



## **AmPA (AMAZÔNIA PALE ALE) DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO DE CERVEJA COM LEVEDURA SELVAGEM AMAZÔNICAS**

**Israel Nazareno Athayde do Amaral**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Processos – Mestrado Profissional, PPGEP/ITEC, da Universidade Federal do Pará, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Engenharia de Processos.

Orientador: Sil Franciley dos Santos Quaresma

Belém

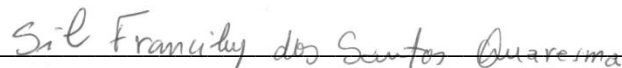
Junho de 2022

**AMPA (AMAZÔNIA PALE ALE) DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO DE  
CERVEJA COM LEVEDURA SELVAGEM AMAZÔNICAS**

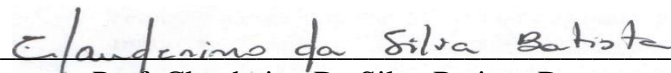
Israel Nazareno Athayde do Amaral

DISSERTAÇÃO SUBMETIDA AO CORPO DOCENTE DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA PROCESSOS – MESTRADO PROFISSIONAL (PPGEP/ITEC) DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM ENGENHARIA DE PROCESSOS.

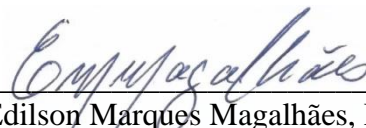
Examinada por:



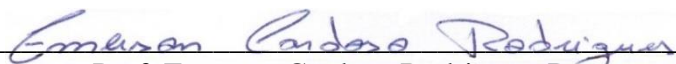
Prof. Sil Franciley dos Santos Quaresma, Dr.  
(PPGEP/ITEC/UFPA-Orientador)



Prof. Clauderino Da Silva Batista, Dr.  
(PPGEP/ITEC/UFPA-Membro)



Prof. Edilson Marques Magalhães, Dr.  
(PPGEP/ITEC/UFPA-Membro)



Prof. Emerson Cardoso Rodrigues, Dr.  
(PPGEP/ITEC/UFPA-Membro)

BELÉM, PA - BRASIL

JUNHO DE 2022

**Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)**  
**Sistema de Bibliotecas da UFPA**

---

Amaral, Israel Nazareno Athayde do, 1980-  
AmPA (Amazônia Pale Ale) desenvolvimento tecnológico de  
cerveja com levedura selvagem amazônicas/ Israel Nazareno  
Athayde do Amaral - 2022.

Orientador: Sil Franciley dos Santos Quaresma

Dissertação (Mestrado Profissional) - Universidade Federal  
do Pará. Instituto de Tecnologia. Programa de Pós-Graduação  
em Engenharia de Processos, 2022.

1. Cerveja- fabricação 2. Fermentação 3.  
Leveduras I. Título

CDD 23. ed. - 663.42

---

*Dedico este trabalho ao Grande Arquiteto do Universo, que por sua bondade e misericórdia tem sido possível vencer as dificuldades interpostas em meu caminho, fazendo que meu coração e minha inteligência sejam sempre iluminados pela luz que vem do alto..*

ני אל- אלהים אקרא ויהוה יושיעני:א

ערב ובקר וצהרים אשיחה ואהמה וישמע קולי:

פגה בשלום גפשי מקרב- לי פי- ברבים הני עמדי:

## AGRADECIMENTOS

Ao Grande Arquiteto do Universo.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Sil Quaresma, pelo acompanhamento durante as pesquisas experimentais e pela assistência na elaboração desta dissertação. Me adotou no meio do caminho e sempre acreditou em meu potencial, e que me deu forças para enfrentar as adversidades, tenha certeza, sem ajuda, este trabalho não teria sido possível. Gratidão.

Ao Prof. Dr Emanuel Negrão pela oportunidade de desenvolver este trabalho e confiar nas minhas inovações e entender sua importância para o desenvolvimento da ciência. Gratidão.

Ao Prof. Rosivaldo Borges, o cara mais sensacional que D'us colocou em minha vida, e que me mostrou a convicção que eu tinha que ter é, que o carbono era tetravalente, e que D'us nunca jogou dados com o universo, sou grato por tudo bisonho. Gratidão.

Ao Professor Dr. Agenor, que abriu o seu laboratório e embarcou em minhas loucuras, gratidão mesmo.

A todos os membros de Engenharia de Processo, aos professores e colegas do PPGEP. Gratidão.

A toda minha família, especialmente a minha mãe, Ana Maria Paixão Athayde Demetrius; aos meus pais Nicolau Demetrius Neto e Israel Amaral (in memoria), a minha esposa Luciana Pará pelo carinho, que segurou bastante a barra para eu poder viajar e me preparar sempre e cuidar de nossos Filhos Raissa Athayde e Gabriel Athayde, que são definitivamente meu maior incentivo a não desistir. Gratidão.

Aos meus irmãos, Islan Athayde, Alessandra Amaral e Ismael Amaral pelo carinho. Aos meus Sogros Jayme Zaguri e Lilia Pará, pelo apoio na medida do possível, ao meu Rabino Moises Elmeschany e Carol Elmeschany, são meus pontos de luz e sabedoria, ao meu grande amigo Berg, um cara mais cheio de luz que o eterno colocou em minha vida; aos amigos Ronaldo Rossi, Matheus Arede, Luiz caropreso, por compartilhar de minhas loucuras e experimentar todas as minhas experiências e compartilhar desses sonhos. Aos meus mais de 600 alunos pelo Brasil e Mundo, aos irmãos da Fênix 27. Minha Gratidão eterna Ao meu orientador, pelo acompanhamento durante as pesquisas experimentais e pela assistência na elaboração desta dissertação.

Aos professores e colegas do PPGEP.

“A posse do conhecimento sem ser acompanhado de uma manifestação ou expressão em ação é como amontoamento de metais preciosos, uma coisa vã e tola. O conhecimento é como a riqueza, destinado ao uso. A lei do uso é universal, e aquele que viola esta lei sofre por causa do seu conflito com as forças naturais ...”

(Cabalion)

Resumo da Dissertação apresentada ao PPGEP/UFPA como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia de Processos (M. Eng.)

## **AmPA (AMAZÔNIA PALE ALE) DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO DE CERVEJA COM LEVEDURA SELVAGEM AMAZÔNICAS**

**Israel Nazareno Athayde do Amaral**

Junho/2022

Orientador: Sil Franciley dos Santos Quaresma

Área de Concentração: Engenharia de Processos

Acreditando no grande potencial da região Norte do Brasil, iniciamos um projeto de pesquisa que destacasse a matéria prima Amazônica, nesse contexto, para produção de cerveja. A Amazônia Pale Ale (AmPA) foi idealizada como uma cerveja leve e refrescante, com baixo amargor, tendo como seu diferencial a levedura selvagem amazônica. A formulação básica partiu de malte de cevada, lúpulo e uma levedura selvagem isolada do cajuaçu, avaliando-se as características físico-químicas e sensoriais. O Cajuaçu é uma espécie nativa e dispersa na Amazônia, desde o maranhão até o Mato Grosso e Guianas. no Pará, especificamente em Bragança, bastante consumida no período de janeiro a março, período de safra. Essa fruta é utilizada para produção caseira de uma bebida mista fermentativa alcoólica que leva vodca e mel. Submetemos o néctar de cajuaçu a vários meios de cultura, onde obtivemos 38 colônias encontradas. Todas as amostras foram testadas até escolher a com maior potencial. A amostra C4, foi a cepa com melhor performance em teste isolado em AGAR, por isso foi isolada, reproduzida para continuação do processo. O mosto foi submetido às etapas de brasagem, filtragem, fervura, resfriamento e clarificação, seguindo-se com a inoculação de levedura C4. A levedura foi submetida a um teste de rendimento, e após 72 horas em teste de fermentação sob agitação constante, em uma variação de temperatura entre 20 C a 25 C, atingiu várias densidade (todas corrigidas pela tabela temperatura x densidade), chegamos a um rendimento de 46,67 %, chegando ao máximo de teor alcoólico de 5,51% de álcool ou seja, aproximadamente 46,6 g de

álcool obtidos de 100 g de açúcar fermentado, representando uma eficiência no processo fermentativo de 81,27%. Esses resultados são coerentes com os encontrados na literatura, pois segundo HASHIZUME (2001), mesmo em condições ótimas de trabalho, o rendimento mais elevado em fermentações alcoólicas não supera os 48%, e, no processo industrial, o rendimento é ainda menor. Com a levedura escolhida e testada, vamos para a produção da cerveja. Para propor uma cerveja amazônica, precisamos ter uma base para dar o “start” inicial, e o que tenha a cara de cerveja refrescante e saborosa, que possui as maiores características de nossa Amazônia, por isso, usamos o que tinha fácil acesso, como especiarias e frutas. O fermento de origem amazônica encaixou perfeitamente no estilo proposto, portanto, mostrando toda a força e complexidade que se esperava. Para a produção da AmPa partimos de uma cerveja de estilo próximo que estamos procurando, por isso foi caracterizada uma APA leve, com pouco lúpulo, e sem nenhum condimento, para que pudéssemos analisar o comportamento da levedura em uma cerveja artesanal. Além de tudo que foi dito, apresentou um caráter mais ácido e isso pode ser obtido de várias formas. A primeira, poderia ser da brasagem, fazendo uma “sour mash” (brasagem ácida). A fermentação transcorreu a 20 °C durante 7 dias. A cerveja foi maturada à temperatura de 2 °C por 8 dias, e, posteriormente, engarrafadas e pasteurizadas. Terminado o processo de elaboração, 7 dias após as cervejas foram analisadas sensorialmente. Concluiu-se que existe a possibilidade de sucesso no uso de leveduras selvagens amazônicas para a fabricação de cervejas, criando uma característica única, sem presença de off flavour, assim atendendo à demanda por novos produtos da biodiversidade ligada à valorização sustentável dos biomas e agregando ainda mais os guias cervejeiros.



Abstract of Dissertation presented to PPGE/UFPA as a partial fulfillment of the requirements for the degree of Master in Process Engineering (M. Eng.)

**AmPA (AMAZONIA PALE ALE) TECHNOLOGICAL DEVELOPMENT OF  
AMAZON WILD YEAST BEER**

**Israel Nazareno Athayde do Amaral**

June/2022

Advisor: Sil Franciley dos Santos Quaresma

Research Area: Process Engineering

Believing in the great potential of the North region of Brazil, we started a research project that highlighted the Amazonian raw material, in this context, for beer production. Amazonia Pale Ale (AmPA) was conceived as a light and refreshing beer, with low bitterness, having as its differential the wild Amazonian yeast. The basic formulation started with barley malt, hops and a wild yeast isolated from cashew apple, evaluating the physicochemical and sensorial characteristics. Cajuaçu is a native and dispersed species in the Amazon, from Maranhão to Mato Grosso and Guianas. in Pará, specifically in Bragança, widely consumed in the period from January to March, the harvest period. This fruit is used for home production of an alcoholic fermentative mixed drink that takes vodka and honey. We submitted the cashew nectar to various culture media, where we found 38 colonies. All samples were tested until choosing the one with the highest potential. Sample C4 was the strain with the best performance in an isolated test on AGAR, so it was isolated and reproduced for continuation of the process. The must was submitted to the steps of brazing, filtering, boiling, cooling and clarification, followed by the inoculation of C4 yeast. The yeast was submitted to a yield test, and after 72 hours in a fermentation test under constant agitation, in a temperature variation between 20 C to 25 C, it reached several density (all corrected by the temperature x density table), we reached a yield of 46.67%, reaching a maximum alcohol content of 5.51% alcohol or that is, approximately 46.6 g of alcohol obtained

from 100 g of fermented sugar, representing an efficiency in the fermentation process of 81.27%. These results are consistent with those found in the literature, since according to Hashizume (2001), even under optimal working conditions, the highest yield in alcoholic fermentations does not exceed 48%, and, in the industrial process, the yield is even lower. With the yeast chosen and tested, we go to the production of beer. To propose an Amazonian beer, we need to have a base to give the initial “start”, and what has the face of refreshing and tasty beer, which has the greatest characteristics of our Amazon, so we used what was easily accessible, such as spices and fruits. The yeast of Amazonian origin fit perfectly into the proposed style, therefore, showing all the strength and complexity that was expected. For the production of AmPa, we started with a beer of the similar style that we are looking for, so we characterized a light APA, with few hops, and without any spices, so that we could analyze the behavior of yeast in a craft beer. In addition to all that has been said, it has a more acidic character, and this can be obtained in several ways. The first could be brazing, making a “sour mash” (acid brazing). Fermentation took place at 20 °C for 7 days. The beer was aged at 2 °C for 8 days, and then bottled and pasteurized. After the elaboration process, 7 days after the beers were analyzed sensorially. It was concluded that there is a possibility of success in the use of wild Amazonian yeasts for the manufacture of beers, creating a unique characteristic, without the presence of off flavor, thus meeting the demand for new biodiversity products linked to the sustainable valuation of biomes and adding even more plus the brewery guides.

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO.....</b>	<b>1</b>
1.1 - MOTIVAÇÃO.....	1
1.2 - OBJETIVOS.....	4
<b>1.2.1 - Objetivo geral.....</b>	<b>4</b>
<b>1.2.2 - Objetivos específicos.....</b>	<b>4</b>
1.3 - CONTRIBUIÇÕES DA DISSERTAÇÃO.....	4
1.4 - ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO.....	5
<b>CAPÍTULO 2 - REVISÃO DA LITERATURA.....</b>	<b>6</b>
2.1 - HISTÓRIA DA CERVEJA.....	6
<b>2.1.1 - Conceituação.....</b>	<b>7</b>
2.2 - LEI REINHEITSGEBOT.....	8
2.3 - Matérias - primas do processo cervejeiro.....	9
<b>2.3.1 - Malte.....</b>	<b>9</b>
<b>2.3.2 - Água.....</b>	<b>10</b>
<b>2.3.3 - Lúpulo.....</b>	<b>10</b>
<b>2.3.4 - Fermento.....</b>	<b>12</b>
<b>2.3.5 - Insumos amazônicos.....</b>	<b>13</b>
2.4 - FAMÍLIA.....	14
<b>2.4.1 - Família Ale.....</b>	<b>14</b>
<b>2.4.2 - Família Lager.....</b>	<b>15</b>
<b>2.4.3 - Família Lambic.....</b>	<b>15</b>
2.5 - PROCESSO DE FABRICAÇÃO DA CERVEJA.....	15
<b>2.5.1 - Fabricação do mosto.....</b>	<b>15</b>
<b>2.5.2 - Filtração/clarificação do mosto.....</b>	<b>20</b>
<b>2.5.3 - Fervura do mosto.....</b>	<b>20</b>
<b>2.5.4 - Whirlpool ou rotapool.....</b>	<b>21</b>
<b>2.5.5 - Maturação.....</b>	<b>22</b>
<b>2.5.6 - Envase, priming e engarrafamento - refermentação e carbonatação – gaseificação.....</b>	<b>23</b>
<b>2.5.7 - Elaboração de receita.....</b>	<b>25</b>
<b>2.5.8 - Cálculo de Ibu.....</b>	<b>27</b>

2.5.9 - Fermentação e o metabolismo das leveduras.....	29
2.5.10 - Microbiologia da cerveja.....	41
2.5.11 - Cajuacu.....	42
<b>CAPÍTULO 3 - MATERIAIS E MÉTODOS.....</b>	<b>44</b>
3.1 - MATERIAIS UTILIZADOS.....	44
3.2 - METODOLOGIA EXPERIMENTAL.....	46
3.2.1 - Caracterização da levedura.....	50
3.2.2 - Confeção de receitas.....	55
3.2.3 - Fabricação do mosto.....	57
3.2.4 - Fervura e lupulagem.....	60
3.2.5 - Separação de trub e resfriamento do mosto.....	62
3.2.6 - Fermentação.....	63
3.2.7 - Maturação.....	65
3.2.8 - Envase.....	66
3.2.9 - Processo de fabricação e tipos de cervejas.....	66
<b>CAPÍTULO 4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>67</b>
4.1 - RESULTADOS.....	67
4.2 - DISCUSSÕES.....	69
<b>CAPÍTULO 5 - CONCLUSÕES E SUGESTÕES.....</b>	<b>73</b>
5.1 - CONCLUSÕES.....	73
5.2 - SUGESTÕES.....	74
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>75</b>

## LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1	Simbologia de uma cerveja Pilsen Original e a Pilsen Brasileira.	8
Figura 2.2	Plantação de malte no leste Europeu.....	9
Figura 2.3	Água.....	10
Figura 2.4	Flor de Lúpulo Feminino.....	11
Figura 2.5	Levedura estilo ALE.....	13
Figura 2.6	Especiarias amazônicas em grão e moídas.....	14
Figura 2.7	Maceração enzimática de $\beta$ -amilase/exoenzima e $\alpha$ -amilase/ endoenzima.....	18
Figura 2.8	Maceração enzimática de $\beta$ -amilase e $\alpha$ -amilase.....	19
Figura 2.9	Tipos de rampas enzimáticas.....	20
Figura 2.10	Processo de Whirlpool.....	22
Figura 2.11	Roda dos aromas cervejeira.....	26
Figura 2.12	Tabela de auxílio para confecção de receitas.....	26
Figura 2.13	Tabela de gravidade x Tempo.....	28
Figura 2.14	Metabolismo da Levedura.....	31
Figura 2.15	Ph ideal para processo de fabricação.....	36
Figura 2.16	Curva de fermentação de cerveja: (a) Ale e (b) Lager.....	37
Figura 2.17	Diacetil-vicinalis.....	38
Figura 2.18	Estrutura de ésteres.....	39
Figura 3.1	Fruta de Cajuaçu e néctar da própria fruta retirado de Bragança- Pa.....	47
Figura 3.2	Leveduras desenvolvidas em DME.....	48
Figura 3.3	Placas com as leveduras isoladas em inatura, PDA, cerveja e mosto DME.....	49
Figura 3.4	Equipamento idealizado para fermentação das leveduras.....	52
Figura 3.5	Tabela de maceração e suas ações temperatura e Ph.....	54
Figura 3.6	Tabela de % de álcool por volume (ABV) original x final.....	55
Figura 3.7	Receita BeerSmith.....	56
Figura 3.8	Maceração padrão com 3 rampas usadas para ação enzimática....	58
Figura 3.9	Tabela de maceração e suas ações não temperaturas e Ph adequado.....	59

Figura 3.10	Teste de Iodo.....	59
Figura 3.11	Gráfico que visualiza bem os momentos de inserção de lúpulo e seus efeitos.....	61
Figura 3.12	Processo de hidratação e despertar das leveduras.....	64
Figura 3.13	Fluxograma utilizado no processo de obtenção de cerveja artesanal com levedura selvagem amazônica.....	66
Figura 4.1	Tabela de dados da fermentação da Levedura C4.....	67
Figura 4.2	Gráfico de % Alc x Tempo (min).....	68

## LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1	Condições enzimáticas ótimas.....	18
Tabela 4.1	Análise da cerveja.....	72

## NOMENCLATURA

ABNT	ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS
ANVISA	AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA
AAT	ACETATO TRANSFERASE
ABV	ÁLCOOL POR VOLUME
APA	AMERICAN PALE ALE
BA	BREWERS ASSOCIATION
BJCP	BEER JUDGE CERTIFICATION PROGRAM
FG	FINAL GRAVITY
HL	HECTOLITRO
IBU	INTERNATIONAL BITTERNESS UNIT
OG	ORIGINAL GRAVITY



# CAPÍTULO 1

## INTRODUÇÃO

### 1.1 - MOTIVAÇÃO

A cerveja já é conhecida a cerca de 6.000 anos. Os sumérios são considerados como pioneiros de sua elaboração (Século IV a.C.) Foram sucedidos pelos egípcios, babilônios, gregos, romanos e germanos. A cerveja é uma bebida consumida em todo o mundo. As matérias-primas mais utilizadas no seu processo de elaboração são malte de cevada, água, lúpulo e fermento (levedura) (PIRES e BRANYIK, 2015). Em alguns países, como a Alemanha, somente se aplicam tais ingredientes, com destaque para a cevada como o cereal usado na obtenção do malte. Contudo, na maioria deles, é permitida a inserção de outros cereais maltados com vistas a substituir parte do malte de cevada a fim de se obterem outros estilos dessa bebida. Entretanto, independentemente da formulação, o lúpulo é o ingrediente insubstituível que agrega amplos atributos à cerveja (ABRAM *et al.*, 2015). A febre das cervejas especiais chegou ainda que com alguns anos de atraso, tendo a cultura cervejeira brasileira passando por uma renovação, o interesse em provar os novos sabores levou ao desejo de arriscar, sabores até pouco tempo desconhecidos e assim a história cervejeira mudou de rumo. Entende-se por cervejas especiais aquelas que são importadas e artesanais, aquelas que utilizam matérias-primas de qualidade superior, com nenhum ou poucos aditivos químicos, aquelas que têm um cuidado diferenciado no seu preparo e aquelas que apresentam melhor qualidade sensorial, personalidade e apelo gastronômico (INSTITUTO DA CERVEJA, 2018).

