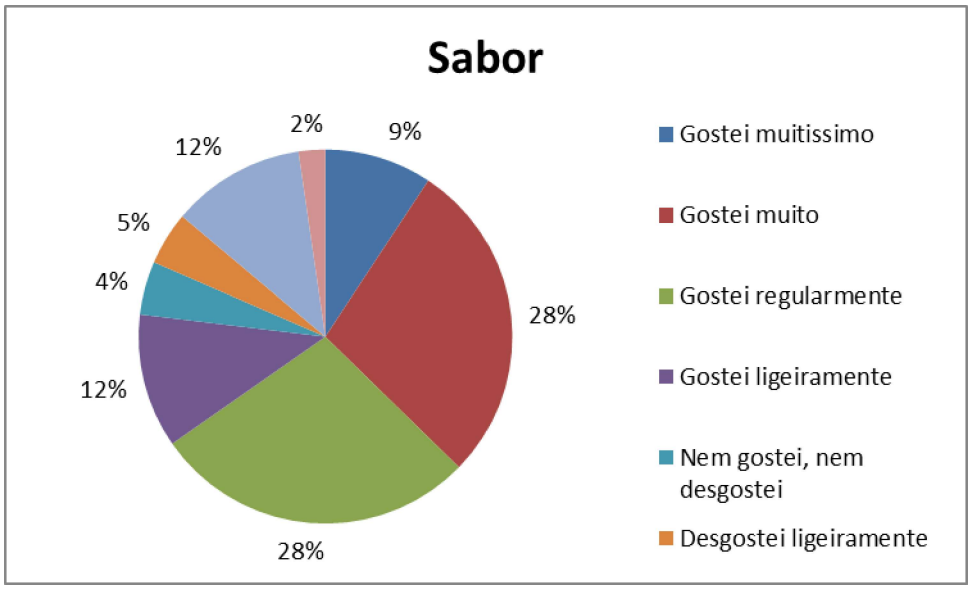
Através da análise dos resultados do teste de aceitação, observou-se que as amostras da cerveja de torta de macaúba foram mais aceitas pelos provadores quanto à cor, aroma e sabor. Os menores índices de aceitabilidade foram atribuídos à textura. No teste de aceitação, alguns provadores julgaram como gostei mais do sabor, seguidos do aroma e da cor. E como desgostei mais da textura. No entanto, alguns comentaram que: o sabor lembrava cigarro, a aparência apresentava duas fases, muito amargor, a textura como característica preferencial, etc.

Figura 23. Resultado da análise sensorial referente ao aroma da cerveja.



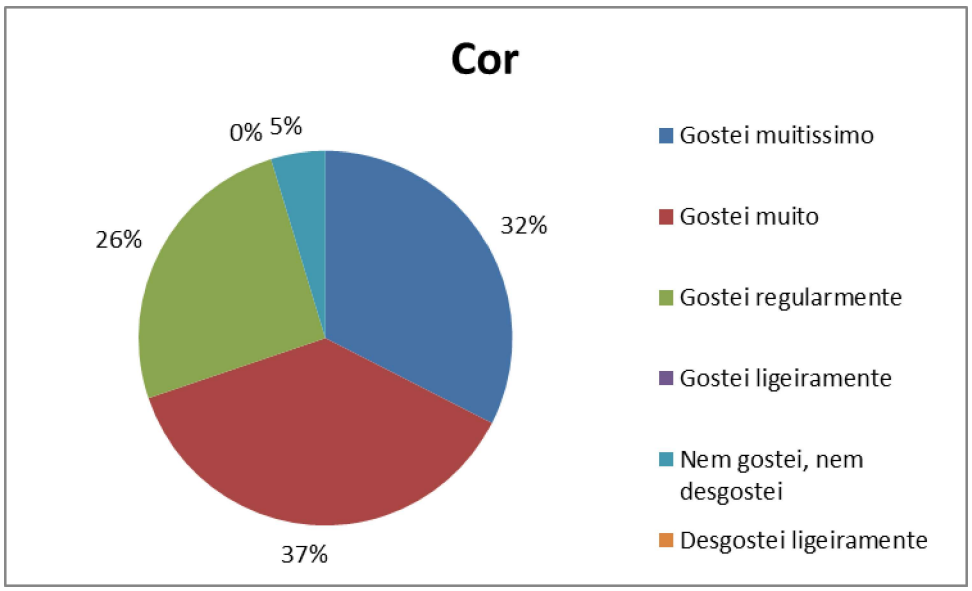
Fonte: Acervo pessoal, (2016).

Figura 24. Resultado da análise sensorial referente ao sabor da cerveja produzida.



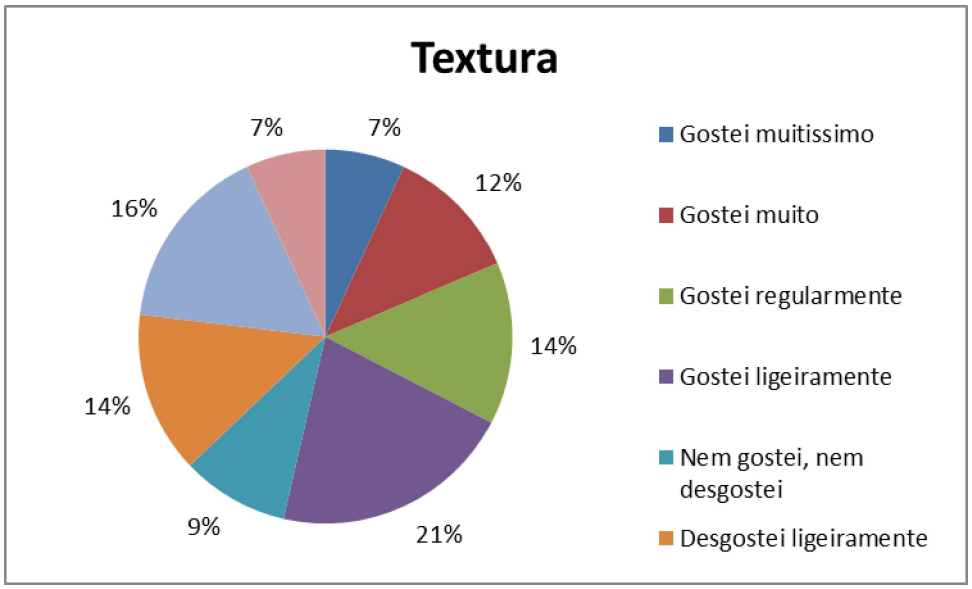
Fonte: Acervo pessoal, (2016).

Figura 25. Resultado da análise sensorial referente a cor da cerveja produzida.



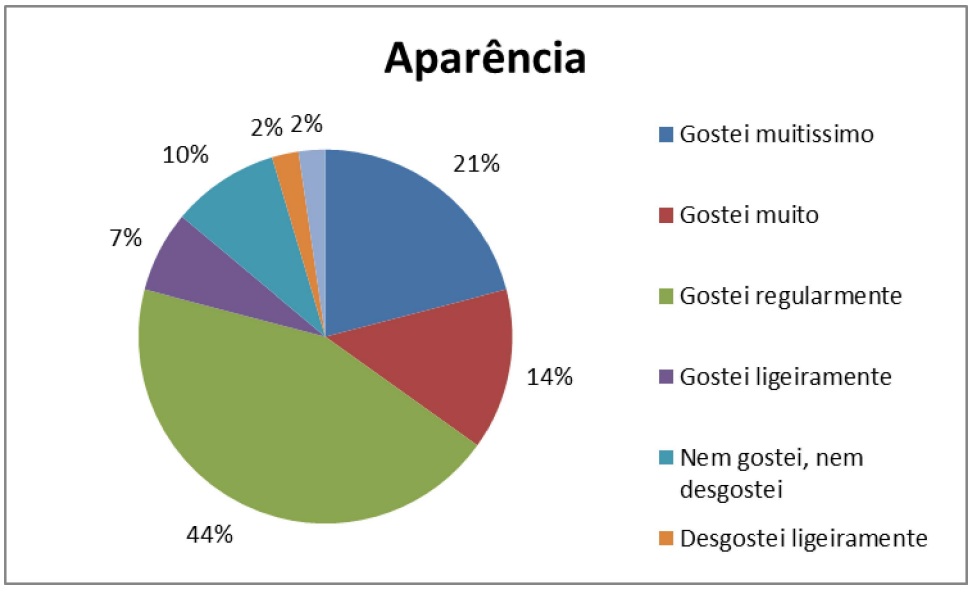
Fonte: Acervo pessoal, (2016).

Figura 26. Resultado da análise sensorial referente a textura da cerveja produzida.



Fonte: Acervo pessoal, (2016).

Figura 27. Resultado da análise sensorial referente ao aroma da cerveja produzida.



Fonte: Acervo pessoal, (2016).

11. CONCLUSÃO

O processo de obtenção da matéria prima, ou seja, a extração do óleo da polpa foi satisfatória, resultando em um bom rendimento de extração (torta com 27% de óleo residual). Os resultados das análises demonstraram que a produção de cerveja especial utilizando a torta de macaúba como adjunto de malte em escala laboratorial apresentou características físico-químicas de acordo com a legislação vigente.

O teor alcoólico de 4,061 % e a relação BU/GU de 0,42 com a densidade final (FG) de 1,009 g/ml da cerveja produzida aproxima-se do estilo *Irish Red Ale* de acordo com o Guia de Estilos BJCP 2015 .

A análise sensorial demonstrou um bom índice de aceitação de 83% quanto á aceitação global da cerveja produzida. A maior aceitação pelos consumidores foi em relação à cor, aroma e sabor e baixa aceitação quanto à textura. Isso pode ser justificado pelos teores de proteínas e óleo residual presentes na torta de macaúba que podem ter potencializado a viscosidade da cerveja.