Então, o que a difere da cerveja comum é que não há milho em sua fórmula, esse é o conceito principal. Mas afinal, o que o milho faz em nossas cervejas? O uso do milho ou cereais não maltados atualmente serve para reduzir custos de produção, criando-se assim cervejas mais leves e baratas (PALMER, 2017). Segundo os especialistas, a troca existe porque o milho chega a ser 30% mais barato do que a cevada (AMIENYO e AZAPAGIC, 2016).

A perspectiva para o mercado é muito interessante, Mercado brasileiro de cerveja artesanal fatura até R\$ 2 bilhões por ano, olha que o mercado da cerveja artesanal cresceu 20% no Brasil em 2017, mas mesmo assim ainda ocupa apenas 1,5%

do total de vendas de cerveja no país. Já o mercado das grandes empresas movimenta 30 bilhões/ano, no entanto, está num ritmo mais lento. Enquanto as cervejas comerciais crescem 7% ao ano, as especiais crescem mais que o dobro (PORTAL, 2017). O crescimento é inevitável, a cada dia que passa mais pessoas procuram saber mais sobre o assunto, mais pessoas se profissionalizam, o mestre cervejeiro que tem que se adaptar as mudanças criando novas cervejas com uma maior qualidade utilizando ingredientes diversos, o garçom que teve que aprender como servir cada estilo. O mercado ainda é jovem no Brasil, poucos anos atrás não encontrávamos tanta variedade de rótulos nacionais à venda. Dessa forma, boa parte do público já tem modificado os hábitos de forma quase que natural, bebendo menos, mas bebendo melhor. As Cervejas Especiais estão tão em alta que agora está influenciando a área gourmet, mais e mais chef querem desvendar esse mistério da cerveja perfeita (UNESCO, 2019).

Quando falamos em cervejas especiais, estamos falando também em escolas cervejeiras. As escolas são os locais que criam seus próprios estilos com ingredientes únicos ou combinações de produção. Muitos são disseminados por terem muita tradição, apelo cultural, inovação tecnológica e conhecimento adquirido (PALMER, 2017). Um estilo é definido por um conjunto de critérios e pelas características sensoriais que as cervejas possuem em comum (INSTITUTO DA CERVEJA, 2018). Existem vários estilos de cerveja segundo os guias de estilo como os mais consultados Beer Judge Certification Program (BJCP) (STRONG e ENGLAND, 2021) e o Brewers Assosiation (INSTITUTO DA CERVEJA, 2018). Os mais variados estilos que conhecemos possuem heranças de escolas de origem alemã, inglesa e belga (SÃO PAULO, 2015). Para você entender um pouco mais vou citar a escola alemã que é conhecida por produzir cervejas de acordo com a lei de pureza. Essa lei foi estabelecida em 1516 que afirmava que os únicos ingredientes permitidos na fabricação da cerveja eram água, cevada (o trigo foi autorizado posteriormente), lúpulo e levedura, assim tornando a cerveja alemã a referência de uma cerveja de qualidade (CAROPRESO, 2018). Mas hoje em dia nem todas as cervejas especiais precisam necessariamente está nesse parâmetro da lei da pureza para ser perfeita, melhor exemplo disso são as escolas americanas, lançadas ao mundo como cervejas muitas vezes extremas ou muitas vezes condimentadas, as vezes ambas. O Brasil possui muitas fabricas que produzem essas escolas com um toque regional, não é heresia dizer que logo seremos uma nova escola cervejeira, aliás já estamos a caminho desse objetivo a passos largos (SÃO PAULO, 2015). As características que definem uma cerveja pelo seu estilo são suas

características sensoriais, sua aparência, basicamente sua cor, bem como sua transparência, sendo ela translúcida, ou seja, cervejas filtradas, sem presença de fermento ou opaca, não filtrada, contendo fermento em seu corpo, como as cervejas alemãs de trigo, do estilo Weiss ou Weizen (INSTITUTO DA CERVEJA, 2018). O paladar é o sabor da cerveja junto ao seu aroma, onde podemos analisar seu amargor, as presenças de maltes e especiarias. O aroma varia devido ao tipo de lúpulo usado na receita da cerveja (o aroma cítrico de maracujá de uma American IPA), o tipo de malte (maltes torrados vão dar notas de torrefação e café a alguns estilos como as cervejas escuras do estilo Porter, Stout e Dunkel, enquanto os maltes defumados vão dar notas próximas ao bacon e embutidos às cervejas do estilo Rauchbier) e é também influenciado pela fermentação, com tipo de levedura utilizado na receita e a temperatura em que a cerveja fermentou, a exemplo de algumas Weizen que possuem, caracteristicamente, aroma de banana e sabor de cravo (SÃO PAULO, 2015). O uso de adjuntos em alguns estilos (como o açúcar proveniente de cereais não maltados como o arroz e o milho), bem como uso de algumas frutas, ervas, condimentos e vários outros produtos também influencia no aroma da cerveja. O aroma de uma cerveja influencia no seu paladar, mas o inverso não acontece, já que não precisamos beber a cerveja para sentir o seu cheiro. E por último as sensações físicas percebidas pela a boca através do tato têm a sensação da viscosidade e da sua densidade, a sensação frisante de sua carbonatação e a sensação de queimação alcoólica devido a sua graduação alcoólica (CAROPRESO, 2018).

A constante inovação e criatividade na fabricação de cerveja tem feito o sucesso da indústria cervejeira artesanal (PALMER, 2017). Produzir um amplo número de cervejas na mesma cervejaria adiciona dificuldades na gestão, por isso toda inovação precisa de um controle específico, principalmente na fermentação, onde o fator chave para superar as expectativas dos consumidores estão na qualidade e consistência dos produtos (FERMENTIS, 2015)

A levedura seca é uma resposta confiável e a escolha de inúmeros cervejeiros artesanais de todo o mundo para alcançar fermentações consistentes, pronto pra inocular, sua reidratação é um procedimento simples, mas sem muitas inovações, sempre as mesmas leveduras padrão que conhecemos (FERMENTIS, 2015).

## 1.2 - OBJETIVOS

### 1.2.1 - Objetivo geral

Este trabalho tem como principal objetivo propor a criação de uma escola cervejeira denominada de Amzônia Pale Ale, através de um processo novo com adição de levedura selvagem amazônica extraído da fruta do Cajuaçu, com a finalidade de possibilitar um maior entendimento das características importantes para tais interações, criando novos estilos e sabores

### 1.2.2 - Objetivos específicos

- Fazer testes de Cervejas com características frutíferas;
- Isolar Leveduras Amazônicas;
- Realizar simulações de fabricação com leveduras selvagens amazônicas;
- Estudar sua atenuação em relação os fermentos tradicionais;
- Propor um novo modelo de processo para produção de cerveja com insumos amazônicos.

## 1.3 - CONTRIBUIÇÕES DA DISSERTAÇÃO

O estudo consistiu na realização de experimentos que fossem análogos e que simulassem a fermentação como etapa da produção de cerveja, variando a temperatura de mostura e a concentração inicial do mosto, assim como a temperatura durante a fermentação.

Foi levado em considerações amostras em meio in natura, e concentrado de batata. Foram realizados experimentos em duplicata, divididos em 4 corridas de fermentação, da seguinte maneira: em cada corrida foi utilizada um habitat diferente de nutrientes e temperatura de fermentação e, descobrir qual a melhor levedura para se fazer uma cerveja com características amazônica.

Foi levado em consideração, que além da cepa selvagem amazônica, as riquezas de fauna e flora foram testadas em microescala até o resultado final.

## 1.4 - ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO

O capítulo 1 apresenta a motivação, os objetivos, as contribuições da dissertação e a forma de organização do trabalho.

O capítulo 2 apresenta uma revisão da literatura sobre a origem e processo de fabricação de cerveja artesanal, na qual são abordados os aspectos gerais relacionados ao processo de produção otimizada em relação a produção de alta escala das indústrias, bem como se faz uma revisão bibliográfica do processo fermentativo, composição química e como está organizado as cervejas por seu tipo de sabor, cheiro e aditivos. O capítulo aborda também uma revisão da literatura sobre os métodos utilizados para captura e isolamento de leveduras selvagem amazônica.

O capítulo 3 apresenta os materiais e a metodologia usada para a captura e isolamento da levedura selvagem, reprodução da levedura e fabricação da cerveja usada para obtenção de resultados.

O capítulo 4 explana os resultados obtidos e discute a metodologia usada para obtenção da cerveja escolhida.

O capítulo 5 concluímos a importância desses resultados e a possibilidade ou não de se propor a criação de uma escola cervejeira amazônica usando as leveduras selvagens amazônicas.

## CAPÍTULO 2

### REVISÃO DA LITERATURA

#### 2.1 - HISTÓRIA DA CERVEJA

Há cerca de 10 mil anos, o homem antigo descobriu, por acaso, o processo de fermentação. Daí surgiram, em pequena escala, as primeiras bebidas alcoólicas. Mais tarde, a cerveja era produzida inicialmente pelos padeiros, devido a natureza dos ingredientes. Utilizavam leveduras e grãos de cereais. A cevada era deixada de molho até germinar, moída grosseiramente, moldada em bolos aos quais se adicionava levedura. Os bolos, após parcialmente assados, eram colocados em jarras com água e deixados para fermentar (INSTITUTO DA CERVEJA, 2018). Há evidências de que a prática da cervejaria se originou na região da Mesopotâmia onde a cevada cresce em estado selvagem. Os primeiros registros de fabricação de cerveja tem aproximadamente 6 mil anos e remetem aos Sumérios, povo mesopotâmico. A primeira cerveja produzida foi, provavelmente, um acidente. Documentos históricos mostram que em 2100 AC. os sumérios alegravam-se com uma bebida fermentada, obtida de cereais. Na Suméria, cerca de 40% da produção dos cereais destinavam-se as cervejarias chamadas "casas de cerveja", mantida por mulheres. Os egípcios logo aprenderam a arte de fabricar cerveja e carregaram a tradição no milênio seguinte, agregando o líquido à sua dieta diária (INSTITUTO DA CERVEJA, 2018).

A cerveja produzida naquela época era bem diferente da de hoje em dia. Era escura, forte e muitas vezes substituía a água, sujeita a todos os tipos de contaminação, causando diversas doenças à população. Mas a base do produto, a cevada fermentada, era a mesma. A expansão definitiva da cerveja se deu com o Império Romano, que se encarregou de levá-la para todos os cantos onde ainda não era conhecida. Júlio César era um grande admirador da cerveja e, em 49 A.C., depois de cruzar o Rubicão, ele deu uma grande festa a seus comandantes, na qual a principal bebida era a cerveja. A César também é atribuída a introdução de cerveja entre os britânicos, pois quando ele chegou à Britânia, esse povo apenas bebia leite e licor de mel. Através dos romanos a cerveja também chegou à Gália, onde hoje é a França. E foi aí que a bebida definitivamente ganhou seu nome latino pelo qual conhecemos hoje. Os gauleses denominavam essa

bebida de cevada fermentada de “cerevisia” ou “cervisia” em homenagem a Ceres, deusa da agricultura e da fertilidade (ESCOLA..., 2014).

Na Idade Média, os conventos assumiram a fabricação da cerveja que, até então, era uma atividade familiar, como cozer o pão ou fiar o linho. Pouco a pouco, à medida que cresciam os aglomerados populacionais e que se libertavam os servos, entre os séculos VII e IX, começaram a surgir artesãos cervejeiros, trabalhando principalmente para grandes senhores e para abadias e mosteiros. O monopólio da fabricação da cerveja até por volta do século XI continuou com os conventos que desempenhavam relevante papel social e cultural, acolhendo os peregrinos de outras regiões. Por isso, todo monastério dispunha de um albergue e de uma cervejaria. Os monges por serem os únicos que reproduziam os manuscritos da época, puderam conservar e aperfeiçoar a técnica de fabricação da cerveja (INSTITUTO DA CERVEJA, 2018).

A partir do séc. XII pequenas fábricas foram surgindo nas cidades europeias e com uma técnica mais aperfeiçoada, os cervejeiros já sabiam que a água tinha um papel determinante na qualidade da cerveja. Assim a escolha da localização da fábrica era feita em função da proximidade de fontes de água muito boa (INSTITUTO DA CERVEJA, 2018).

### **2.1.1 - Conceituação**

Então, o que é cerveja? “É a bebida obtida pela fermentação alcoólica do mosto cervejeiro oriundo do malte de cevada e água potável, por ação da levedura, com adição de lúpulo” (BRASIL, 2009).

O malte de cevada e o lúpulo podem ser substituídos por seus respectivos extratos. Parte do malte de cevada pode ser substituída por adjuntos cervejeiros, cujo emprego não poderá ser superior a 45% em relação ao extrato primitivo. Consideram-se adjuntos cervejeiros a cevada cervejeira e os demais cereais aptos para o consumo humano, maltados ou não-maltados, bem como os amidos e açúcares de origem vegetal (HUGHES, 2014).

A cerveja deve apresentar pressão mínima de atmosfera de CO<sub>2</sub> proveniente da fermentação, sendo permitida a correção por CO<sub>2</sub> ou N<sub>2</sub>. A cerveja é uma bebida alcoólica obtida pela fermentação de cereais. Ela está sempre associada a 4 ingredientes básicos: água, malte, lúpulo e levedura. Entre o Brasil e o mundo existe uma grande diferença entre a produção de cerveja, como pode ser observado na Figura 2.1. Cada um

deles contribui de uma forma diferente, afetando a aparência, aroma e o sabor da cerveja (SÃO PAULO, 2015).



Figura 2.1 - Simbologia de uma cerveja Pilsen Original e a Pilsen Brasileira.  
Fonte: BRÄU (2018)

## 2.2 - LEI REINHEITSGEBOT

A Lei da Pureza, a Reinheitsgebot, promulgada em 1516, pelo Duque Guilherme IV da Baviera, sul da Alemanha, ditava uma série de regras e comportamentos em relação ao consumo da cerveja. Entre elas, uma das mais famosas, era a determinação dos ingredientes que poderiam fazer parte da produção da bebida: malte de cevada (mais recentemente, também o trigo), água, lúpulo e, posteriormente, a levedura. Desde a data, a escola alemã é baseada nesses ingredientes e todos os estilos seguem o quarteto, sem a inclusão de adjuntos, como frutas, chocolate, maltes de arroz etc. (MORADO, 2009).

Segundo MORADO (2009), no processo de produção de cervejas, a substituição total ou parcial do malte por fontes de carboidratos, no fornecimento de açúcares necessários para a mosturação de adjuntos que usem griz de milho, arroz (farelo e quireira), trigo, mandioca e cereais não maltados, são alternativas bastante utilizadas pelas indústrias produtoras da bebida alcoólica, garantem um menor custo em relação ao malte (STRONG e ENGLAND, 2021).

O malte tem sua produção limitada no Brasil, sendo apenas capaz de suprir 30% da demanda nacional, portanto, importá-lo ainda é uma necessidade. Essa limitação se deve ao fato de existirem disponíveis no mercado diversos tipos de adjuntos, os quais



devem ser escolhidos adequadamente a fim da qualidade na cerveja não ser prejudicada. Deve-se ressaltar essas matérias-primas, além de reduzir o custo, são capazes de lhe conferir maior frescor, brilho, leveza, menor saciedade e ainda contribuir para um aroma mais agradável (D'AVILA, 2012).

De acordo com o Decreto nº 6.871, de 4 de junho de 2009, Art. 36:

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

§ 5o Consideram-se adjuntos cervejeiros a cevada cervejeira e os demais cereais aptos para o consumo humano, maltados ou não - maltados, bem como os amidos e açúcares de origem vegetal (BRASIL, 2009).

## 2.3 - Matérias - primas do processo cervejeiro

### 2.3.1 - Malte

O malte, em geral, é feito a partir do grão de cevada, que passa por um processo chamado malteação e daí sim vira malte. Mas outros cereais podem ser usados, como o malte de trigo, que é bem comum. O malte pode ter diferentes cores e é ele, na maior parte, que define a cor que a cerveja vai ter. É dele também que vem a maior parte do açúcar que fica na água durante o primeiro processo de produção da cerveja (HUGHES, 2014). Na Figura 2.2 temos uma preparação de malte no leste Europeu.



Figura 2.2 - Plantação de malte no leste Europeu.  
Fonte: ROHBRAU (2018).

### 2.3.2 - Água

A água é mais de 90% da cerveja. Ela é tipo um campo de futebol onde os outros ingredientes entram para jogar. Na água eles se misturam e, durante o processo de produção, acontecem as reações químicas que geram a cerveja. Durante muito tempo, o lugar de onde a água vinha influenciava no sabor e características da cerveja. Mas hoje em dia, ela pode ser tratada quimicamente, então de onde ela vem não é mais relevante. (BRÄU, 2018) na Figura 2.3 temos a representação da água de forma pura e límpida.



Figura 2.3 - Água.  
Fonte: BELÁGUA (2021).

### 2.3.3 - Lúpulo

Este ingrediente é como um tempero na cerveja. Ele dá amargor, aromas e sabores bem característicos. Dependendo da quantidade e da forma que ele é utilizado na cerveja, ele pode só dar uma equilibrada no sabor doce que vem do malte. Ou então, se colocar em maior quantidade, dá um amargor extra, que é comum no estilo IPA (BRÄU, 2018).