Apesar de o resultado não ter sido satisfatório quanto à textura/corpo da cerveja, entende-se que a proposta de utilização da torta de macaúba como adjunto parcial do malte é interessante, pois além da alta disponibilidade deste produto no país, irá agregar valor a este produto e conferir características sensoriais que permitem inovação e possíveis reduções de custo ao processo tecnológico do mercado cervejeiro.

12. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

- Avaliar diferentes proporções da torta de macaúba como adjunto de malte através de um planejamento experimental;
- Produzir outros estilos de cerveja com o objetivo de atender melhores características sensoriais;
- Avaliar a composição da torta quanto ás proteínas, açúcares e óleo residual contido na torta;
- Avaliar a composição nutricional da torta e da cerveja a ser obtida;
- Otimizar as etapas de clarificação e filtração da cerveja.

13. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, M. H. C; VIEIRA, A. S; AGUIAR. H. F; CHAVES, J. F. N; NEVERS, R. M. P. S; MIRANDA, T. L. S; SALUM, A. **Óleo do fruto da palmeira macaúba:** parte II: Processo de extração do óleo- I TECNIQ. Belo Horizonte: 2006.

ANDRADE, R. L. P; MARTINS, J. F. P. **Influência da adição da fécula de batata-doce (*Ipomoea batatas L.)* sobre a viscosidade do permeado de soro de queijo**. Ciências e tecnologia de alimentos, v.22, n 3, p. 249-253, 2002.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12806**: **Análise sensorial dos alimentos e bebidas** – terminologia. Rio de Janeiro, 1993.

BONACCORSI. M, M. **BJCP- Guia de estilos de cerveja.** Tradução livre. 2016. Disponível em:<http://www.acervamineira.com.br/wp-content/uploads/2016/06/BJCP_2015_Pt_Br.pdf>. Acesso em: 26 de outubro de 2016.

BORGES, P. F. O. **Concentração do mercado de cerveja no Brasil e a participação das microcervejarias.** Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2015. Disponível em: <http://www.repositorio.uff.br/jspui/bitstream/1/742/1/TCC - Pedro Felipe.pdf>. Acesso em: 19/11/2016.

CARDOSO, O. R. **Produtores de cerveja dos EUA apostam em agricultura sustentável.** 2016. Disponível EM: < http://geprom.blogspot.com.br/2013_09_01_archive.html>. Acesso em: PAPO DE BAR. A cerveja e seus estilos. Disponivel em:< https://www.papodebar.com/a-cerveja-e-seus-tipos/>. Acesso em: 19/11/2016.

CASTRO, O. M**. Obtenção de cerveja super concentrada com a utilização de xarope de milho como adjunto de malte**. 2014. 145f. Dissertação (Mestrado)- Curso de Mestre em Ciências do Programa de Pós Graduação em Biotecnologia Industrial, Escola de engenharia de Lorena- Universidade de São Paulo, Lorena – SP, 2014.

CICONINI, G. **Caracterização de frutos e óleo de polpa de macaúba dos biomas Cerrado e Pantanal do estado de Mato Grosso do Sul, Brasil.** 2012. 127f. Dissertação (Mestrado)- Mestre em biotecnologia- Programa de Pós-Graduação em Biotecnologia da Universidade Católica Dom Bosco, Campo Grande, Mato Grosso do Sul, 2012.

CRUZ.I.et al. **Produção de cerveja.** Universidade Federal de Santa Catarina. Departamento de Engenharia Quimica e Engenharia de Alimentos. Florianópolis, Santa Catarina. Out. 2008.
CURI, R. A; VENTURINI, W. G; NOJIMOTO, T. **Produção de cerveja utilizando cevada como adjunto de malte: análises físico-química e sensorial**. Braz. J. FoodTechnol., v. 12, n. 2, p. 106-112, abr./jun. 2009.

D'AVILA, R.F; LUVIELMO, M. M; MENDONÇA, C. R.**.** B; JANTSEN, M. M**. Adjuntos utilizados para produção de cerveja: características e aplicações**. Estudos Tecnológicos em Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande Do Sul, 2012.

DINSLAKEN, D. **Manual do Cervejeiro Caseiro.** 2016. Disponível em:< http://concerveja.com.br/cerveja-equilibrada/?utm_campaign=blogbase_31_bugu&utm_medium=email&utm_source=RD+Station>. Acesso em: 28/11/2016.

DOLSON, L. **Alcoholic Beverages on a Low Carb Diet:** Carb Counts for Wine, Beer, Spirits, and Liqueurs. 2015. Disponível em: <http://lowcarbdiets.about.com/od/whattoeat/a/alcbev.htm>. Acesso em: 18/11/2016.

DUTCOSKY, S. D. **Análise Sensorial de Alimentos**. 2. ed. Curitiba: Champagnat, 2007. 239 p.