Apenas as flores fêmeas (estróbilos) são usadas no processo cervejeiro. Suas resinas e seus óleos essenciais conferem à bebida o sabor amargo e o aroma característico. O lúpulo é considerado o tempero da cerveja e um dos mais significativos

componentes na sua produção, pois, além de tirar-lhe o dulçor, define vários estilos (HORNSEY, 1999).

No Brasil não existem condições climáticas adequadas à produção de lúpulo, porém há trabalhos de adaptação e melhoramento genético dessa espécie. Sua importação da Europa e dos Estados Unidos gera o suprimento da demanda nacional. Comumente, o uso do lúpulo nesse processo é em pellets, pequenas pelotas de flores prensadas. Assim, pode-se reduzir o volume de tal ingrediente a transportar e, ao mesmo tempo, manter suas características originais. Mas nada impede que a flor (Figura 2.4) seja adicionada à cerveja na sua forma original, conforme colhida na lavoura (VENTURINI FILHO e CEREDA, 2001).



Figura 2.4 - Flor de lúpulo feminino.  
Fonte: O GUIA DO LUPULO (2022).

A composição do lúpulo depende de alguns fatores como a safra, época da colheita, secagem, armazenamento, tipo do lúpulo. Pode-se dividir o lúpulo em três substâncias principais:

## **RESINAS**

As resinas são as responsáveis por conferir o amargor característico a cerveja. Os principais constituintes das resinas são os ácidos amargos (alfa-ácidos e beta-ácidos). Por serem solúveis no mosto, os alfa-ácidos apresentam maior potencial de amargor do que os beta-ácidos que por sua vez, tem ação sobre o aroma da cerveja. As resinas têm papel importante na estabilização da espuma (COMPTON, 2009).

## **POLIFENÓIS**

Cerca de 20 a 30% dos polifenóis vem do lúpulo. Os polifenóis podem ser divididos dois grupos: os de massa molecular e os de alta massa molecular. Os polifenóis de baixa massa molecular tem como função a estabilização do sabor da cerveja evitando reações de oxidação. Atuam como sequestrantes de radicais livres no corpo humano e tem ação relacionada com a diminuição da velocidade e frequência do desenvolvimento de câncer. Os polifenóis de alta massa molecular pode alterar significativamente a cor da cerveja após longas fervura, reduzir estabilidade coloidal e provocar turbidez da cerveja (BARRIE e PROSSER, 2014).

## **AGENTES FLAVORIZANTES**

Até agora, conhece-se mais de 300 substâncias voláteis no lúpulo. São em sua maior parte hidrocarbonetos, porém podem ser encontrados em baixa quantidade ácidos graxos, ésteres, enxofre, como tioésteres, sulfetos e compostos sulfurosos heterocíclico. Os mais frequentes são o mirceno, os sesquiterpenos humuleno e o cariofileno (BARRIE e PROSSER, 2014).

### **2.3.4 - Fermento**

E por fim, o ingrediente que faz toda a mágica da cerveja acontecer: o fermento ou levedura. Ela que no fundo é a verdadeira cervejeira, nos somente trabalhamos pra ela, produzindo um mosto saudável para deixá-la bem alimentada e feliz. A levedura não se preocupa com o tipo de cerveja que vai fazer, nem o gosto ou cheiro que vai ter (BANZON, FULMER e UNDERKOFER, 1949).

A levedura, *Saccharomyces cerevisiae*, é um fungo unicelular. Ela é um eucarionte com uma estrutura celular similar as plantas e animais incluindo os humanos. Uma célula *Saccharomyces cerevisiae* mede entre 5 e 50 um. Durante a fermentação cervejeira ela se reproduz assexuadamente através da gemulação (FERMENTIS, 2015)

A célula da levedura pode comparada a uma unidade de produção por si própria. Para fermentar corretamente ela necessita de ser alimentada com as corretas matérias primas para ser capaz de fabricar os compostos corretos. Quando uma receita de cerveja

contém de 80 a 100% de malte, sua qualidade nutricional já é suficiente para manter a levedura saudável (FERMENTIS, 2015).

Basicamente, tem dois tipos de fermento, um que resulta em cerveja ale e outro em Lager. A levedura que é a responsável pela reação química que transforma os açúcares que estão diluídos na água em gás carbônico e álcool (BRÄU, 2018), ilustração de uma levedura ale em fermentação espontânea descrita na Figura 2.5.



Figura 2.5 - Levedura estilo ALE.  
Fonte: ARTE DA FERMENTAÇÃO (2018).

### **2.3.5 - Insumos amazônicos**

A floresta Amazônica é uma reserva verde capaz de fornecer um sem-fim de ingredientes inovadores para a indústria de cerveja. Concretizar esse cenário, passa pelo estabelecimento de mecanismos econômicos diferenciados, que integrem governos, empresas e academia, para se alcançar o tão falado Desenvolvimento Sustentável, possível somente com o uso do conhecimento científico aplicado para a construção de tecnologias e ações não predatórias, como o Projeto do Governo do Estado do Pará da Agenda 2030 (PARÁ, 2022). Observe algumas especiarias descritas na Figura 2.6.





Figura 2.6 - Especiarias amazônicas em grão e moídas  
Fonte: GOVERNO DO PARÁ (2022).

## 2.4 - FAMÍLIA

Existem variados tipos diferentes de cervejas no mundo, distribuídos entre as Escolas Cervejeiras, e divididos em estilos, mas uma questão básica é como ela foi produzida e qual o fermento utilizado e o tipo de fermentação usado no processo de fabricação. De uma forma simples teremos na fermentação a levedura “comendo” os açúcares do mosto cervejeiro e transformando em álcool e CO<sub>2</sub>. Nesse processo é que a cerveja adquire suas características de sabores e aromas (ROHBRAU, 2018).

Randy (2015) afirmava que de acordo com o tipo de levedura utilizada podemos classificar as cervejas, distribuindo-as nessas 3 grandes famílias: Ale, Lager e Lambic (êiou, láguer e lêmبيقui,).

### 2.4.1 - Família Ale

As cervejas além são fermentadas em temperaturas altas entre 15°C e 24°C, por isso são chamadas de cervejas de alta fermentação. Em geral isso traz aromas e sabores bem complexos. Esse é um processo de fabricação muito antigo e foi predominante até meados do séc XIX. O processo não interfere na coloração ou graduação alcoólica do produto final. Alguns estilos dessa famílias são: Stout, Pale Ale e Weizenbock (SANDOR, 2014).

### **2.4.2 - Família Lager**

As Lagers, diferente das Ales, são produzidas com o método de baixa fermentação ou fermentação a frio, as temperaturas costumam variar entre 8oC e 12oC, o que as torna um pouco mais leves e suaves. As lagers têm como sua representante mais famosa as Pilsen ou Pilsner. São encontradas mais como cervejas claras, apesar disso não ser regra. As bocks são um exemplo disso (RANDY, 2018).

### **2.4.3 - Família Lambic**

As cervejas Lambic, passam por um processo de fermentação espontânea, que pode durar até 5 anos. Ao invés do cervejeiro colocar o fermento, ele deixa a microflora do ambiente agir espontaneamente no preparo da cerveja. Esse é um tipo bem raro de fermentação, que surgiu na cidade de Lambeek, por isso o seu nome. Ela possui um teor alcoólico relativamente baixo, tendem a ser mais ácidas e em algumas lambics são adicionadas frutas inteiras durante o preparo (AQUARONE *et al.*, 2001).

## **2.5 - PROCESSO DE FABRICAÇÃO DA CERVEJA**

A cerveja é a bebida obtida pela fermentação alcoólica do mosto cervejeiro oriundo do malte de cevada e água potável, por ação da levedura, com adição de lúpulo. A elaboração de cervejas passa por várias etapas e estas podem ser realizadas de várias formas combinadas. É necessário um conhecimento tecnológico de cada uma, para que as combinações sejam harmônicas no final, pois, na sequência, o processo exige cuidados para evitar problemas nos resultados. Sempre ver as características que se procura e o estilo que se quer produzir, diminuindo os defeitos e evitar aromas e sabores indesejados no produto final, corrigir possíveis limitações da matéria-prima, manejar de acordo com o planejamento específico de cada brasagem (HUGHES, 2014).

### **2.5.1 - Fabricação do mosto**

Não fabricamos cerveja, quem faz isso são as leveduras, onde o processo principal na fabricação da cerveja é a fermentação dos açúcares contidos no mosto em álcool e CO<sub>2</sub>. Nos somente preparamos o mosto, tipo um chá de cevada, assim, tornar

totalmente solúveis os componentes insolúveis do malte e, sobretudo, tornar fermentáveis os açúcares, mas para isso precisamos seguir algumas etapas (HUGHES, 2014).

## **MOAGEM**

O objetivo da moagem é a quebra do grão de malte, expondo o amido contido no seu interior. A quebra do grão é importante para que as enzimas possam atuar em todos os elementos que o constituem, pois torna o conteúdo do grão acessível à ação enzimática. Mas para isso, precisamos saber qual o tipo de moagem é a mais eficiente para a cerveja que estamos tentando, por isso existe vários tipos de moagem (RANDY, 2015).

Através de moinhos de rolos, onde servem para a preservação e separação das cascas do malte. Podendo ser de 2, 4, 5 ou 6 rolos, sendo utilizado para a filtração do mosto em tinas de filtração e trituração do endosperma. Podendo ser uma moagem seca, onde consiste no método convencional, pelo qual o malte é moído sem que antes seja umedecido. Ou moagem condicionada, como as cascas de malte são muito secas e frágeis e fragmentam-se com facilidade, aumenta-se ligeiramente a umidade do malte pela aspersão de água (30-35°C) ou vapor antes da moagem, essa aspersão ocorre durante 1 a 2 min., no percurso de transporte ao moinho. A umidade da casca aumenta de 1,2 a 2,5%; no interior, a umidade aumenta apenas 0,3-04%, assim obtemos uma vantagem nas cascas, tornando mais elásticas e separam-se mais facilmente; o volume das cascas aumenta, resultando em a uma camada filtrante mais livre, ou seja, a filtração ocorre mais facilmente; melhor rendimento, açucarização e grau de fermentação (INSTITUTO DA CERVEJA, 2018).

Para uma Moagem úmida, os grãos são molhados antes da moagem com água a 30 - 50°C (15-30 min.), assim, o grão é espremido por um par de rolos de apenas 0,45 mm de abertura, a casca fica quase íntegra, melhorando a filtração do mosto nas tinas, permitindo a redução do tamanho das tinas de filtração (investimento). Para Moinho de martelos, todo o grão é reduzido praticamente a pó, sendo necessário uma filtração do mosto em filtros de membrana. Lembrando que após a moagem, o conteúdo do malte não está mais protegido, e sofre oxidação. Por isso, não pode ser armazenado por muito tempo (PALMER, 2017).



## MOSTURAÇÃO

O malte moído é misturado em uma tina de mostura com água. A mistura é submetida a diferentes temperaturas por períodos de tempo determinados, chamamos esse fato de rampa de temperatura, onde tem somente uma finalidade, tornar solúveis em água os compostos do malte, substâncias que na sua forma original são insolúveis (amido e proteínas), através de reações enzimáticas (amilases e proteases). Durante esse processo ocorre alguns fenômenos, como a degradação do amido, sendo feita a conversão do amido em açúcares menores feita pelas amilases. E a degradação proteica, onde ocorre a conversão das proteínas grandes em proteínas menores, ou até mesmo a aminoácidos, feita pelas proteases (PALMER, 2017).

Segundo JONH PALMER (2017) as enzimas são proteínas, que catalisam reações químicas, as quais, sem a sua presença, dificilmente ocorreriam. Aceleram a reação sem sofrerem alterações químicas. As enzimas convertem substâncias, chamadas de substratos, em produtos.

$\alpha$ -amilases: são enzimas que quebram as longas cadeias de amido em pequenas dextrinas e atuam otimamente entre 72-75°C, para uma pH ótimo de 5,6 – 5,8.

$\beta$ -Amilases: são enzimas que quebram, pelas extremidades, as dextrinas em maltose. Produzem também glicose e maltotriose e atuam otimamente entre 60-65°C, para um pH ótimo: 5,4 – 5,6.

E JONH PALMER (2017), continua afirmando em How To Brew Your First Beer que, durante o processo pode ocorrer a Degradação proteica, por que somente 40-45% das proteínas do malte se tornam solúveis e influenciam a qualidade da cerveja. As enzimas que degradam as proteínas são chamadas de proteinases, peptidases, ou enzimas proteolíticas:

Endopeptidases: atuam no interior da molécula, desdobrando-a em subprodutos de alto e médio peso molecular.

Exopeptidases: atuam pelas extremidades, produzindo principalmente aminoácidos livres (LIMA, AQUARONE e BORZANI, 1957).

Mas HUGHES (2014), afirma que alguns fatores que afetam a ação enzimática na mosturação são a Temperatura, pH, Tempo de mostura, Concentração da mostura, Qualidade do malte, Composição da moagem, Agitação.

Abaixo na Figura 2.7, podemos perceber o funcionamento de uma maceração enzimática proposto por Matheus Aredes em 2018 em seu curso tecnologia cervejeira pela Brau Akademi (BRÄU, 2018).

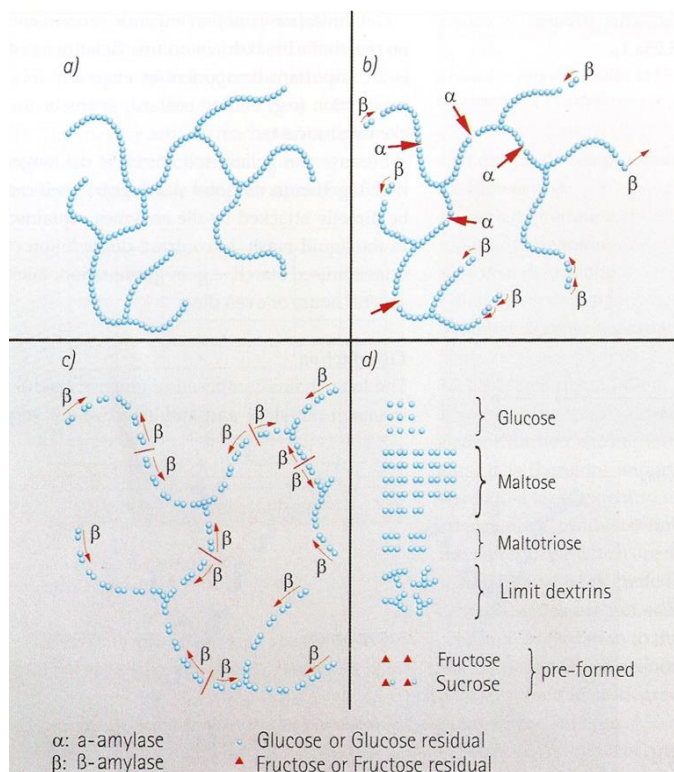


Figura 2.7 - Maceração enzimática de  $\beta$ -amilase/exoenzima e  $\alpha$ -amilase/endoenzima.  
Fonte: BRÄU (2018).

Tabela 2.1 - Condições enzimáticas ótimas.

Enzima	Atuação	pH <sup>ótimo</sup>	T <sup>ótima</sup>
$\alpha$ -amilases	Decomposição do amido em dextrinas	5,6-5,8	70-75
$\beta$ -Amilases	Decomposição do amido em maltose	5,4 – 5,6	60 – 65
Dextrinase	Decomposição de proteína em produtos de alto e médio peso molecular	5,1	55 – 60
Endopeptidase	Decomposição de proteínas de alto e médio peso molecular em aminoácidos	5	50 – 60
Exopeptidase	Decomposição de proteínas de alto e médio peso molecular em aminoácidos	5,2 – 8,2	40 – 50
Hemicelulase	Decomposição da hemicelulose	4,5 – 4,7	40 – 45

Temp	pH	Enzimas	Ação
43 C	5,2	Glucanases e fosfatases	Ácido Ferúlico que o fermento converte em 4-vinil-guaiacol. Cravo na cerveja de trigo.
45°C	5,2	Glucanases e fosfatases	<b>Quebra do <math>\beta</math>-glucano em moléculas menores, reduzindo viscosidade. Muito usado antigamente pela pobre qualidade de malteação. Hoje devemos usar apenas se usarmos algum grão não maltado.</b>
52 C	5,2	Proteinases e fosfatases	Proteinases quebram proteína em amino ácido de cadeia menor. Alimento pro fermento se multiplicar. Necessária se a OG for muito alta (>20°P). Em cerveja de trigo ajuda a reduzir o excesso de espuma. Fostatases quebram fosfato orgânico em inorgânico.
62°C	5,2	Sacarificação maltose	<b><math>\beta</math>-amilase quebra o amido em maltose.</b>
72 C	5,2	Sacarificação dextrinas	$\alpha$ -amilase quebra o amido em dextrinas (açúcares de cadeia maior).
78°C	5,2	Inativação	<b><math>\alpha</math>-amilase = inativa. As demais estão desnaturadas</b>

Figura 2.8 - Maceração enzimática de  $\beta$ -amilase e  $\alpha$ -amilase.

Fonte: BRÄU (2018).

Existem dois principais métodos de mosturação, a Infusão, que é o processo mais simples. Todo o mosto é fervido em um único recipiente, e a outra é a Decocção, que consiste em uma parte do macerado é separada em outro recipiente, onde é fervida, retornando depois à panela inicial. Esse processo pode ser realizado mais de uma vez durante a mosturação. Como podemos perceber na Tabela 2.1, para que ocorra essas quebras enzimáticas, precisamos chegar na temperatura certa, e esse processo chamamos de rampas de mostura, não existe uma rampa universal de mostura, cada cervejaria desenvolve e aprimora suas receitas de acordo com o resultado pretendido. (BRÄU, 2018).

Como descrito na Figura 2.9, entre 40-45°C ocorre a ativação enzimática. O amido começa a se solubilizar, e as enzimas também. As  $\beta$ -glucanases e outras celulases apresentam certa ação nesta faixa. Entre 50-55°C chamamos de repouso proteolítico. As principais proteases atuam nesta faixa. Entre 60-72°C atuam principalmente as  $\alpha$ - e  $\beta$ -amilases. Nesta faixa, ocorre a sacarificação do mosto. Entre 76-78°C ocorre a inativação das enzimas. É necessário inativá-las, para que não continuem atuando durante a filtração (BRÄU, 2018).