FERRARI.R.A; OCANHA, A.C, FILHO, J.A.A; **Obtenção de óleo de Macaúba por prensagem contínua**. Rede de Macaubeiros. Campinas-SP, 2011 Disponível em: http://ongtremmacaubeiros.blog.terra.com.br/2012/08/02/extracao-continua-de-oleo-de-macauba/ Acesso em: 13/09/2016.

FERREIRA, R. H.; VASCONCELOS, R. L.; JUDICE, V. M. M; NEVES, T. R. **Inovação na fabricação de cervejas especiais na região de Belo Horizonte.** 2011. v.16, n.4, p.171-191, out./dez. 2011.

FIGUEIREDO, A.M; CARVALHO, L.L. **Produção e avaliação sensorial de cerveja utilizando farinha de banana verde como adjunto de malte**. 2014. 34 f. TCC (obtenção de título e Engenharia Química)- Universidade Federal de Alfenas, Poços de Caldas-MG, 2014.

G1 (São Paulo). **SABMiller aceita oferta de compra da AB InBev por US$ 109 bilhões:** Juntas, empresas produzem cerca de um terço da cerveja mundial. Com a compra bilionária, a AB InBev abre caminho na África.. 2015. Disponível em: <http://g1.globo.com/economia/negocios/noticia/2015/10/sabmiller-aceita-oferta-de-compra-da-ab-inbev-por-us-109-bilhoes.html>. Acesso em: 21/10/2016.

GREY, S. **Os diferentes tipos de cerveja: Lager, Ale e Lambic**. 2014. Disponível em: < http://gourmmelier.com/os-diferentes-tipos-de-cerveja-lager-ale-e-lambic/>. Acesso em: 19/11/2016.

HENRIK BODEN. Parada Proteica. (Blog). 2010. Disponível em:< http://www.cervejahenrikboden.com.br/parada-proteica/>. Acesso em: 28/11/2016.

HENRIQUES, A. SENNE, A**. Microcervejarias incluídas no Simples Nacional**. 2016. Disponível em: < http://www.mariacevada.com.br/2016/10/microcervejarias-incluidas-no-simples.html>. Acesso em: 19/11/2016.

JORGE, E.P.M. **Processamento de cerveja sem álcoo**l. 2004. Monografia de conclusão de curso (Graduação) – Pontifícia Universidade Católica, Goiânia, 2004.

JÚNIOR, O. C.; JÚNIOR, J. R. T.; GALINARI, R.; RAWET, E. L.; SILVEIRA, T. J. **BNDES- O setor de bebidas no Brasil. 2014.** Disponível em: **< https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/3462/1/BS%2040%20O%20setor%20de%20bebidas%20no%20Brasil_P.pdf>.** Acesso em: 20/10/ 2016.

LAMAS BLOG. **Dicas sobre o uso de densímetros e refratômetros**. 2014. Disponível em: < http://www.lamasbier.com.br/2014/05/dicas-sobre-o-uso-de-densimetros-e-refratometros.html>. Acesso em: 29/10/ 2016.

LORENZI, H.; SOUZA, H; MEDEIROS. J; **Palmeiras no Brasil: nativas e exóticas**. Nova Odessa: Plantarum, 1996. 303 p.

LUCAS, A. **Top 10 cervejas mais vendidas no Brasil.** 2014. Disponível em: <http://top10mais.org/top-10-cervejas-mais-vendidas-brasil/#ixzz3sBQBCtK4>. Acesso em: 20/10/2016.

MAGRI, D. Conheça as 10 cervejas mais vendidas no Brasil. Disponível em: < http://chefcomcerveja.com.br/cervejas-mais-vendidas-no-brasil/>. Acesso em: 18/11/2016.

MAPA. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Manual de Métodos de Analises de Bebidas e Vinagre. 2008.

MATOS. R, A, G. **Cerveja: Panorama do mercado, Produção artesanal e avaliação de aceitação e preferência. 2011. 90 f.** TCC (obtenção de título de Engenheiro Agronomo)- Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis- SC. 2011.

MATOS, D. A. et al. Fécula de batata como adjunto de malte na fabricação de cerveja. B. CEPA, Curitiba, v.23, n.1, p. 161-172, 2005.

MINIM, V. P. R**. Análise Sensorial: estudo com consumidores**. Viçosa: Ed. UFV, 2006. 225 p.

MORADO, Ronaldo. **Larousse da Cerveja.** São Paulo: Larousse do Brasil, 2009. 357 p.

MOTA, N.; MOTA, M. **Biotecnologia, Fundamentos e Aplicações.** Lisboa, 2003. 505p.

MOTTA, P.E. et al. **Ocorrência de Macaúba em Minas Gerais: relação com atributos climáticos, pedagológicos e vegetacionais.** Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 37, n. 7, 2002.

MINIM, V. P. R**. Análise Sensorial:** estudo com consumidores. Viçosa: Ed. UFV, 2006. 225 p.

OTTEN BRAU. **Como calcular o IBU**. 2014. Disponível em:< http://www.ottenbrau.com.br/como-calcular-o-ibu/>. Acesso em: 02/11/ 2016.

PAPO DE BAR. **A cerveja e seus tipos.** (BLOG). Disponível em:< https://www.papodebar.com/a-cerveja-e-seus-tipos/>. Acesso em: 27/10/2016.

PAPO DE BAR. **IBU – International Bitterness Unit.** (BLOG). Disponível:< https://www.papodebar.com/ibu-international-bitterness-unit/>. Acesso em: 27/10/2016.

PONTES, H. M. S. **Expansão recente e perspectivas para a indústria cervejeira do brasil.** 1997. 57 f. TCC (Graduação) - Curso de Curso de Ciências Econômicas, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 1997. Disponível em: < https://repositorio.ufba.br/ri/bitstream/ri/12257/1/HEIDERSON%20MARCEL%20SANTIAGO%20PONTES.pdf >. Acesso em: 21/10/2016.

PALMER, J. **How to Brew.** 1999. Disponível em: < http://www.howtobrew.com/>. Acesso em: 20/11/2016.

QUEIROZ, M. I.; TREPTOW, R. O. **Análise sensorial para a avaliação da qualidade dos alimentos.** Rio Grande: Editora da Furg, 2006. 268 p.

RIBEIRO, M. M; LUCIA, D. S. M; BARBOSA, P. B. F. GALVÃO, H. L; MINIM, V. P. R. **Influência da embalagem na aceitação de diferentes marcas comerciais de cerveja tipo Pilsen.** Ciência e Tecnologia de Alimentos, Campinas, SP, 2008.

SALLES, A. **CERVBRASIL-Anuário 2015.** Disponível em:< http://www.cervbrasil.org.br/arquivos/ANUARIO_CB_2015_WEB.pdf>. Acesso em: 20/11/2016.

SANTOS, F. R. **Método de lowry: validação e estimativa do cálculo da incerteza.** 2012. 65 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestre em Alimentos e Nutrição – Área de Ciência dos Alimentos, Universidade Estadual Paulista "júlio de Mesquita Filho", Araraquara, 2012. Disponível em: <http://www2.fcfar.unesp.br/Home/Pos-graduacao/AlimentoseNutricao/Flavia_Regina_dos_Santos - ME.pdf>. Acesso em: 29/10/ 2016.

SEBRAE. **Cervejas Atesanais- Potencial de crescimento do mercado.** 2015. Disponível em: <file:///C:/Users/Cliente/Downloads/RI_2015_06_ALIMENTOS_CervejaArtesanal_Ajustado 1.pdf>. Acesso em: 19/11/2016.

SEBRAE. **Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas. Negócios com sabor de cerveja.** 2014. Disponível em: <http://www.sebraers.com.br/index.php/noticia/2621-negocios-com-sabor-de-cerveja>. Acesso em: 22/10/2016.

SEBRAE. Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas. **Como montar uma microcervejaria- Mercado**. Disponível em:< http://www.sebrae.com.br/sites/PortalSebrae/ideias/como-montar-uma-microcervejaria,8f387a51b9105410VgnVCM1000003b74010aRCRD#naveCapituloTopo >. Acesso em: 22/10/2016.

SILVA, C. B. **Cerveja especial com adição de alecrim e gengibre em escala laboratorial. 2015. 57f.** Trabalho de conclusão de curso, Universidade Federal de São João Del Rey-Campus Alto Paraopeba, Ouro branco, MG.

SINDICERV. Sindicato Nacional da Indústria da Cerveja**. Origem da cerveja - História.** [online]. Disponível em: <http://www.sindicerv.com.br/acerveja.php>. Acesso em 13/09/2016.

SIQUEIRA, P. B; BOLINI, H. M. A.; MACEDO, G. A. **O processo de fabricação da cerveja e seus efeitos na presença de polifenóis**. Alimentos e Nutrição, Araraquara, v. 12, n. 4, p.491-498, dez. 2008. Disponível em: <http://servbib.fcfar.unesp.br/seer/index.php/alimentos/article/view/660/556>. Acesso em: 27/10/2016.

VEREDIANO, F. C. **Aproveitamento da torta residual da extração do óleo da Polpa de Macaúba para fins alimentícios**. 2012. 114 f. Tese (Pós- graduação e Engenharia química)- Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais, Minas Gerais, 2012.

ZOBARAN, E. **Após inclusão de cervejarias no Simples, setor projeta milhares de novas fábricas no país.** 2016. Disponível em: < http://blogs.oglobo.globo.com/saideira/post/apos-inclusao-de-cervejarias-no-simples-setor-projeta-milhares-de-novas-fabricas-de-cerveja.html>. Acesso em: 19/11/2016.