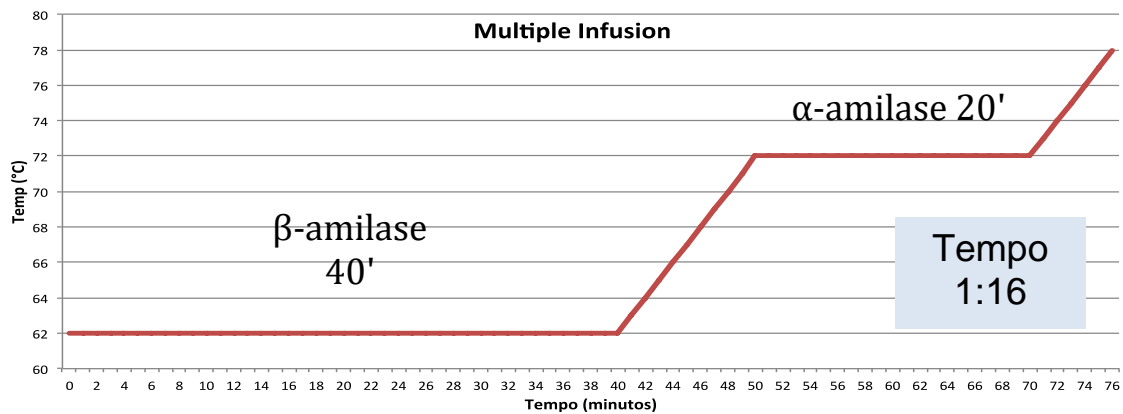


Figura 2.9 - Tipos de rampas enzimáticas.  
Fonte: BRÄU (2018).

Na Figura 2.9 mostramos um gráfico de tempo x temperatura para entender a dinâmica das rampas. Temos algumas rampas opcionais, como de 43°C – 15 min nas cervejas de trigo liberar sabor de cravo, aos 45°C – 15 min para grãos não malteados e 52°C – 15 min nas cervejas de trigo para reduzir excesso de espuma. Ou cerveja com OG muito alta (>20°P), alimento para o fermento (BRÄU, 2018).

### 2.5.2 - Filtração/clarificação do mosto

Consiste em separar o mosto líquido do bagaço do malte. No fim da mosturação, realiza-se a filtração, que irá separar as partes solúveis das insolúveis (bagaço, massa resultante da aglutinação da casca com os resíduos do processo), a fim de logo após proceder-se à fervura. O mosto é recirculado através de uma mangueira para dentro da panela para que ocorra a filtração tanto pela peneira como pela cama de cascas do malte que também forma um elemento filtrante (etapa de filtração, também denominada clarificação). A lavagem dessas cascas precisa ser com água aquecida a 75 oC, nas próprias peneiras de coleta, visando à retirada do máximo de açúcar e objetivando se obter o maior extrato. Esse processo de recirculação é feito até o líquido da mostura sair límpido, e não conter, mas impurezas (RUSSELL, 2010).

### 2.5.3 - Fervura do mosto

Devido a alta temperatura que o mosto é exposto nessa etapa que ocorre a estabilidade coloidal, isso é, a coagulação de proteínas e polifenóis, além da estabilidade microbiológica, esterilização do mosto, dissolução e isomerização dos compostos e

estabilidade sensorial, eliminação de compostos aromáticos indesejáveis (DMS), concentração de mosto, desenvolvimento de cor e inativação de todas as enzimas. O lúpulo precisa ser adicionado nesse momento inicial de produção, para que ocorra conversão dos alfas ácidos em iso alfa ácidos, esse processo só é possível aumentando a solubilidade acelerando a reação através da temperatura, somente será possível com lúpulos de sabor, e essa isomerização é responsável por 90% do amargor do mosto. Nos primeiros 30 minutos de fervura. Normalmente, a máxima isomerização ocorre de 60 a 70 minutos de fervura (STEWART e RUSSELL, 1998).

Pontos importantes para essa etapa são a quantidade de água usada na segunda filtração, maior o rendimento. Por outro lado, maior o tempo de filtração, e maior, posteriormente, o tempo de fervura para se evaporar a água excedente. Deve-se encontrar o equilíbrio. A temperatura da água de extração entre 76 e 80°C, para diminuir a viscosidade, reduzir a extração de polifenóis, proteção bacteriológica e evitar a solubilização de amido não-dissolvido presente no bagaço. O controle do pH, tanto da água de extração como do mosto extraído, que deve ser menor ou igual a 6,0, para evitar solubilização de polifenóis que causam adstringência na cerveja. E por último o controle de oxigênio, para evitar oxidação do mosto (BRÄU, 2018).

Após a filtragem, separam-se os detritos sólidos do mosto (os de lúpulo, proteínas coaguladas e outras impurezas do malte) denominados *trüb* '. No final da fervura e o momento que acertamos os aromas e sabores finais, por isso é o momento de adição dos Lúpulos de AROMA, são lúpulos ricos em óleos essenciais., mas, baixo teor de  $\alpha$ -ácidos. Os óleos essenciais (aromas) são muito voláteis, por isso os lúpulos de aroma são dosados próximos ao final da fervura (INSTITUTO DA CERVEJA, 2018).

#### **2.5.4 - Whirlpool ou rotapool**

O whirlpool é um recipiente cilíndrico sem acessórios. O mosto é bombeado para ele de forma tangencial, gerando um fluxo de rotação, o qual leva o trub quente a formar um bolo no fundo, ao centro do recipiente. Após a transferência, o mosto repousa no whirlpool durante 15 a 20 min. O mosto é bombeado lentamente para o resfriador, para que o bolo não se desfça. A eficiência do processo é medida pela observação do bolo e pela medição feita no Cone de Imhoff (INSTITUTO DA CERVEJA, 2018).

O trub quente deve ser totalmente removido do mosto para evitar:

- Alteração na fermentação de mosto (prejudica a levedura).
- Alterações nas características da espuma (ácidos graxos).
- Prejuízo do paladar (amargor desagradável e persistente).
- Coloração mais escura (taninos).
- Separação do trub e resfriamento do mosto

Durante a fervura, as proteínas e polifenóis se aglutinam, formando o trub, que precisa ser removido. Essa remoção é importante para a estabilidade coloidal (brilho) e o sabor da cerveja. Após a separação do trub, o mosto é resfriado até que sua temperatura fique próxima à de fermentação (MUXEL, 2020).

Na Figura 2.10 apresenta-se o funcionamento do processo que ocorre dentro de um tanque industrial.

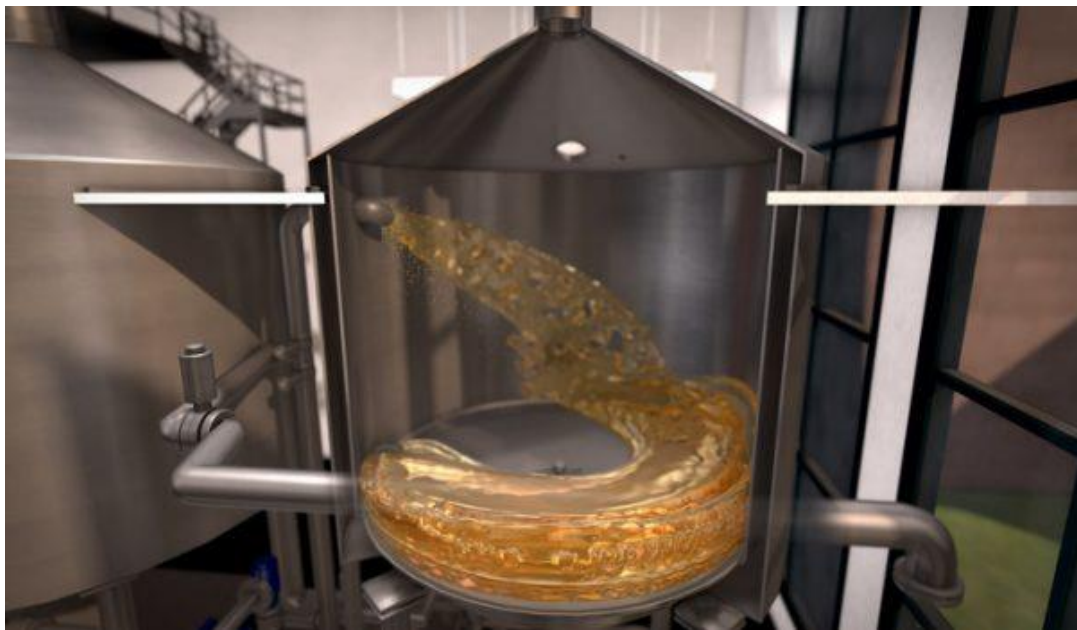


Figura 2.10 - Processo de Whirlpool.  
Fonte: CENTRAL (2021).

### 2.5.5 - Maturação

A maturação se inicia após a retirada do fermento. É nessa etapa que ocorre a “lapidação” da cerveja (PALMER, 2017).

A levedura desempenha um importante papel nessa fase, uma vez que a cerveja recém-fermentada contém altos níveis de compostos com sabores indesejados, como diacetil e acetaldeído. Portanto, um período de maturação a temperaturas mais altas (6 a

8 oC) permite que a levedura, ainda em suspensão e não retirada após a fermentação, quebre tais compostos. Além disso, a levedura consome possíveis resquícios de oxigênio e confere sabores mais refinados devido a uma segunda fermentação mais lenta. Na etapa da maturação as temperaturas mais baixas (0 – 2 oC) favorecem a precipitação de componentes proteicos e polifenóis, causadores de turbidez, promovendo a clarificação da cerveja, em razão da sedimentação de leveduras e de outros compostos suspensos (BANZON, FULMER e UNDERKOFER, 1949).

Muitas cervejarias aproveitam a etapa de maturação para adicionar especiarias, frutas, lascas de madeira, etc., para conferir sabores e características especiais às cervejas. Algumas fazem a maturação em barris de carvalho novo ou anteriormente utilizado em vinho, bourbon, uísque, etc. (BRÄU, 2018).

### **2.5.6 - Envase, primming e engarrafamento - refermentação e carbonatação – gaseificação**

Depois que a cerveja estiver fermentada e devidamente maturada, chegou a hora de engarrafá-la. A última fase da produção da cerveja consiste no seu acondicionamento em recipientes apropriados. No seu decorrer, é necessário minimizar o contato da cerveja com o oxigênio, ferro e cobre, com o objetivo de assegurar que a bebida conserve as suas qualidades de limpidez, gosto e aroma por um longo período (WALKER, 2009).

Ao engarrafar, adiciona uma pequena quantidade de açúcar para gerar uma leve fermentação na garrafa. Com isso, o fermento consumirá o açúcar adicionado liberando gás carbônico e uma pequena quantidade de álcool, e assim, irá gaseificar sua cerveja. No nosso caso, o gás da cerveja vai “nascer” naturalmente dentro da garrafa. Esta técnica de adicionar pequena quantidade de fermentáveis na garrafa para carbonatar a cerveja chama-se “primming”, lembrando que o fermento ainda está vivo ao final da fermentação e maturação. Ele apenas diminuiu sua atividade devido ao término do açúcar e passou a desempenhar outras tarefas dentro da sua cerveja. Após a adição do priming, a levedura vai fazer exatamente o mesmo que fez durante a fermentação primária, ou seja, consumir o açúcar fornecido e produzir um pouco mais de álcool e CO<sub>2</sub> (o gás). Mas nesse caso, esse CO<sub>2</sub> não vai mais sair pelo airlock. Ficará preso dentro da garrafa tampada e vai se incorporar à cerveja. Quanto mais açúcar, mais gás (e pouco mais de álcool). Do ponto de vista nutricional, a cerveja é uma bebida moderada

em álcool, com quantidades equilibradas de hidratos de carbono, proteínas, fibras, vitaminas do complexo B e sais minerais essenciais. Além de possuir baixas quantidades de sal e gordura, contém ainda ingredientes minoritários, como é o caso de alguns antioxidantes que contribuem na prevenção de determinadas doenças degenerativas. Se bebida com moderação, a cerveja tem, pois, uma importante contribuição na dieta alimentar (SILVA, 2005).

Para fazer o priming pode-se usar açúcar comum, açúcar mascavo, mel, extrato de malte ou qualquer outra coisa que sirva de alimento para o fermento. Dependendo de cada fermentável que você vai adicionar na cerveja, a quantidade muda. Para fazer o priming utilizando uma calda de açúcar cristal comum adicionando algumas gotas de limão. A função do limão é “inverter” o açúcar, para evitar a caramelização durante a fervura da calda e converter o açúcar da cana em um tipo de açúcar mais bem aceito pela levedura. Se não fizer a inversão, a levedura a fará antes para você e a carbonatação irá demorar um pouco mais (BRÄU, 2018)

Já para HUGHES (2014) que afirma que para uma cerveja com carbonatação bem alta, usa-se em torno de 10 gramas de açúcar por litro de cerveja (não por garrafa). Para uma cerveja pouco carbonatada, pode-se usar a metade. Para adicionar o priming à cerveja, podemos usar dois métodos. Pode ser feita uma transferência da cerveja para outro balde e adicionar toda a calda, misturar e envasar ou adicionar o priming dosando garrafa por garrafa.

Após encher e tampar as garrafas, temos que esperar a formação do gás carbônico naturalmente, dentro da própria garrafa. Instale um manômetro (medidor de pressão) em uma das garrafas, para monitorar a formação do gás. Deixe-as em temperatura ambiente, em local escuro, por cerca de 10 dias. Dê preferência para um local com temperatura aproximada da temperatura de fermentação, pois o fermento ainda existente na cerveja (por não ser filtrada) vai iniciar uma nova fermentação, elevar o teor alcóolico um pouco mais (de 0,2 a 0,5 % dependendo da quantidade de açúcar adicionado no priming), e gerar o CO<sub>2</sub> que irá se incorporar à cerveja, carbonatando-a, pois nesse caso o CO<sub>2</sub> gerado não será perdido (como na fermentação primária) por estar preso na garrafa pela tampinha. Assim que o manômetro estabilizar (parar de subir) é sinal de que a cerveja está pronta. Caso não possua manômetro, abra uma garrafa por volta do décimo dia de refermentação e avalie se já possui gás (HOMINILUPULO, 2022).



### **2.5.7 - Elaboração de receita**

O primeiro passo para elaborar uma receita, é identificar e caracterizar a cerveja que vai ser feita. Podemos partir de um estilo usando os guias de estilo da Beer Judge Certification Program (BJCP) (STRONG e ENGLAND, 2021) e da Brewers Association (BA), que são os mais utilizados no mundo, ou, ter uma noção geral de análise sensorial e entender melhor o que precisa na cerveja: Se ela vai precisar de mais amargor ou mais dulçor, se pode ter algum off flavor, qual a cor dela, e assim ter várias combinações (BRÄU, 2018).

Análise sensorial é uma disciplina científica usada para evocar, medir, analisar e interpretar reações no organismo às características dos alimentos e materiais quando percebidos pelos sentidos da visão, gustação, olfato, tato e audição.

#### **Roda de aromas:**

Uma linguagem sensorial comum para caracterizar atributos sensoriais da cerveja. A Figura 2.11 mostra a roda dos aromas usados por somliers e cervejeiros para confecções de suas cervejas.

Roda dos sabores da cerveja Essencial para cervejeiros, sommeliers de cerveja e apreciadores da bebida, a Roda dos Sabores facilita a identificação das características que percebemos durante a degustação de uma cerveja (INSTITUTO DA CERVEJA, 2018).

O próximo passo bem importante é determinar as características e quantidade de maltes que serão utilizadas. E para escolher as características vai depender do estilo que você escolheu e também do seu perfil sensorial. Caso o estilo indique que a cerveja é mais maltada, com notas de torrefação ou caramelo. Essa informação vai servir de base para que a partir dela se busque os maltes que apresentam essas características (BRÄU, 2018).

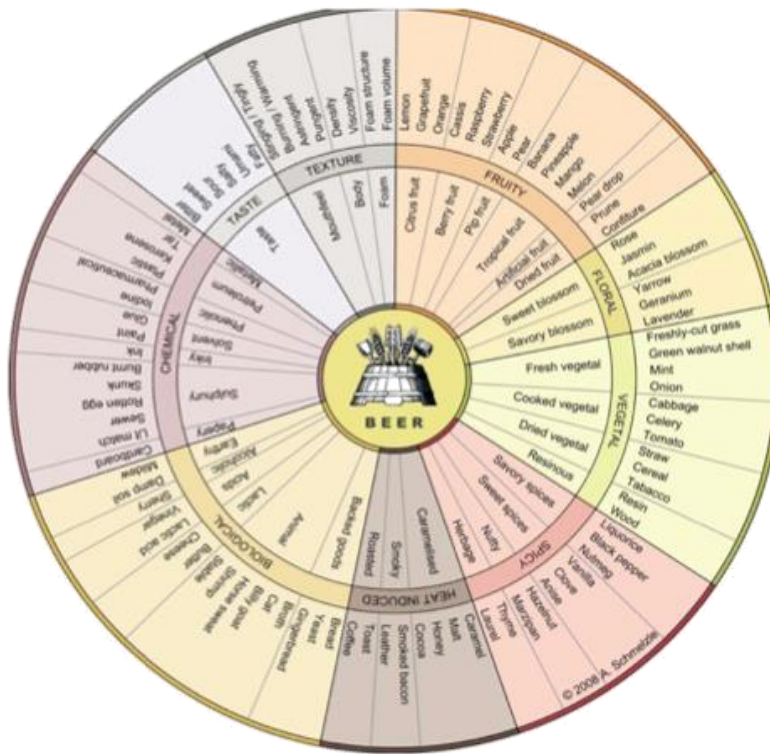


Figura 2.11 - Roda dos aromas cervejeira.  
 Fonte: INSTITUTO DA CERVEJA (2018).

A Figura 2.12 - se torna um auxílio para determinar que características que sua cerveja pode apresentar.

<b>Malte</b>	<b>Tipo</b>	Aroma; Sabor.
	<b>Descrição</b>	Maltado, grãos, pão, biscoito, caramelo, toffee, mel, noz, castanha, amêndoa, avelã, torrado, assado, café, chocolate, passas, ameixa, fruta seca. Maltes mais escuros ou muito caramelizados: amargor, azedo, solvente.
	<b>Fonte</b>	Reações de Maillard (caramelização) na malteação; Maillard na decocção; açúcar caramelizado como adjunto.
<b>Lúpulo</b>	<b>Tipo</b>	Aroma; Sabor; Amargor.
	<b>Descrição</b>	Lupulado, picante, herbáceo, floral (rose, gerânio, flor de laranja), mentol, lavanda, pinho, resinoso, cítrico (limão, folha de limão, grapefruit), groselha, cha, terroso, amadeirado, caramelo, maracujá, laranja, uva.
	<b>Fonte</b>	Óleos dos lúpulos. Extraídos durante fervura e/ou dry-hop.
<b>Fermento</b>	<b>Tipo</b>	Aroma; Sabor.
	<b>Descrição</b>	Frutado, banana, cravo, pera, abacaxi, morango, amêndoa, maçã, rosa, chiclete, picante, láctico, acético, ácido.
	<b>Fonte</b>	Subprodutos da atividade de fermentação.

Figura 2.12 - Tabela de auxílio para confecção de receita.  
 Fonte: BRÄU (2018).

Será necessário calcular quantidade de água que vai utilizar e também em eventuais ajustes necessários. De acordo com as perdas de água que você tem ao longo do processo (seja por evaporação, água retida nos grãos ou no volume morto, que é aquela quantidade que fica no espaço entre o fundo da panela de fervura e a válvula) (PALMER, 2017).

Em relação aos ajustes na água cervejeira, assim como a escolha dos maltes, vai “precisar entender um pouco sobre a bioquímica da água e de alguns sais, para poder ajustar o perfil mineral da água e o pH do mosto” (DINSLAKEN, [2016?], p. 1).

Com relação aos lúpulos, vai precisar calcular as quantidades e tipos de lúpulos de acordo com as características que cada um dele pode trazer para sua cerveja em termos de aroma, sabor e amargor. o para isso também precisa entender e conhecer minimamente os lúpulos para, depois de calcular o IBU e características de aroma e sabor que você quer na sua cerveja, escolher os lúpulos adequados para usar (PALMER, 2017).

A parte bem mais complexa de elaborar receitas de cerveja é definir qual a cepa de levedura você vai utilizar, de acordo com o estilo escolhido, e também traçar um plano de fermentação e maturação. Quanto tempo vai durar a sua fermentação, qual a perspectiva de atenuação, vai fazer uma fermentação secundária, quanto tempo vai permanecer em cada temperatura, fazer *dry hopping* ou não, tudo isso deve ser levado em conta para achar a cepa certa, deve entender, planejar para saber o que quer e o que precisa para ter uma cerveja do jeito que deseja (PALMER, 2017).

### **2.5.8 - Cálculo de Ibu**

A forma de medir o nível de amargor de uma cerveja, assim como para diversas outras bebidas, é através da unidade padrão de medida chamada International Bitterness Units (IBU). Os valores de IBU obtidos em uma cerveja correspondem à concentração de iso-alfa-ácidos diluídos na cerveja, seguindo a regra  $1 \text{ IBU} = 1 \text{ mg de iso-alfa-ácido por litro}$  (RANDY, 2015).

Para se calcular o amargor de uma cerveja é preciso levar em conta a quantidade de lúpulo utilizada, o índice de alfa ácido do lúpulo, a densidade do mosto, o tempo de fervura e o volume final de cerveja (PALMER, 2017). Existem pelo menos quatro métodos para se calcular o IBU de uma cerveja, elaborados respectivamente por Hieronymus (2012), variando entre eles principalmente na forma como eles avaliam

a Utilização (U). Este fator é o mais, mais desconhecido pelos cervejeiros caseiros, e provavelmente o mais importante, uma vez que representa a eficiência de isomerização dos alfas ácidos.

Dos 4 métodos, o de Tinseth é o mais utilizado no mundo, sendo assim, temos a seguinte fórmula para o cálculo do IBU da cerveja:

Onde:

$U$  = Utilização;

$P$  = Peso do lúpulo (em mg);

$A$  = Unidades de alfa ácido (em decimal, ex: 7,5% = 0,075);

$V$  = volume de cerveja (em litros).

Gravidade vs. Tempo	1,030	1,040	1,050	1,060	1,070	1,080	1,090	1,100	1,110	1,120
0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
5	0.055	0.050	0.046	0.042	0.038	0.035	0.032	0.029	0.027	0.025
10	0.100	0.091	0.084	0.076	0.070	0.064	0.058	0.053	0.049	0.045
15	0.137	0.125	0.114	0.105	0.096	0.087	0.080	0.073	0.067	0.061
20	0.167	0.153	0.140	0.128	0.117	0.107	0.098	0.089	0.081	0.074
25	0.192	0.175	0.160	0.147	0.134	0.122	0.112	0.102	0.094	0.085
30	0.212	0.194	0.177	0.162	0.148	0.135	0.124	0.113	0.103	0.094
35	0.229	0.209	0.191	0.175	0.160	0.146	0.133	0.122	0.111	0.102
40	0.242	0.221	0.202	0.185	0.169	0.155	0.141	0.129	0.118	0.108
45	0.253	0.232	0.212	0.194	0.177	0.162	0.148	0.135	0.123	0.113
50	0.263	0.240	0.219	0.200	0.183	0.168	0.153	0.140	0.128	0.117
55	0.270	0.247	0.226	0.206	0.188	0.172	0.157	0.144	0.132	0.120
60	0.276	0.252	0.231	0.211	0.193	0.176	0.161	0.147	0.135	0.123
70	0.285	0.261	0.238	0.218	0.199	0.182	0.166	0.152	0.139	0.127
80	0.291	0.266	0.243	0.222	0.203	0.186	0.170	0.155	0.142	0.130
90	0.295	0.270	0.247	0.226	0.206	0.188	0.172	0.157	0.144	0.132
100	0.298	0.272	0.249	0.228	0.208	0.190	0.174	0.159	0.145	0.133
110	0.300	0.274	0.251	0.229	0.209	0.191	0.175	0.160	0.146	0.134
120	0.301	0.275	0.252	0.230	0.210	0.192	0.176	0.161	0.147	0.134

Figura 2.13 - Tabela de Gravidade x Tempo.  
Fonte: INSTITUTO DA CERVEJA (2018).

Para achar o valor de Utilização (U) utilize a figura 13, só percorrer a primeira coluna até encontrar o tempo de fervura previsto e depois siga essa linha até encontrar o valor correspondente à densidade pré-fervura do mosto. Quando a densidade estiver entre duas classes de valores, no caso entre 1,040 e 1,050, basta interpolar esse valor (INSTITUTO DA CERVEJA, 2018).

### **2.5.9 - Fermentação e o metabolismo das leveduras**

É a transformação, feita pela levedura, dos açúcares fermentescíveis do mosto em álcool e gás carbônico, realizada em fermentador fechado, de aço inox ou polipropileno, que recebe o mosto resfriado em alta temperatura, no caso das Ales e baixa temperatura, no caso das Lager. O fermento preparado com uma concentração de células de 106 a 108 ml, equivalente a 77 g de levedura (matéria seca) em 100 L de mosto, é adicionado inicialmente nas dornas abertas e esse mosto é então transferido para a dorna fechada, com serpentinas, para resfriamento. Durante a fermentação, ocorre a utilização do açúcar pelas leveduras e a produção de CO<sub>2</sub> e álcool (STEWART, 2000).

Para avaliar o processo fermentativo usamos a medida de sólidos em solução (°Brix). Faz a medida no início da fermentação, durante e no final, dependendo da quantidade de sólidos traduzidos pelos açúcares fermentescíveis, tem-se uma quantidade maior ou menor de álcool na fase final da fermentação. No final da fermentação durante 7 dias, a temperatura passa para 20°C; as leveduras floculam e decantam e podem ser recuperadas. O CO<sub>2</sub> se mantém solubilizado dentro da cerveja porque está frio; o mosto vai sendo manuseado e ele vai se desprendendo (SILVA, 2009).

Muitos outros compostos também são formados como subprodutos da fermentação. Esses subprodutos influenciam fortemente o aroma e sabor da cerveja. Além do álcool e do CO<sub>2</sub>, durante a fermentação, outros compostos são formados em pequenas quantidades, mas com grande impacto no sabor da cerveja. São produtos secundários do metabolismo da levedura, que podem ter influência positiva ou negativa no aroma e sabor das cervejas. Os subprodutos indesejáveis devem ser degradados ou expulsos durante a maturação (INSTITUTO DA CERVEJA, 2018).

Subprodutos da fermentação que podemos encontrar são os Ésteres, álcoois superiores, aldeídos, diacetil, compostos sulfurados, compostos fenólicos (4VG). Os Fatores que influenciam na produção dos subprodutos de fermentação são Temperatura

de fermentação, o tempo, contrapressão, cepa da levedura, quantidade de levedura dosada, aeração. A levedura irá metabolizar açúcares, aminoácidos e nutrientes do mosto para produzir etanol, CO<sub>2</sub>, aromas e outros compostos que irão participar do sabor final da cerveja (INSTITUTO DA CERVEJA, 2018).

De valor inestimável a levedura *Saccharomyces cerevisiae* tornou-se um organismo de modelo eucariótico com muitas questões científicas a ser respondidas. Basicamente, a levedura pertence aos organismos quimioorganotróficos, ou seja, obtém sua energia e o carbono necessário para a estrutura celular de compostos orgânicos. Ao mesmo tempo, a levedura pertence aos anaeróbios facultativos e, portanto, estabelece a base para uso na cervejaria.

A levedura é um ponto central para qualquer receita, porque é la que a magia acontece. A influência da levedura na qualidade e na estabilidade da cerveja é indiscutível, mas a possível extensão em que o microrganismo da levedura pode ser influenciado ainda não foi totalmente registrada (ANNEMÜLLER, MANGER e LIETZ, 2011, BOULTON e KUNZE, 1999, QUAIN, 2008). Isso só pode ser alcançado com uma compreensão abrangente das vias metabólicas que estão ativas na produção de cerveja nas etapas do processo de propagação e fermentação e seus parâmetros de influência. Mas o metabolismo da levedura está sujeito a desafios especiais nas condições da tecnologia de fermentação. As mudanças nas condições entre aeróbio e anaeróbio e a composição do mosto têm uma influência decisiva aqui. Soma-se a isso as diferentes demandas do cervejeiro que estão atreladas à levedura nas fases de fermentação, maturação e armazenamento (RUSSELL, 2010).

Basicamente, o metabolismo da levedura pode ser dividido dependendo do objetivo ou dos grupos de substâncias na área central. A quebra de compostos orgânicos para produção de energia e a estrutura resultante de moléculas complexas para biossíntese podem ser divididas em reações catabólicas e anabólicas. As vias metabólicas catabólicas do metabolismo de carboidratos e gorduras são a base da produção de energia. As vias metabólicas anabólicas estão ancoradas no metabolismo de carboidratos, proteínas e gorduras e formam a base para o metabolismo de construção e a formação das substâncias de reserva glicogênio, trealose e lipídios neutros (ANNEMÜLLER, MANGER e LIETZ, 2011).

No entanto, as vias metabólicas catabólicas e anabólicas individuais estão ligadas entre si por meio de muitos nós, e cada mudança no metabolismo como uma reação às mudanças nas condições ambientais resulta em mudanças em todo o

metabolismo da levedura (BOULTON e QUAIN, 2008). As estruturas altamente eficientes e complexas desenvolvidas ao longo de milênios de evolução tornam particularmente difícil registrar as subáreas individuais e sua influência na produção de cerveja. A Figura 2.14 mostra as inter-relações abrangentes e as ligações cruzadas do metabolismo da levedura em condições tecnológicas de fermentação.

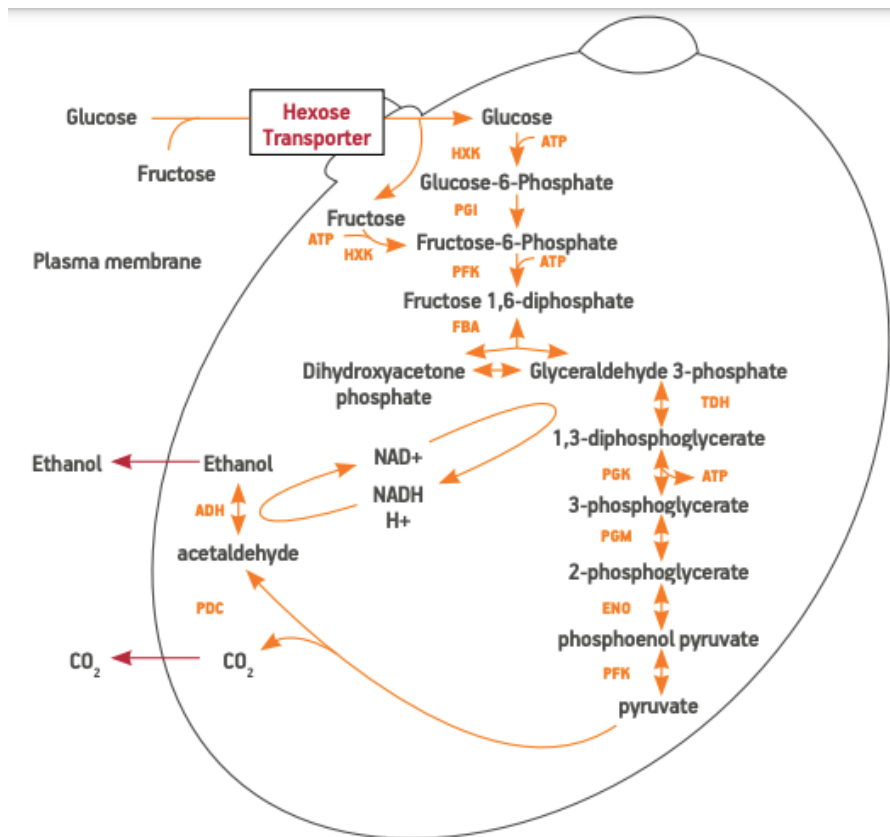


Figura 2.14 - Metabolismo da levedura.  
Fonte: FERMENTIS (2015).

Os açúcares são fornecidos pelo mosto. Dependendo do tratamento dado aos maltes escolhidos pela receita, a quantidade de açúcares que podem ser metabolizados pela levedura, pode variar. Os três principais açúcares que a levedura tem interesse são a glicose, a maltose e a maltotriose (FERMENTIS, 2015).

Levedura *Saccharomyces cerevisiae* é capaz de utilizar várias fontes de carbono e energia aerobicamente por meio da glicólise, do ciclo do ácido cítrico e da cadeia respiratória em condições nutritivas ideais na presença de oxigênio. Aqui, além dos materiais de partida  $H_2O$  e  $CO_2$  38 moles de ATP por mol de glicose. A energia obtida desta forma cria a base para a manutenção do metabolismo e para nova síntese de componentes celulares para reprodução (BOLTON, 2008).

Na mudança do carbono da levedura, entretanto, a absorção e a utilização dos vários carboidratos estão sujeitas a certas regulamentações. Do ponto de vista da levedura, o maior rendimento energético possível está sempre em primeiro plano na assimilação do açúcar. Os monossacarídeos, principalmente a glicose, são as fontes de carbono mais eficientes para seu metabolismo, por isso as hexoses glicose e frutose também são absorvidas pelas células de levedura do mosto na cervejaria no início da propagação e fermentação. Dependendo do gradiente de concentração, estes alcançam a célula por difusão ou difusão facilitada e podem fluir para a quebra de carboidratos (SAMPAIO *et al.*, 2017, VAN HOEK, VAN DIJKEN e PRONK, 1998).

Somente quando a concentração de glicose no meio diminui, os di- e trissacarídeos disponíveis são absorvidos e utilizados. Esses açúcares múltiplos geralmente requerem um sistema de transporte ativo e dependente de energia (permeases) através da membrana celular e são então divididos em seus componentes monoméricos no citosol da célula por meio de glicosidases específicas. Esta forma de repressão da glicose das enzimas envolvidas na conversão da maltose e da maltotriose presente no mosto também é decisiva para um resultado satisfatório da fermentação nas condições tecnológicas da fermentação. O dissacarídeo sacarose representa uma posição especial na inclusão de açúcares do mosto (NARCISSUS, 1995).

A Glicose é um monossacarídeo, composto de uma hexose simples e é sempre o primeiro tipo de açúcares assimilado pela levedura. A glicose é o bloco básico de construção de amido, o qual é uma longa cadeia de glicoses (FERMENTIS, 2015).

A maltose é um dissacarídeo com duas moléculas de glicose. Muitas leveduras cervejeiras têm alta atividade de maltopermease. A maltopermease é um transportador de maltose do mosto para citosol através da membrana celular. Então a maltose é hidrolisada pela maltase transformando – se em duas moléculas de glicose dentro da célula (FERMENTIS, 2015).

A maltotriose é um trissacarídeo com 3 moléculas de glicose. Nem todas as leveduras são capazes de metabolizá-la, teoricamente, todas as leveduras de baixa fermentação podem assimilar a maltotriose, entretanto existem algumas leveduras de alta fermentação que tem esta capacidade também (FERMENTIS, 2015).



## **Inoculação da levedura**

Qualquer que seja a receita, serão necessárias as leveduras para iniciar produção da cerveja, mas para isso precisamos determinar a quantidade certa de levedura para que ocorra uma excelente fermentação, e a chave par isso é inocular de forma correta, se inocular a menos, sobrecarrega a levedura, o que estende o período e aumenta as chances de contaminação e inoculação a mais, introduz sabores indesejáveis e diminui a retenção da espuma.

O nível de levedura depende do volume, densidade e temperatura. Um pacote de levedura seca basta para fermentar 23 litros (HUGHES, 2014). Cervejas de densidades mais altas, considerando acima de 1.060, contêm mais açúcares fermentáveis e requerem mais levedura (HUGHES, 2014).

O starter é a solução preparada com levedura líquida, extrato de malte seco (DME) e água. O objetivo é propagar células da levedura antes de inoculá-la, para melhorar a fermentação (HUGHES, 2014).

As leveduras secas parecem com uma esponja compacta, composta de micro grânulos que estão apertados juntos. E como toda esponja, esta pronta para absorver água (FERMENTIS, 2015). As células de levedura precisam recuperar a água perdida durante o processo de secagem para iniciar a fermentação, a membrana celular desta levedura após a secagem contém circunvoluções, depois da reidratação torna-se perfeitamente lisa (FERMENTIS, 2015).

Reidratar a levedura seca a fim de criar um creme aspergindo – a em 10 vezes o seu próprio peso em água estéril ou mosto, misturar sempre delicadamente e deixando descansar por 30 minutos. Ai sim, o creme vai estar pronto para ser inoculado no tanque de fermentação.

O passo de reidratação é feito em um recipiente fora do fermentador, por que o objetivo é permitir que a levedura recupere todas as suas funcionalidades antes da inoculação.

## **Estágios principais da fermentação**

O primeiro estágio é a fase de latência, ou adaptativa, quando as células da levedura começam a se multiplicar, e o mosto é facilmente contaminado, assim, quanto mais curta a latência, melhor (HUGHES, 2014).

O segundo estágio é a fase primária, ou atenuante, isso acontece quando a levedura fermenta os açúcares no mosto e produz, entre outras coisas, álcool e dióxido de carbono (HUGHES, 2014). Isso leva alguns dias, durante os quais a densidade vai diminuir e a espuma vai abaixar. Nesse ponto é, normal, que apareçam um resíduo sujo, partículas boiando e até um cheiro forte.

Finalmente, há a fase secundária ou de condicionamento, quando a levedura retira os subprodutos indesejáveis, como ésteres e diacetil, o que ajuda a criar uma cerveja límpida e saborosa (FERMENTIS, 2015).

### **Oxigênio e Temperatura**

Durante a fase de latência, a presença de oxigênio é crucial, sem isso, as células da levedura serão incapazes de se multiplicar de maneira eficiente. Para a cerveja caseira, mexer imediatamente antes de inocular a levedura, assim produz o mínimo necessário de oxigênio para receber a levedura inoculada (HUGHES, 2014).

É importante salientar que esse é o único momento durante todo o processo de produção em que o oxigênio deve ser introduzido. Oxigênio no mosto é necessário para garantir uma multiplicação celular saudável. Entretanto ele deve ser adicionado somente até as primeiras dez horas de fermentação. Adicionar oxigênio após irá propiciar elevação de níveis de aldeído e de diacetil (FERMENTIS, 2015).

Manter o mosto na temperatura certa facilitará o crescimento saudável da levedura e proporcionará o ambiente adequado para a fermentação. Cada cepa tem melhor desempenho em uma amplitude de temperatura, ao trabalhar dentro dessa faixa é possível modificar o produto final (FERMENTIS, 2015).