ANEXOS

ANEXO 1- Passo a passo da metodologia para Análises Físico-químicas

ANÁLISE DE COR

Para analisar os parâmetros relacionados à cor da cerveja APA produzida, foi utilizado o método ASBC 10 – A. O passo a passo do processo consistiu nas etapas seguinte:

1) Com a ajuda de pipetas volumétricas, foram retiradas alíquotas de 10 mL de amostra de cerveja. As alíquotas foram transferidas para balões volumétricos de 100 mL. Estes foram completados com água destilada, de modo que cada amostra apresentasse um fator de diluição, D, igual a 10.
2) Filtrou-se a cerveja em uma membrana de 45 μm. Transferiu-se água destilada para a cubeta de acrílico de base quadrada (10 mm x 10mm). Posicionou-se a cubeta no espectrofotômetro e efetuou-se a leitura a 430 nm. Essa leitura foi considerada o "branco" do experimento.
3) Realizou-se o mesmo procedimento com a amostra de cerveja filtrada. Foram lidos e anotados os valores de absorbância (Abs) para cada amostra.
4) Seguindo a metodologia em questão, realizou-se o cálculo de SRM a partir do valor obtido a 430 nm, conforme explicitado pela Equação abaixo.

$$SRM = 12{,}7 \times \text{Fator de diluição (D)} \times \text{Absorbância (Abs)}.$$

ACIDEZ TOTAL OU TITULÁVEL

PROCEDIMENTO

1) Transferir 10 mL da amostra para erlenmeyer ou béquer de 250 mL contendo 100 mL de água destilada, livre de dióxido de carbono, previamente neutralizada.
2) Titular com solução de hidróxido de sódio 0,1 N até coloração rosa, usando 2-3 gotas de fenolftaleina como indicador, ou em pHmetro até pH 8,2

CINZAS

PROCEDIMENTO

1) Aquecer o cadinho ao redor de 600º C durante 10 minutos, resfriar no dessecador e pesar.
2) Transferir 25 mL da amostra para o cadinho, levando até secura em banho-maria fervente. Carbonizar completamente em bico de Bunsen e passar o cadinho para a mufla a 550°C ± 25ºC, até que o resíduo se torne branco ou acinzentado.

3) O tempo exigido para essa operação pode ser reduzido da seguinte maneira: remover o cadinho da mufla, esfriar, quebrar o resíduo ainda escuro com um bastonete de vidro, tomando o cuidado de lavar o bastonete com algumas gotas de água destilada, levar cadinho ao banho-maria até a secura e colocar novamente na mufla até o resíduo ficar completamente claro. Esfriar o cadinho no dessecador e pesar.

ACÚCARES TOTAIS

Reagentes e soluções

A) Solução A de Fehling. Dissolver 34,639 g de sulfato de cobre pentaidratado ($CuSO_4.5H_2O$) p.a. em água destilada e diluir a 500 mL em balão volumétrico.

B) Solução B de Fehling. Dissolver 173 g de tartarato duplo de sódio e potássio tetraidratado ($C_4H_4KNaO_6.4H_2O$) p.a. (sal de Rochelle) e 50 g de hidróxido de sódio em água destilada e diluir a 500 mL em balão volumétrico.

C) Solução padrão de glicose anidra p. a. 0,5% (recém preparada).

D) Solução de acetato neutro de chumbo a 20%.

E) Solução azul de metileno 1%.

F) Carvão ativo.

G) Fosfato monoácido de sódio Na H_2PO_4 ou oxalato de potássio ou sódio p.a.

H) Ácido clorídrico p.a.

Preparação da amostra

Pipetar 50 mL da amostra (para amostras com alto teor de açúcares tomar alíquotas menores), desalcoolizar reduzindo para 25 mL. Transferir para um balão volumétrico de 100 mL, e completar o volume com água destilada.

1) Se necessário, efetuar clarificação pipetando 50 mL da amostra desalcoolizada em um balão de 100 mL , adicionar 2 mL da solução de acetato neutro de chumbo (volume maior para produtos com alto teor de matérias corantes). Adicionar aproximadamente 0,5 g de carvão ativo (evitar excesso, pois poderá adsorver parte dos açúcares). Agitar bem e deixar em repouso por 10 minutos. Completar o volume com água destilada.
2) Filtrar o conteúdo do balão volumétrico sobre 0,4 g de fosfato monoácido de sódio (ou 0,4 g de oxalato de sódio) por mililitro de solução de acetato neutro de chumbo utilizado, num erlenmeyer de 250 mL (a solução apresentará sedimentos em poucos minutos, deixando o líquido sobrenadante claro).
3) Adicionar um pouco mais de fosfato (ou oxalato) para assegurar a completa precipitação do acetato de chumbo. Filtrar novamente, se necessário.