Temperaturas mais baixas resultam em cervejas de sabor mais limpo, as mais quentes tendem a produzir elementos adicionais de sabor, ambos resultados podem ser desejáveis (HUGHES, 2014).

### **Transformações que ocorrem durante a fermentação**

Durante a fermentação ocorre a redução do extrato (concentração dos açúcares), o aumento do álcool, redução da cor e redução do pH (INSTITUTO DA CERVEJA, 2018).

Durante o processo ainda ocorre a formação e redução do diacetil, assim alteração na composição proteica e redução do amargor e dos taninos (INSTITUTO DA CERVEJA, 2018).

Formação de ésteres, álcoois superiores, aldeídos e outros subprodutos são encontrados durante o processo e também a formação e retenção do CO<sub>2</sub> na cerveja (INSTITUTO DA CERVEJA, 2018).

Uma série de reações bioquímicas ocorre durante o processo de fermentação, levando à redução de pH, entre elas a formação de ácidos carboxílicos pela levedura, o consumo de fosfato, o consumo de aminoácidos, o consumo de íons NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, a incorporação de CO<sub>2</sub>, e o transporte de K<sup>+</sup> para o interior da levedura, com a excreção de íons H<sup>+</sup> (FERMENTIS, 2015).

Mas qual a importância do pH? O pH, a medida da concentração de íons hidrogênio em uma solução, é essencialmente uma medida de se a substância que você está testando é um ácido ou uma base. A leitura do pH é importante em todas as etapas do processo de fabricação da cerveja, da água à mosturação, ao mosto, ao fermento, à fermentação da cerveja e à cerveja finalizada. O pH alto pode levar a sabores desagradáveis e baixa conversão enzimática do mosto. O pH normal da cerveja [4.1-4.6] inibe certos organismos deteriorantes, enquanto um pH muito mais baixo pode ser indicativo de infecção por bactérias produtoras de ácido, resultando em cerveja azeda (STEWART e RUSSELL, 1998).

Acelerar a precipitação do complexo proteínas + taninos, auxiliar na formação das características organolépticas da cerveja e aumentar a estabilidade microbiológica da cerveja, mostra como o pH é fundamental para obter uma cerveja consistente, os fabricantes de cerveja devem conhecer o pH em todas as etapas do processo. A água é tratada para potabilidade geral e geralmente está fora da faixa necessária para a fabricação de cerveja. Alcançar a faixa de pH correta para a infusão de água e a mosturação é o primeiro passo para a consistência da infusão e garantirá que as etapas a seguir permaneçam dentro das especificações (STEWART e RUSSELL, 1998). A Figura 2.15 mostra os PHs ideiais para cada momento do processo.

pH Ideal	
Água de Fermentação	<6.0
Mosturação	5.2-5.6
Lavagem de Grãos (sparge)	5.5-6.0
Mosto	5.2-5.6
Fermentação	4.0-4.5
Cerveja	4.1-4.6

Figura 2.15 - Ph ideal para processo de fabricação.  
 Fonte: STEWART e RUSSELL (1998).

### Fermentação Clássica

A fermentação pode ser dividida em duas etapas. Durante a primeira, a fermentação passa por estágios que podem ser reconhecidos pela aparência da cerveja. No primeiro dia, começa-se formar uma camada esbranquiçada na superfície do da cerveja. Nesta etapa há uma intensa multiplicação do número de leveduras. No segundo e terceiro dias, etapa também chamada de baixa fermentação, a camada branca cresce decorrente do início de uma forte fermentação. Pode-se observar, portanto uma saturação forte de CO<sub>2</sub> no meio, um decréscimo de 0,5 a 1,0% de extrato e um aumento de cerca de 1°C por dia na temperatura do mosto. O acréscimo de temperatura se deve ao calor liberado pela reação de fermentação. Do quarto ao sexto dia, etapa conhecida como alta fermentação, a cobertura antes branca começa a aparentar manchas amarronzadas. Há intensa liberação de CO<sub>2</sub>, saturando o meio, e a taxa de fermentação alcança um máximo, apresentando um decréscimo de 1,2 a 2,5% de extrato por dia. A partir do sétimo dia, a fermentação tem sua taxa fortemente reduzida, a levedura aumenta sua taxa de sedimentação (KUNZE, 1999).

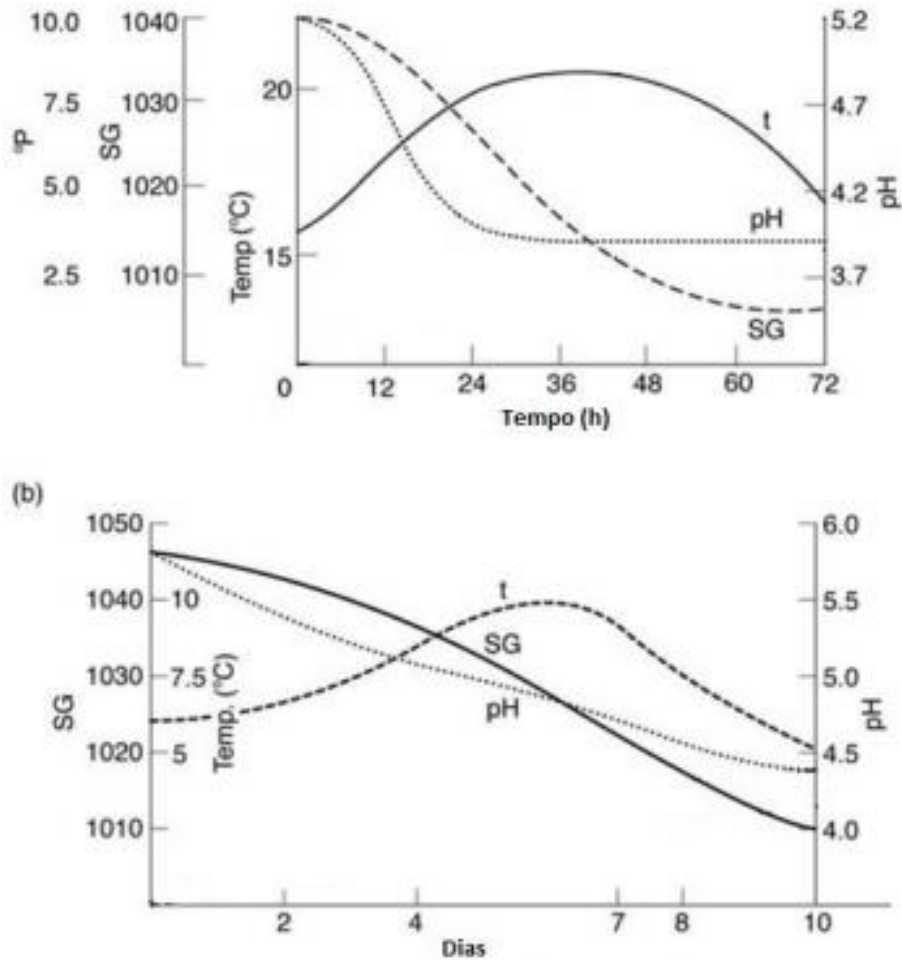


Figura 2.16 - Curva de fermentação de cerveja: (a) Ale e (b) Lager.  
 Fonte: HOUGH *et al.* (1995).

Na Figura 2.16 é descrito o comportamento da temperatura, pH e densidade da cerveja durante a fermentação, para cerveja tipo Ale ou Lager. Pode-se perceber que após atingimento de um máximo valor, a temperatura do meio diminui. Nesta etapa, devem-se tomar cuidados necessários para que a temperatura não sofra alterações bruscas, pois as leveduras são sensíveis. Após isso, a cerveja é transferida para tanques de maturação onde ocorrerá a segunda parte da fermentação. Durante a transferência não deve haver perda de CO<sub>2</sub> (KUNZE, 1999). A segunda etapa é chamada de maturação e tem como objetivo, além da clarificação da cerveja através da decantação de proteínas e leveduras, maturar a cerveja concedendo um melhor acabamento sensorial para o produto final, eliminando alguns defeitos do perfil sensorial da cerveja por meio da atuação das leveduras presentes na cerveja ainda em atividade (KUNZE, 1999).

## Diacetil (dicetonas vicinais VDK)

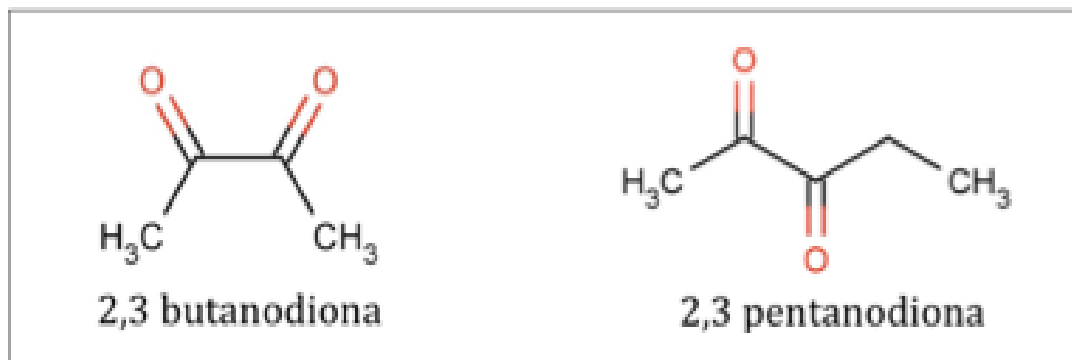


Figura 2.17 - Diacetil-vecinais.  
Fonte: INSTITUTO DA CERVEJA ( 2018).

As dicetonas vicinais na Figura 2.17 são apenas a categoria superior. Eles incluem dois que são importantes na cervejaria: Diacetil e 2,3-pentanodiona. Mas agora tudo isso pode ser um pouco simplificado. Diacetil tem um valor limite de sabor de cerca de 0,1 a 0,15 miligramas por litro, 2,3 pentanodiona cerca de 10 vezes maior. Portanto, tanto na ciência cervejeira quanto nas cervejarias, geralmente só se considera o diacetil (ROHBRAU, 2018).

Diacetil é um produto do metabolismo de aminoácidos (biossíntese isoleucina-valina) da levedura e é formado durante a fermentação. Se a levedura não tiver mais valina suficiente disponível, ela pode sintetizá-la ela mesma. Isto produz o composto acetolactato. Este, por sua vez, é adicionado pela levedura ao mosto. O Ácido  $\alpha$ -acetoláctico (acetolactato) é então convertido em diacetil através de descarboxilação espontânea e oxidativa, uma reação química na qual um grupo carboxilo é eliminado de um composto na forma de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) (ROHBRAU, 2018).

Mas agora a levedura tem uma superpotência. E assegura que o diacetil seja adicionado ao mosto, mas também pode ser que reabsorva e assim converta enzimaticamente uma grande parte dele em 2,3-butanodiol – que por sua vez tem um limite de sabor tão alto (cerca de 4500 miligramas por litro) que ele não desempenha mais um papel na cerveja. A conversão ocorre durante a fermentação e o armazenamento (INSTITUTO DA CERVEJA, 2018).

Por tanto as principais Causas são, leveduras com baixa vitalidade ou viabilidade, estressadas, falta de nutrientes (FAN, Zn), baixa dosagem de ferment, fermentos muito floculentos e/ou contaminação (Pediococcus).

## Ésteres

São determinantes nas características de muitas cervejas. Conferem aroma e sabor frutados. Normalmente as cervejas de alta fermentação são mais esterificadas (INSTITUTO DA CERVEJA, 2018).

Os ésteres, Figura 2.18 são compostos orgânicos que resultam da combinação de álcoois e ácidos graxos formados durante a fermentação da cerveja. A reação química que dá origem a eles é conhecida como esterificação. As duas variedades de éster mais comumente encontradas no líquido precioso são o acetato de etila e o acetato de isoamila, que conferem, respectivamente, sabor de pera e de banana à cerveja (INSTITUTO DA CERVEJA, 2018).

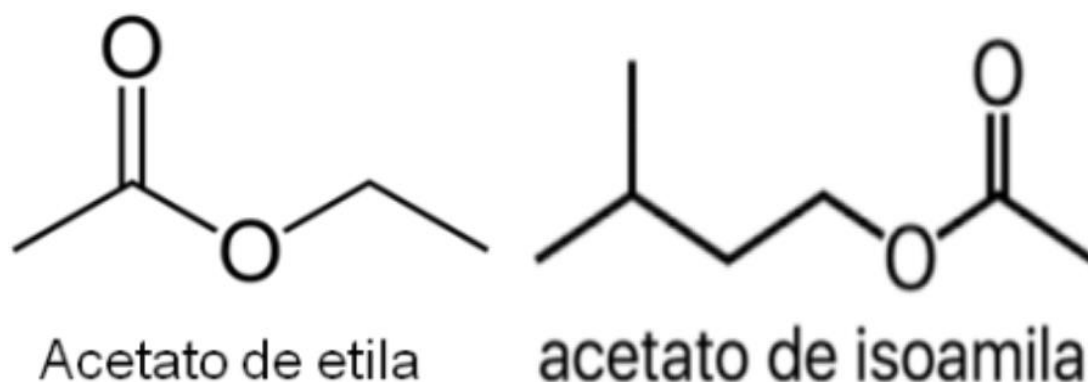


Figura 2.18 - Estrutura de ésteres.  
Fonte: INSTITUTO DA CERVEJA (2018).

As causas do sabor frutado ou, em casos extremos, de solvente encontrado na cerveja estão ligadas fundamentalmente à cepa de leveduras utilizada e às condições de fermentação. As leveduras têm uma enzima, denominada Acetato Transferase (AAT), que catalisa a produção de ésteres. Quanto maior a quantidade dessa enzima na levedura, mais esterificada será a cerveja. Por sua vez, as condições de fermentação podem intensificar a esterificação pelo estresse das leveduras (INSTITUTO DA CERVEJA, 2018).

Fatores que favorecem a produção de ésteres na cerveja, provavelmente concentrações mais altas do mosto, temperaturas de fermentação mais elevadas, aumento na movimentação durante a fermentação/maturação, tanques mais baixos, menor multiplicação do ferment, maiores graus de fermentação e fortemente dependente da cepa (INSTITUTO DA CERVEJA, 2018).

## **Álcoois superiores**

Grandes quantidades (acima de 100 mg/l) levam a cervejas com baixa *drinkability*. Fatores que favorecem a produção de álcoois na cerveja são temperaturas de fermentação mais elevadas, o aumento na movimentação durante a fermentação/maturação, as baixas concentrações de aminoácidos (FAN), as altas temperaturas no início da fermentação, as maiores concentrações do mosto, as baixas dosagens de ferment, o excesso de aeração e/ou forte influência da cepa do fermento (INSTITUTO DA CERVEJA, 2018).

## **Coleta do fermento**

Retirada do fermento após a fermentação para dosagem em um próximo tanque. É realizada normalmente durante o resfriamento (entre 8-2°C). Após a fermentação, a levedura não deve ser mantida no tanque (para evitar a autólise das células). Da levedura sedimentada no cone do tanque, busca-se a camada intermediária, descartando-se a camada inferior e a superior. Quer-se a levedura com maior vitalidade e menos pulverulenta. A boa prática é a reutilização do fermento até 5-6 vezes (5-6 gerações) (INSTITUTO DA CERVEJA, 2018).

## **Fenômenos metabólicos relevantes para a tecnologia de fabricação de cerveja**

O sistema metabólico dos microrganismos é sempre dependente das fontes de nutrientes presentes e disponíveis no habitat. Acima de tudo, as fontes de carbono como fornecedores de energia e blocos de construção básicos de compostos orgânicos têm funções regulatórias pronunciadas no metabolismo da levedura (XIANZONG SHI, 2003).

Se, devido à composição de nutrientes ou aos produtos de degradação (catabólitos) derivados deles, a expressão dos componentes metabólicos é suprimida, esses fenômenos são referidos como repressão catabólica (BELITZ, 2001). Os primeiros fenômenos metabólicos atribuídos à repressão catabólica foram descritos com o uso da glicose. O rendimento de energia altamente eficiente no metabolismo da levedura deste carboidrato monomérico ajuda a levedura a focar seu metabolismo na sua utilização e



subordinar as outras fontes de carboidratos ao mosto até que a glicose seja amplamente consumida.

A utilização precoce da maltose como principal componente dos açúcares fermentáveis do mosto desempenha um papel decisivo no tempo de fermentação e na obtenção do EVG. No entanto, para que a maltose possa fluir para a decomposição dos carboidratos, ela deve ser introduzida na célula por meio de uma permease específica. Essa forma de transporte ativo da maltose para as células de levedura está associada a um gasto de energia. Só então pode ocorrer a clivagem hidrolítica em seus componentes monoméricos, catalisada pela maltase. Para a divisão da maltose, em *Saccharomyces cerevisiae* um total de 5 locais MAL independentes necessários. Cada um desses loci tem três genes estruturais que codificam a maltase, o transportador / permease da maltase e uma proteína reguladora positiva. Com exceção do gene regulador, que é transcrito constitutivamente, os outros dois estão sujeitos à repressão da glicose e à indução da maltose. Além da glicose, a frutose e a sacarose contribuem para a repressão desses genes.

Sob condições tecnológicas de fermentação, no entanto, uma forma especial de repressão catabólica, que também foi descrita pela primeira vez com glicose, é de enorme importância. Este fenômeno metabólico, o chamado efeito Crabtree, desempenha um papel decisivo para a levedura na cervejaria e forma a base para a conversão fermentativa do mosto na cervejaria (POSTMA, 1989).

O efeito Crabtree descreve principalmente o metabolismo da fermentação que ocorre em condições aeróbicas assim que a concentração de açúcar no meio excede um valor limite específico. Na presença de glicose, o efeito Crabtree ocorre a um valor limite de 0,1 g / l. No entanto, a restrição metabólica resultante também pode ser transferida para os outros carboidratos no mosto, que sob condições tecnológicas de fermentação o pré-requisito para a ocorrência do efeito Crabtree seja sempre atendido (ANNEMÜLLER, MANGER e LIETZ, 2011).

### **2.5.10 - Microbiologia da cerveja**

As leveduras, juntamente com malte, a água e os lúpulos são os ingredientes essenciais para fazer cerveja, isso é comprovado por todos os séculos, mas o papel primário de converter os açúcares extraído dos cereais em etanol e gás carbônico (CO<sub>2</sub>) é relevante para esse microrganismo que produz cerveja, pertencente ao gênero

*Saccharomyces*, este gênero inclui, também espécies de leveduras que são essenciais para todos os outros processos que envolvem fermentação alcoólica (SILVA, 2019).

### **Leveduras selvagens**

Leveduras selvagens é qualquer espécie de levedura em uma má fermentação que não seja a que foi intencionalmente inoculada, é geralmente derivada do meio ambiente (SILVA, 2019) como é o caso de bebidas feitas em várias regiões da Amazônia, onde se coloca bebidas para provocar uma segunda fermentação com um microrganismo desconhecido.

### **Bioquímica da Fermentação**

De modo geral, a fermentação é a ação transformadora dos microrganismos, algumas definições enfatizam o papel das enzimas, já que é pelas ações delas que as células digerem e, portanto, transformam os nutrientes (SANDOR, 2014).