4) Transferir 50 mL da amostra assim preparada para um balão volumétrico de 100 mL, adicionar 1 mL de ácido clorídrico concentrado e levar ao banho-maria, de modo que a solução mantenha uma temperatura entre 67 e 70 ^{o}C por 15 minutos. Esfriar à temperatura ambiente, neutralizar com hidróxido de sódio 5 N, usando papel de tornassol como indicador, e completar o volume com água destilada

Titulação do branco

1) Em erlenmeyer de 250 mL, adicionar 20 mL de solução de Soxhlet (10 mL de Felhing A + 10 mL de Felhing B), 50 mL de água destilada e 19 mL da solução padrão de glicose e algumas pérolas de vidro.
2) Levar o frasco ao aquecimento, de modo que entre em ebulição dentro de 4 minutos. Iniciada a ebulição, adicionar 3 gotas de azul metileno.
3) Decorrido um minuto do inicio da fervura, proceder a titulação até o desaparecimento da coloração azul.
4) Repetir a operação até que os resultados em duplicata sejam iguais. Seja *b* o volume final de glicose gasto na titulação do branco.

Titulação da amostra

Prévia

1) Em erlenmeyer de 250 mL, adicionar 20 mL da solução de Soxhlet (10 mL de Felhing A + 10 mL de Felhing B), 40 mL de água destilada e 10 mL da amostra preparada (4.1).
2) Levar o frasco ao aquecimento, de modo que entre em ebulição dentro de 4 minutos. Iniciada a ebulição, titular com a solução de glicose até o desaparecimento da coloração azul do sulfato de cobre. Adicionar 2 gotas de azul de metileno, após 1 minuto, continuar a titulação até o desaparecimento da coloração azul. Seja **K** o volume final de glicose gasto na titulação prévia da amostra.

Nota: O valor de K será utilizado para nortear o volume final de glicose na titulação da amostra.

Amostra

1) Em erlenmeyer de 250 mL, adicionar 20 mL da solução de Soxhlet, 40 mL de água destilada e 10 mL da amostra preparada. Levar o frasco ao aquecimento, de modo que entre em ebulição dentro de 4 minutos, e imediatamente transferir (K-1) ml de glicose.

2) Iniciada a fervura, adicionar 2 gotas de azul de metileno. Após 1 minuto, continuar a titulação até o desaparecimento do azul da solução, gastando no final da titulação aproximadamente o mesmo tempo gasto na determinação do branco.
3) Repetir a operação até que os resultados em duplicata sejam iguais. Seja *a* o volume final de glicose gasto na titulação da amostra.

PROTEÍNAS SOLÚVEIS (MÉTODO DE LOWRY)

Reagentes

1) Albumina 1 mg/mL
2) Folin 1 N – armazenado na geladeira
3) Reativo A - Solução de NaOH 0,1 M com Na2CO3 2%.
4) Reativo B – Partes iguais de B1 (CuSO4 1%) e B2 (tartarato de Na e K 2%):

Dica: Armazenar o reagente B1 em frasco âmbar; e o reagente B2 em frasco plástico.

5) Reativo C – Partes Reativo Alcalino Cobre: 50 partes do Reativo A para 1 parte do Reativo B. Preparar somente na hora do uso e em frasco âmbar.
6) Adicionar os reagentes na ordem: A B1 e B2. Na tabela abaixo, alguns valores padrões para volumes de rotina.

Volume A	**Volume B**
20mL	0,4 mL = 200 µL B1 + 200 µL B2
30mL	0,6 mL = 300 µL B1 + 300 µL B2
40mL	0,8 mL = 400 µL B1 + 400 µL B2
50mL	1,0 mL = 500 µL B1 + 500 µL B2
100mL	2,0 mL = 1.000 µL B1 + 1.000 µL B2

Procedimento

1) Identificar os tubos da **curva** e das **amostras**.
2) Descongelar a albumina;
3) Preparar o Reativo C (quantidade necessária de acordo com o número de amostras e suas duplicatas);
4) Pipetar a Curva padrão de Albumina.

Tubos	Padrão de albumina 1mg/mL	Água Mili-Q	Q (Cálculo)
Branco	0	100 µL	0,00mg
1,1’	10 µL	90 µL	0,01mg
2,2’	20 µL	80 µL	0,02mg
3,3’	40 µL	60 µL	0,04 mg
4,4’	60 µL	40 µL	0,06 mg
5,5’	80 µL	20 µL	0,08 mg
6,6’	100 µL	0	0,10 mg

5) Pipetar as **amostras** em duplicatas nos tubos identificados, adicionando em cada um 10 µL da amostra e 90 µL de água.
6) Adicionar 1 mL do reativo C na curva e nas amostras.
7) Homogeneizar os tubos no vórtex e após, deixar 10 minutos em repouso.
8) Adicionar 100 µL de Folin 1 N na curva e nas amostras.
9) Homogeneizar os tubos no vórtex e manter em ambiente escuro por 20 minutos (cor é estável por até 2 horas).
10) Realizar leitura em espectrofotômetro a 650 nm, em cubeta de plástico, lavando-a com água entre diferentes amostras.