Todos os mostos preparados a partir de cereais maltados e não maltados, provêm um meio nutritivo potencial para a produção de nova biomassa de leveduras, etanol e componentes aromáticos (flavours) em quantidades balanceadas (SILVA, 2019) mas para alcançar este potencial é necessário o controle de outros parâmetros tais como temperatura e a quantidade de levedura inoculada (pitching rate).

#### **2.5.11 - Cajuaçu**

*Anacardium giganteum*, conhecida também como cajui, caju da mata e oloi, o cajuaçu vem de uma árvore grande de 25-30 m de altura, pedúnculo frutífero de 5-7 cm por 4-5 cm, carnoso – sucoso, de cor vermelha; fruto verdadeiro (castanha) muito, pequeno em relação ao pedúnculo (CAVALCANTE, 2010).

Espécie nativa e dispersa na Amazônia, desde o Maranhão até o Mato Grosso e Guianas. É bastante comum no Pará, principalmente em Bragança, chega o período de carnaval em Bragança e a temporada de caça ao cajuaçu. E a busca pela bebida mais tradicional da época na Pérola do Caeté é cada vez maior. A batida de cajuaçu é preparada sem mistério: Suco da fruta, bebida destilada e açúcar a gosto, e o suco sem mistura já causa efeito. Essa bebida que chamou a nossa atenção para desenvolver essa

dissertação, esa fruta de alta qualidade de suco, agridoce, de cor rosea e sabor agradável, lembra o mornago, acerola (CAVALCANTE, 2010).

O Cajuçu é bastante apreciado na tribo da aldeia dos índios Tiriyó, constituindo se em um valioso suprimento alimentar como fruta fresca, ou então no preparo de uma bebida fermentada de mistura com mandioca (CAVALCANTE, 2010).

## CAPÍTULO 3

### MATERIAIS E MÉTODOS

#### 3.1 - MATERIAIS UTILIZADOS

- Álcool etílico 70% p/p
- Balança analítica com duas casas decimais
- Béquer de 1000mL
- Bomba centrífuga
- Bomba submersível
- Bombona de 40L
- Centrífuga
- Chiller de alumínio
- Cilindro de O<sub>2</sub>
- Colher de polietileno
- Controladores de temperatura
- Densímetro
- Fermentador cônico de 25L
- Freezers
- Filtro bazooka
- Fogareiros a gás
- Garrafas PET de 2L
- Incubadora
- Mangueiras de plástico atóxicas
- Mangueira de silicone
- Moinho de rolos
- Pedra difusora de inox
- Peneira
- Plástico filme
- Provetas de 100mL
- Refratômetro
- Solução de iodoform 10% p/p

- Termômetro alimentício
- PDA (ágar batata) a 30 oC
- Agitador
- Tinhas com capacidade mínima de 30L e saídas laterais com válvulas
- Tubos Falcon
- Garrafas Pets de 2 litros

### **Malte**

Utilizado o malte do tipo Pilsen da Agraria da marca Best Malz, que apresenta cor clara e pode ser utilizado em até 100% na produção de cervejas ou como malte base para qualquer outro estilo. A sua qualidade é boa, sendo utilizado não apenas em grandes cervejarias, como também em destilarias (REALLI, 2018).

### **Levedura**

Isolada de um teste feito no laboratório. A linhagem de levedura foi armazenada sob refrigeração em PDA. Antes do uso esta levedura foi pré ativada em mosto, a 30 oC por 24 horas, e em seguida crescida em meio PDA (ágar batata) a 30 oC por 24 horas. As células de leveduras foram suspensas novamente em água destilada estéril antes de serem inoculadas (MALTA, 2006).

### **Meio de Desenvolvimento da Levedura**

O ágar de dextrose de batata, frequentemente denominado PDA, é um meio de crescimento microbiano comum feito de uma infusão de batata e dextrose. É um dos meios de comunicação mais amplamente utilizados para o cultivo de fungos e bactérias. O PDA pode ser suplementado com diferentes ácidos ou antibióticos para inibir o crescimento bacteriano que pode interferir com leveduras e fungos. É recomendado para isolamento e enumeração microbiana de leveduras e bolores em laticínios, cosméticos e amostras clínicas. A base nutricionalmente rica da infusão de batata estimula a esporulação de fungos e a produção de pigmentos em certos dermatófitos, enquanto a dextrose auxilia no crescimento geral de microorganismos. O ágar é usado como agente de solidificação (JORGENSEN e PFALLER, 2015)

Preparação de ágar de batata dextrose (JORGENSEN e PFALLER, 2015):

1. Ferva 200 g de batatas fatiadas com casca em 1 litro de água por 30 minutos.
2. Filtre através de gaze, economizando efluente, que é a infusão de batata.
3. Adicione dextrose, ágar e água ao efluente. Ferva para dissolver completamente.
4. Esterilize a mídia em autoclave a 121oC por 15 minutos.
5. Dispense assepticamente em placas de Petri estéreis.

### **Nectar de Cajuaçu**

Foi utilizado néctar de 5 cajuaçus encontrados em Bragança, que é um município brasileiro do estado do Pará. Localiza-se na latitude 01° 03' 13" sul e longitude 46° 45' 56" oeste, estando à altitude de 19 metros.

Para a elaboração da cerveja teste com Cajuaçu foi uma APA, utilizou-se malte de cevada pilsener de origem alemã, Pale Malte de origem belga e Caramunich, com lúpulos Magnum com 14 % de ácido alfa, Amarillo gold com 8,50 % de ácido alfa, pride of ringwood com 9 % de ácido alfa e dry hop de citrus com 12 % de ácido alfa e xarope de cajuaçu.

### **3.2 - METODOLOGIA EXPERIMENTAL**

Este experimento foi realizado no Laboratório de Tecnologia Cervejeira do Departamento de Engenharia de Processo do Centro de Engenharia Química da Universidade Federal do Pará.

Como pode ser observado na figura 3.2, a matéria-prima utilizada foi o Cajuaçu (*Anacardium Giganteum*) do tipo silvestre, adquirido direto da natureza, armazenado em embalagens de 2 litros, as quais foram mantidas à temperatura ambiente.



Figura 3.1 - Fruta de Cajuaçu e néctar da própria fruta retirado de Bragança-Pa.

### **Isolamento da Levedura**

O procedimento experimental realizado para ambas as amostras em temperatura de mostura estudadas (30°C), utilizou-se a temperatura descrita com o propósito de exemplificar o método adotado.

Através de 5 cajuaçus colhidos aleatoriamente no município de Bragança no Pará, foi retirado o Nectar dessa fruta e colocado em uma vasilha plástica de 600 ml, deixando em uma temperatura de 18 °C (armazenado em geladeira comum).

Foi realizado a preparação de ágar de dextrose de batata, um mosto de DME a 15 °Brix e um Mosto cerveja teste. Foi Retirado uma aligota de 300 ml do Nectar de Cajuaçu e adicionado 100 ml para cada meio de propagação com volumes de 1000 ml em cada recipiente, como mostrado na figura 20 e colocado em agitação por 30 min e em seguida numa estufa a 30°C por 24 horas, como mostrado na Figura 3.2.



Figura 3.2 - Leveduras desenvolvidas em DME.

### **Meio de Cultura**

As leveduras cervejeiras muito bem em soluções simples de açúcares suplementadas com uma fonte rica em nitrogénio. Esta é a composição mínima dos meios bases utilizados para o cultivo deste micro-organismo em laboratório.

Por isso o meio usado em nessa dissertação, que foram utilizados na forma de placas e tubos inclinados, foi o método YM (ou MYGP) (Yeast – Malt / Malt-Yeast-Glucose-Peptide).

Foi utilizado 3 g/L de Extrato de levedura, 5 g/L de peptona, 10 g/L glicose, 3 g/L de DME (Extrato de Malte) e 17 g/L de ágar.

Todos os ingredientes foram pesados analiticamente e adicionados 1 litro de água purificada e esterilizada em autoclave a 121 °C por 15 minutos.

Sempre realizando todas as manipulações perto de chama, colocou-se o meio de cultura em placas petri com o meio de cultura solidificada por 7 dias.

Foram separadas em quatro placas, classificados como PDA (com amostra do cajuçu em PDA), Mosto (com amostra de cajuçu em mosto de extrato de malte),



inatura (amostra de cajuacu em néctar natural) e por final cerveja (com amostra de cajuacu em cerveja).

Após o período de incubação foi obtido culturas satisfatórias, e as mesmas foram mantidas puras e viáveis. Em todas as placas obteve culturas desejáveis e que continham somente o microorganismo desejados, com um número uniforme da população, como mostrado na Figura 3.3.

Na Placa determinada de PDA obtivemos 12 leveduras diferentes que predeterminamos de P1, P2.P12. Na placa determinado de mosto, obtivemos 11 leveduras que predeterminamos de M1, M2 ... M11. Na placa determinada de Inatura, obtivemos 8 leveduras que predeterminamos de B1, B2 ... B8. Por último, na placa determinada cerveja, obtivemos 7 leveduras, pela quais predeterminamos cada como C1, C2...C7.

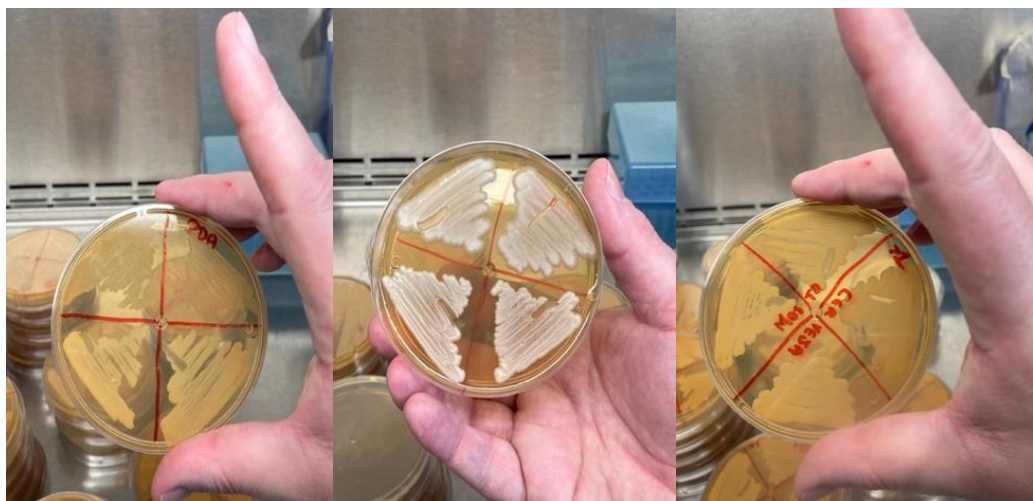


Figura 3.3 - Placas com as leveduras isoladas em inatura, PDA, cerveja e mosto DME.

Uma vez obtida as culturas satisfatórias, mantemos as mesmas puras e viáveis, mas para isso tomamos os seguintes cuidados:

1. Transferimos periodicamente a cultura em um meio de cultura adequado;
2. Incubar até que a cultura atinja a fase estacionária máxima de crescimento;
3. Estocar em temperatura de menos 6 graus, assim impedindo maior crescimento.

A cultura foi preparada a partir da cultura anterior que adquirimos nas placas, para descobrir a cultura desejada, trabalhamos todas as culturas e tivemos cuidado para que continhasse somente o microorganismo desejado, em números uniforme da população, que sejam viáveis e resistentes as condições favoráveis.

O sucesso no nosso preparo está relacionado ao meio estéril de cultura, da inoculação e do tempo e sua temperatura de incubação.

A temperatura de incubação geralmente é próxima da temperatura ótima para aquela espécie, no nosso caso, em 6 graus.

As culturas após propagadas para testes, foram preservadas em tubos até serem transferidas para o meio de preparo recente.

Foram realizados teste com as 38 espécies encontradas. O teste realizado foi de consumo de açúcares em meio de extrato de mosto. Todas as amostras foram centrifugadas e em seguida colocadas a um extrato de mosto com brix de 15 grau, mantidas em uma temperatura constante de 25 graus celsius, durante 7 dias.

Nesse período observou se que nas primeiras 24 horas todas as amostras obtiveram um bom rendimento em consumo de açúcares para a produção de álcool. Nas 48 horas já começamos a observar uma corrida entre as leveduras, onde algumas amostras se mantiveram estáveis quando em outras ocorreu o consumo normal.

Após os 7 dias de fermentação continua, chegamos a conclusão de que a amostra C4 obteve o melhor resultado em consumo de açúcares para produção de álcool e CO<sub>2</sub>, terminando a sua fase de teste com 6 graus brix, isso significa mais de 50% de redução inicial e 3 % de álcool produzido.

### **3.2.1 - Caracterização da levedura**

Após a conclusão dessa etapa a levedura C4 foi submetida a propagação em 1 litro de extrato de mosto de malte, acrescentado de vitaminas e aminoácidos. Antes disso a levedura foi pre ativada na mesma solução a 30 graus por 24 horas.

O mosto foi preparado através da mosturação até obter 15% de Brix, determinado por um refratômetro manual. De acordo com PROSTE (1962 APUD VIDAL,1983), 20 g de açúcar fermentescível produz um teor alcoólico de 1 grau por litro de mosto.

A literatura especializada sugere que para favorecer o descanso proteico (para espuma da cerveja), por exemplo, deve-se utilizar uma relação de água/malte que varie entre 2 e 3L/kg. Para a sacarificação (quebra do amido) a relação deve maior que a anterior: acima de 3L/kg. Cada uma dessas relações apresenta vantagens e desvantagens. Porém, este teste tem por objetivo apresentar a caracterização dessa nova cepa de forma mais neutra e objetiva possível.

Logo após a fervura (mosto quente) esfriou o mosto. Devido ao resfriamento o líquido se contrai. A diminuição de volume na contração é de 4%. Ou seja, obtemos 96% do volume do mosto quente, devido a contração.

Devido eu esta trabalhando com teste, resolvi fazer 10 litros de mosto (frio) que serão levados para a fermentação. Como nao temos perda no trub por que sera utilizado somente o mosto para o teste, temos aqui um total de 10 litros de mosto frio, antes da fermentação. Essa será nossa base de cálculo. Dados:

Volume de mosto frio pós-fervura = 10 L – 96%

Volume de mosto quente pós-fervura = (X) – 100%

X = 10,41L – aproximadamente 11L

Supondo que sua panela de fervura tenha uma taxa de evaporação de 10% por hora. Ou seja, a cada hora de fervura 10% do volume de água é evaporado. sendo que será realizada uma fervura de 60 minutos, então:

Volume de mosto quente pós-fervura 11 L – 90%

Volume de mosto quente pré-fervura (X) – 100%

X = 12,22 L

Então, 12 L foi meu inicio de fervura , sendo que será produzido um mosto com 1,060 g/mL de densidade, ou 15°P (graus Plato – 15g/100g).

Obs.: Cada grau Plato corresponde a 4 unidades de densidade: 1 °P = 0,006. Densidade = 1,006. Valores aproximados! (Ricardo Rosa , 2019)

Multiplicando a densidade do mosto (1,060g/mL) pelos graus Plato foi obtido uma quantidade de 15,90g de malte para cada 100mL de mosto.

Se temos 11L (11000 mL):

15,90g extrato – 100mL

Xg extrato – 11000mL

X = 1,75 kg de açúcares dissolvidos no mosto pós-fervura

Suponha que a eficiência de extração, na mosturação, seja de 80%. Então, precisamos calcular quanto teríamos em açúcares se tivéssemos uma eficiência de 100%:

1,75 kg extrato – 80% eficiência

X kg extrato – 100% eficiência

X = 2,19 kg de açúcares presentes no malte, possíveis de serem extraídos

Porém, o malte que utilizamos rende em torno 75 a 80% em açúcares (dados técnicos fornecidos pelo fabricante – varia de malte para malte). Ou seja, para cada 1kg de malte que utilizamos, o máximo que podemos extrair de açúcares é entre 750 a 800g. Utilizamos 80%, admitindo que usei unicamente malte Pilsen. Com isso podemos calcular a quantidade de malte necessária para meu mosto teste :

2,19 kg extrato – 80% (açúcares presentes no malte)

X kg malte – 100% (açúcares + cascas + outros compostos)

X = 2,73 kg de malte necessário para o mosto



Figura 3.4 - Equipamento idealizado para fermentação das leveduras.

Após fabricação do mosto e refriamento, foi adicionado aproximadamente 30 ml de leveduras C4, ativadas em oxigenação e agitadas por 24 horas, no equipamento idealizado para o projeto, como mostrado acima na Figura 3.4. A temperatura inicial era

de 23 graus e um brix de 15. Utilizamos temperatura ambiente para sentir a ação da levedura em momentos normais de temperatura e pressão.

O mosto foi oxigenado durante 30 minutos para garantir uma multiplicação celular saudável, entretanto, só deve ser adicionado somente até as primeiras dez horas de fermentação, adicionar oxigênio após irá propiciar elevação de níveis de aldeídos e de diacetyl.

Durante a fermentação alcoólica foram retiradas alíquotas de 250 mL, assepticamente, num intervalo de 6 a 12 horas para medição de temperatura, grau brix e densidade.

## **CALCULANDO O TEOR ALCOÓLICO DA CERVEJA**

Sabendo a quantidade de açúcares fermentescíveis (glicose e maltose) que está presente no mosto, saberemos a quantidade aproximada de álcool que terá na cerveja, uma vez que todo esse açúcar será transformado em álcool pelas leveduras.

O método mais simples de se “medir” a quantidade de açúcar presente no mosto é através da densidade. A densidade da água pura é 1,000 g/cm<sup>3</sup>, a 25°C. Quando medimos a densidade de um mosto, o valor de densidade encontrado será maior do que a densidade da água pura, porque existem partículas dissolvidas na água do mosto que aumentam sua densidade (HOMINILUPULO, 2018).

Porém existe um problema: no mosto não existe somente açúcares fermentescíveis dissolvidos, existem também proteínas, aminoácidos, açúcares complexos (residuais) e outras partículas que também contribuem para o aumento da densidade do mosto. Então quando medimos a densidade do mosto medimos a densidade de todas as partículas juntas. Seria prático medir a densidade só dos açúcares fermentescíveis antes da fermentação e já se saber qual o teor alcoólico terá a cerveja. Porém não é possível.

Mas segundo JOHN PALMER (2017), basta medir a densidade do mosto antes da fermentação, conhecida também como Original Gravity (OG), e subtrair esse valor da densidade depois da fermentação, conhecida também como Final Gravity (FG), o resultado dessa diferença é a densidade somente dos açúcares que foram consumidos na fermentação. A partir da densidade dos açúcares que viraram álcool é possível estimar a quantidade de álcool em gramas resultante da degradação desses açúcares.

Não fiz esse tipo de cálculo porque é desnecessário uma vez que existem tabelas e fórmulas que simplificam nosso trabalho.

Cálculo de álcool na prática, primeiramente medindo a OG (amostra antes de fermentar) e FG (após o final da fermentação) do mosto com densímetro:

Em uma proveta de 250 mL colocar 200mL de amostra; Medir a temperatura da amostra; Colocar o densímetro na amostra; Medir a densidade da amostra.