Cálculo

Calcular o FCP (fator de calibração parcial) de cada ponto da curva:

FCP1 = Q1/A1

Onde: Q = quantidade de proteína adicionada e A = absorbância. Calcular a FCM (fator de calibração médio) = média das FCPs. Estabelecer uma faixa: FCM +10% e -10% ver quais se encaixam. Se algum ponto ficar fora, calcular novo FCM com os que estão dentro da faixa. Calcular a proteína das amostras:

Abs x FCM x 100 (para passar para mL) = mg/mL de proteína.

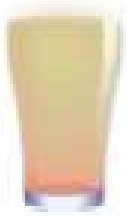
ANEXO 2- Receita proposta pelo software *Beersmith.*

TCC Lud

Fruit Beer (29 A)

Type: All Grain
Batch Size: 12,00 l
Boil Size: 23,60 l
Boil Time: 60 min
End of Boil Vol: 18,75 l
Final Bottling Vol: 10,00 l
Fermentation: Ale, Two Stage

Date: 04 Oct 2016
Brewer: Luis Gustavo Lopes Fagundes
Asst Brewer:
Equipment: Equipamento LADEF
Efficiency: 65,00 %
Est Mash Efficiency: 97,5 %



Taste Rating: 30,0
Taste Notes:

Ingredients

Amt	Name	Type	#	%/IBU
1,50 kg	Pilsner (2 Row) Bel (2,0 SRM)	Grain	1	50,0 %
0,50 kg	Munich Malt (9,0 SRM)	Grain	2	16,7 %
0,50 kg	Oats, Flaked (1,0 SRM)	Grain	3	16,7 %
0,50 kg	Pale Malt (2 Row) US (2,0 SRM)	Grain	4	16,7 %
16,00 g	Perle [8,00 %] - Boil 60,0 min	Hop	5	20,1 IBUs
1,00 items	Whirlfloc Tablet (Boil 15,0 mins)	Fining	6	-
16,00 g	Fuggles [4,50 %] - Boil 0,0 min	Hop	7	0,0 IBUs
1,0 pkg	Belgian Golden Ale (White Labs #WLP570)...	Yeast	8	-

Gravity, Alcohol Content and Color

Est Original Gravity: 1,049 SG
Est Final Gravity: 1,014 SG
Estimated Alcohol by Vol: 4,7 %
Bitterness: 20,1 IBUs
Est Color: 4,0 SRM

Measured Original Gravity: 1,046 SG
Measured Final Gravity: 1,010 SG
Actual Alcohol by Vol: 4,7 %
Calories: 427,1 kcal/l

Mash Profile

Mash Name: Single Infusion, Full Body
Sparge Water: 15,65 l
Sparge Temperature: 75,6 C
Adjust Temp for Equipment: TRUE
Est Mash PH: 5,68
Measured Mash PH: 5,20

Total Grain Weight: 3,00 kg
Grain Temperature: 22,2 C
Tun Temperature: 22,2 C
Target Mash PH: 5,20
Mash Acid Addition:
Sparge Acid Addition:

Mash Steps

Name	Description	Step Temperature	Step Time
Mash In	Add 7,82 l of water at 77,9 C	68,9 C	60 min
Mash Out	Add 3,13 l of water at 95,7 C	75,6 C	10 min

Sparge: Fly sparge with 15,65 l water at 75,6 C
Mash Notes: Simple single infusion mash for use with most modern well modified grains (about 95% of the time).

Carbonation and Storage

Carbonation Type: Bottle
Pressure/Weight: 53,52 g
Keg/Bottling Temperature: 21,1 C
Fermentation: Ale, Two Stage

Volumes of CO2: 2,3
Carbonation Used: Bottle with 53,52 g Table Sugar
Age for: 30,00 days
Storage Temperature: 18,3 C

Notes

Created with BeerSmith

ANEXO 3- Ficha para análise sensorial.

O Departamento de Química, Biotecnologia e Engenharia de Bioprocessos (DQBIO), da Universidade Federal de São João Del Rei- UFSJ está realizando uma pesquisa com consumidores de cerveja artesanal. Sua participação é de extrema importância para efetivação do nosso trabalho, por isto, gostaríamos que respondesse a algumas perguntas.

Nome: Data:

Faixa etária:	Sexo:	Ocupação:
( ) 18 a 25 anos	( ) Masculino	( ) Aluno
( ) 25 a 35 anos	( ) Feminino	( ) Professor
( ) 36 a 50 anos		( ) Funcionário
( ) mais de 50 anos		( ) Outro:_____

TESTE DE ACEITAÇÃO

1) Você está recebendo uma amostra de cerveja. Por favor, prove e avalie o quanto você gostou ou desgostou em relação aos atributos a seguir utilizando a escala abaixo:

9 – gostei muitíssimo
8 – gostei muito
7 – gostei
6 – gostei pouco
5 – nem gostei, nem desgostei
4 – desgostei pouco
3 – desgostei
2 – desgostei muito
1 – desgostei muitíssimo

Atributos	
Aroma	
Sabor	
Cor	
Textura	
Aparência	
Aceitação Global	

2) Na amostra indique:

O que mais gostou:

_____

O que mais desgostou:

_____