É necessário corrigir a densidade da amostra de acordo com a temperatura, na Figura 3.5 possui a tabela de correção e assim, somando ou subtraindo dos dois últimos algarismos da densidade; Temperaturas menores que 20°C deve-se subtrair; os números estão entre parênteses na Figura 3.5.

Consultar a Figura 3.6 para saber o grau alcoólico de acordo com a correlação entre OG e FG encontrados. Primeira linha corresponde ao valor de OG e a primeira coluna ao valor de FG.

Temp °C	Correção	Temp °C	Correção	Temp °C	Correção
1	(1,7)	30	2,5	59	14,3
2	(1,7)	31	2,8	60	14,8
3	(1,8)	32	3,1	61	15,3
4	(1,8)	33	3,4	62	15,8
5	(1,8)	34	3,7	63	16,4
6	(1,7)	35	4,1	64	16,9
7	(1,7)	36	4,4	65	17,5
8	(1,6)	37	4,8	66	18,0
9	(1,6)	38	5,1	67	18,6
10	(1,5)	39	5,5	68	19,1
11	(1,4)	40	5,9	69	19,7
12	(1,3)	41	6,2	70	20,3
13	(1,2)	42	6,6	71	20,8
14	(1,1)	43	7,0	72	21,4
15	(0,9)	44	7,4	73	22,0
16	(0,8)	45	7,8	74	22,6
17	(0,6)	46	8,3	75	23,2
18	(0,4)	47	8,7	76	23,8
19	(0,2)	48	9,1	77	24,4
20	(0,0)	49	9,5	78	25,0
21	0,2	50	10,0	79	25,7
22	0,4	51	10,4	80	26,3
23	0,6	52	10,9	81	26,9
24	0,9	53	11,4	82	27,6
25	1,1	54	11,8	83	28,2
26	1,4	55	12,3	84	28,9
27	1,6	56	12,8	85	29,5
28	1,9	57	13,3	86	30,2
29	2,2	58	13,8	87	30,9

Figura 3.5 - Tabela de maceração e suas ações temperatura e Ph.  
Fonte: HOMINILUPULO (2022).

x	1.030	1.035	1.040	1.045	1.050	1.055	1.060	1.065	1.070	1.075
0.998	4.1	4.8	5.4	6.1	6.8	7.4	8.1	8.7	9.4	10.1
1.000	3.9	4.5	5.2	5.8	6.5	7.1	7.8	8.5	9.1	9.8
1.002	3.6	4.2	4.9	5.6	6.2	6.9	7.5	8.2	8.9	9.5
1.004	3.3	4.0	4.6	5.3	5.9	6.6	7.3	7.9	8.6	9.3
1.006	3.1	3.7	4.4	5.0	5.7	6.3	7.0	7.7	8.3	9.0
1.008	2.8	3.5	4.1	4.8	5.4	6.1	6.7	7.4	8.0	8.7
1.010	2.6	3.2	3.8	4.5	5.1	5.8	6.5	7.1	7.8	8.4
1.012	2.3	2.9	3.6	4.2	4.9	5.5	6.2	6.8	7.5	8.2
1.014	2.0	2.7	3.3	4.0	4.6	5.3	5.9	6.6	7.2	7.9
1.016	1.8	2.4	3.1	3.7	4.4	5.0	5.7	6.3	7.0	7.6
1.018	1.5	2.2	2.8	3.4	4.1	4.7	5.4	6.0	6.7	7.3
1.020	1.3	1.9	2.5	3.2	3.8	4.5	5.1	5.8	6.4	7.1
1.022	1.0	1.6	2.3	2.9	3.6	4.2	4.9	5.5	6.2	6.8
1.024	0.8	1.4	2.0	2.7	3.3	4.0	4.6	5.2	5.9	6.5

Figura 3.6 - Tabela de % de álcool por volume (ABV) original x final.  
 Fonte: HOMINILUPULO (2022).

Podemos usar também a seguinte fórmula para calcular o ABV (PALMER, 2017):  $\%ABV = 131,25 * (OG - FG)$

### 3.2.2 - Confeção de receitas

Existe toda uma base teórica de cálculos para chegar na quantidade ideal de maltes e foi usado um software cervejeiro que me auxiliou nessa etapa. Mas antes de lançar as informações ao software e necessário fazer uma elaboração teórica da receita. Então o primeiro passo para elaborar a receita, foi identificar e caracterizar a cerveja que melhor se encaixa para a proposta do resultado final.

Considerando que precisamos parti de um principio de família existente, escolhemos uma pale ale, usou os guias de estilo da Beer Judge Certification Program (BJCP) e da Brewers Association (BA), que são os mais utilizados no mundo. Nos guias encontrei a descrição dos estilos de cerveja, parâmetros como ABV, cor, OG e FG, IBU e para alguns estilos os ingredientes comumente utilizados.

O segundo passo foi determinar as características e quantidade de maltes que foram utilizados. E para escolher as características vai depender do estilo que foi



escolhido e também do seu perfil sensorial. No nosso estudo os estilos indicados foram uma saison e uma American Pale Ale (APA) , que serviram de base, a primeira sendo uma cerveja leve e condimentada e a segunda uma cerveja mais maltada. Essa informação vai servir de base para que a partir dela você busque os maltes que apresentam essas características.

Para o 3º passo precisamos saber que tipo de lúpulos serão utilizado, foi necessário calcular as quantidades e tipos de lúpulos de acordo com as características que cada um dele pode trazer para sua cerveja em termos de aroma, sabor e amargor. E para isso é necessário entender e conhecer minimamente os lúpulos para, depois de calcular o IBU e características de aroma e sabor que você quer na sua cerveja, escolher os lúpulos adequados para usar, como eu quero entender a força dos insumos amazônicos , usei o mínimo de lúpulo possível para não inibir ou confrontar as especiarias locais. Para isso também existem vários cálculos para definir o amargor, aroma e sabor. Já em termos de sabor e aroma, o feeling do cervejeiro tem um peso considerável na definição dos lúpulos a serem utilizados.

Depois de tudo plano traçado, passou-se todos os dados para o software BEER SMITH 2.0 App Apple, versão IOS, para auxiliar a elaborar da receita de cerveja artesanal, organizando as brassagens e até auxiliar no desenvolvimento dos testes realizados, conforme a Figura 3.7.

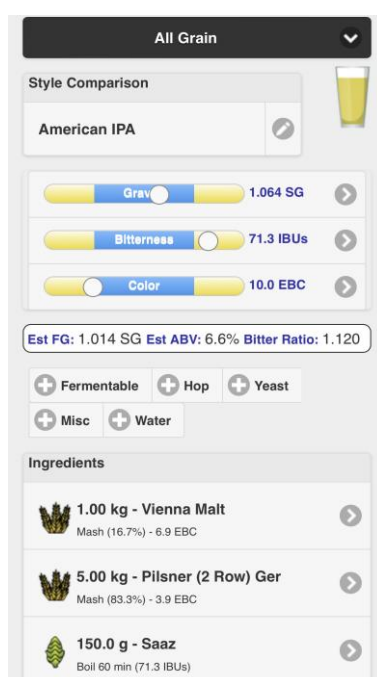


Figura 3.7 - Receita BeerSmith.

Fonte: APP IPHONE BEERSMITH 2.0. (2022).



### 3.2.3 - Fabricação do mosto

O processo principal na fabricação da cerveja é a fermentação dos açúcares contidos no mosto em álcool e CO<sub>2</sub>. Para isso, precisamos tornar solúveis os componentes insolúveis do malte e, sobre- tudo, tornar fermentáveis os açúcares.

O objetivo da moagem é a quebra do grão de malte, expondo o amido contido no seu interior. A quebra do grão é importante para que as enzimas possam atuar em todos os elementos que o constituem, pois torna o conteúdo do grão acessível à ação enzimática.

Para a receita 1 foi usado 5 kg de malte pilsner (2row) alemão de 3.9 e 1 kg vienna Malte de 6.9, com mash de 50% segundo a Convenção Europeia De Cervejarias (EBC).

Foi utilizada a moagem úmida, sendo os grãos molhados antes da moagem com água a 45°C por 15 min. Os grãos foram espremidos por um par de rolos de apenas 0,45 mm de abertura. A casca fica quase íntegra, com isso melhorou a filtração do mosto, aumentando a eficiência. Após a moagem, o conteúdo do malte não está mais protegido, e sofre oxidação. Por isso, ele foi moído somente durante o processo.

O malte moído foi misturado em uma panela de 60 litros com um fundo falso com água cervejeira a 70 graus. Tornando assim solúveis em água os compostos do malte, substâncias que na sua forma original são insolúveis (amido e proteínas), através de reações enzimáticas (amilases e proteases).

Dois principais fenômenos ocorrem durante a mosturação:

- Degradação do amido: conversão do amido em açúcares menores feita pelas amilases.

- Degradação proteica: conversão das proteínas grandes em proteínas menores, ou até mesmo a aminoácidos, feita pelas proteases.

$\alpha$ -amilases quebram as longas cadeias de amido em pequenas dextrinas. Atuando otimamente entre 72-75°C e pH ótimo: 5,6 – 5,8. E a  $\beta$ -Amilases quebram, pelas extremidades, as dextrinas em maltose. Produzem também glicose e maltotriose, atuando otimamente entre 60-65°C em um pH ótimo: 5,4 – 5,6 (HUGHES, 2014).

Apenas 40-45% das proteínas do malte se tornam solúveis e influenciam a qualidade da cerveja. As enzimas que degradam as proteínas são chamadas de proteinases, peptidases, ou enzimas proteolíticas.

- Endopeptidases: atuam no interior da molécula, desdobrando-a em subprodutos de alto e médio peso molecular.

- Exopeptidases: atuam pelas extremidades, produzindo principalmente aminoácidos livres (FAN).

Fatores que afetam a ação enzimática na mosturação: Temperatura, pH, Tempo de mostura, Concentração da mostura, Qualidade do malte, Composição da moagem, Agitação.

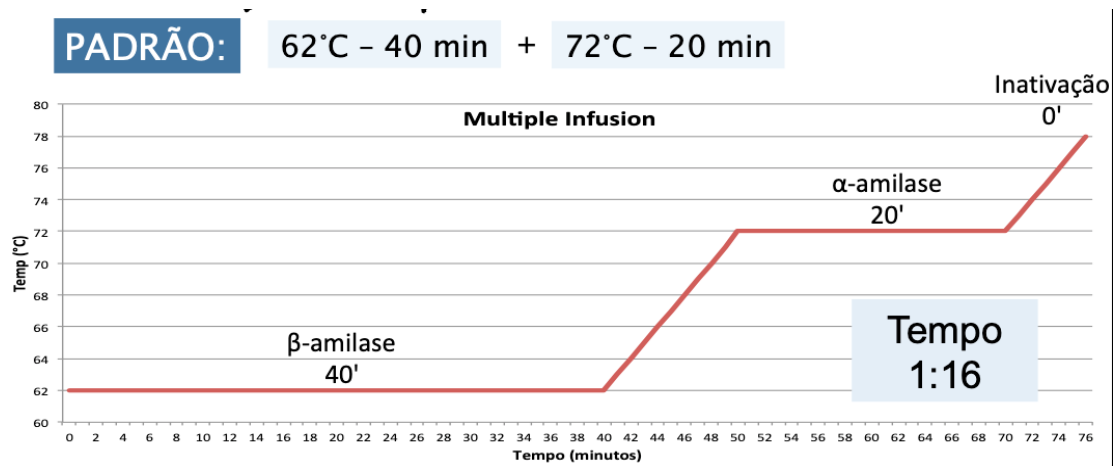


Figura 3.8 - Maceração padrão com 3 rampas usadas para ação enzimática. Fonte: HUGHES (2014).

De acordo com a Figura 3.8 foram utilizadas as Rampas de mostura, não existe uma rampa universal de mostura. Cada cervejaria desenvolve e aprimora suas receitas de acordo com o resultado pretendido. Iniciamos a 40°C para ocorrer a ativação enzimática. O amido começa a se solubilizar, e as enzimas também. As β-glucanases e outras celulases apresentam certa ação nesta faixa. Aumentamos a temperatura para 62°C e mantivemos por 40 min Faixa em que atua principalmente a β-amilases quebra o amido em maltose, nesta faixa, ocorre a sacarificação maltose do mosto. Em seguida aumentamos a temperatura para 72°C, atua principalmente a α-amilases quebra o amido em dextrinas, nesta faixa ocorre a sacarificação dextrinas. Após todo o processo elevasse o processo a 78 °C, assim ocorrendo a inativação das enzimas. É necessário inativá-las, para que não continuem atuando durante a filtração, seguindo as orientações da Figura 3.9.

Temp	pH	Enzimas	Ação
43°C	5,2	Glucanases e fosfatases	Ácido Ferúlico que o fermento converte em 4-vinil-guaiacol. Cravo na cerveja de trigo.
45°C	5,2	Glucanases e fosfatases	Quebra do $\beta$ -glucano em moléculas menores, reduzindo viscosidade. Muito usado antigamente pela pobre qualidade de malteação. Hoje devemos usar apenas se usarmos algum grão não maltado.
52°C	5,2	Proteinases e fosfatases	Proteinases quebram proteína em amino ácido de cadeia menor. Alimento pro fermento se multiplicar. Necessária se a OG for muito alta (>20°P). Em cerveja de trigo ajuda a reduzir o excesso de espuma. Fosfatases quebram fosfato orgânico em inorgânico.
62°C	5,2	Sacarificação maltose	$\beta$ -amilase quebra o amido em maltose.
72°C	5,2	Sacarificação dextrinas	$\alpha$ -amilase quebra o amido em dextrinas (açúcares de cadeia maior).
78°C	5,2	Inativação	$\alpha$ -amilase = inativa. As demais estão desnaturadas

Figura 3.9 - Tabela de maceração e suas ações nãos temperaturas e Ph adequado.  
Fonte: INSTITUTO DA CERVEJA (2018).

Avaliação da mosturação é necessário a realização do teste do iodo, a mostura estará concluída assim que todo o amido dos grãos for convertido em açúcar. Isso é verificado através do “Teste de Iodo”. Durante a última rampa de brassagem, etapa da sacarificação, colocamos algumas gotas do mosto em uma colher comum e duas ou três gotas de Iodo. Assim que o líquido da colher atingir uma cor próxima laranja, ou amarelo escuro, saberemos que a conversão está concluída (BRÄU, 2018). No caso de cervejas mais escuras, isso fica difícil visualizar. Consideremos então que a conversão total de açúcar se dá quando visualizarmos três leituras idênticas (mesma cor), como pode ser observado na Figura 3.10.

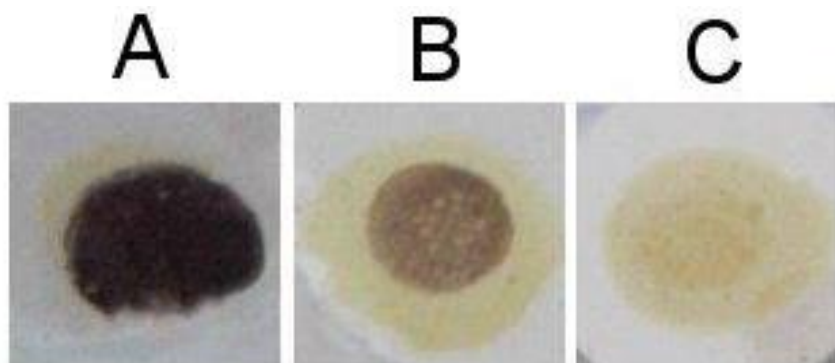


Figura 3.10 - Teste de iodo.  
Fonte: BRÄU (2018).

Percebe-se na Figura 10, que A o Amido foi todo convertido, na B foi parcialmente convertido, e na C muito pouco convertido.

Após inativar as enzimas, devemos filtrar/clarificar o mosto. A clarificação ajuda a deixar mais translúcida a cerveja e também evita que o farelo de casca de malte passe para fervura liberando taninos no mosto e causando adstringência. Isso é feito usando a própria casca do malte como elemento filtrante, com a ajuda de um fundo falso instalados na panela.

Para clarificar foi recirculado o mosto, ou seja, retirar uma pequena quantidade de mosto pela torneira e colocar de volta na panela passando por uma escumadeira, para diminuir a força da queda do líquido na panela e não formar buracos na cama de grãos. Isso deve ser feito até o líquido sair sem resíduos e ficar translúcido. Por fim, abrir a torneira deixando o mosto cair em outro recipiente. Quando a filtragem tiver quase no fim, com cerca de 2 cm de mosto acima da camada de grãos, começamos o Sparge, ou seja, a lavagem dos grãos. Adicionamos mais água na panela com os grãos (já reservada e aquecida a 78oC), usando também a escumadeira, lavamos o restante do malte e extraímos mais açúcar, até atingir o volume próximo do que queremos. Esse volume final não é tão preciso, pois na realidade, o que determina o fim da lavagem (Sparge) é a densidade pré-fervura, indicada na receita. Como a moagem foi bem-feita, e a brassagem idem, o rendimento foi maior e tivemos mais cerveja no final.

### **3.2.4 - Fervura e lupulagem**

Concluída a filtragem, quando atingimos a SG desejada e anotamos o volume obtido, devemos efetuar a fervura e a lupulagem do mosto. A fervura é necessária para o desenvolvimento de sabores da cerveja e também para ajudar na coagulação de proteínas, além de esterilizar o mosto. Esta etapa vai durar no mínimo 60 minutos. É claro que durante a fervura haverá evaporação e assim, o volume do mosto vai diminuir e a SG vai aumentar. A água evapora e o mosto fica mais denso. Durante a fervura que foi adicionado o lúpulo e especiarias, que vão conferir amargor e sabor à cerveja. O lúpulo vai influenciar em três características básicas: amargor, sabor e aroma. Além disso, ele também ajuda na estabilidade da espuma e age como conservante natural. O lúpulo é muito versátil e pode ser utilizado de muitas maneiras diferentes, dependendo do que se espera obter. De maneira simples, as adições de lúpulo respeitaram as seguintes fases (numa fervura de 60 minutos):

- Para obtenção de amargor, o lúpulo é adicionado no início da fervura;
- Para obtenção de sabor, o lúpulo é adicionado na metade do tempo de fervura;
- Para obtenção de aroma, o lúpulo é adicionado ao final da fervura, ou quando esta já se encerrou.

Vale ressaltar que o exposto acima não é uma regra, ou algo inflexível. O lúpulo que adicionamos no início da fervura vai conferir certa medida de sabor e aroma, além do amargor. Assim como o lúpulo que adicionamos no final da fervura vai conferir certa medida de sabor e amargor, além do aroma. As etapas delineadas acima somente indicam os momentos mais propícios para cada uma das características que desejamos obter. A figura abaixo mostra uma curva que indica o efeito da adição de lúpulo nos determinados momentos durante a fervura. Note, pela curva, que quanto mais tempo o lúpulo ferve, mais amargor confere ao mosto. Esse amargor começa a se pronunciar por volta dos 50 minutos de fervura. Depois disso, o aumento não é tão significativo. O auge do sabor se dá fervendo o lúpulo por aproximadamente 20 minutos e o auge do aroma fervendo entre 5 e 10 minutos, como pode ser ilustrado na Figura 3.11.

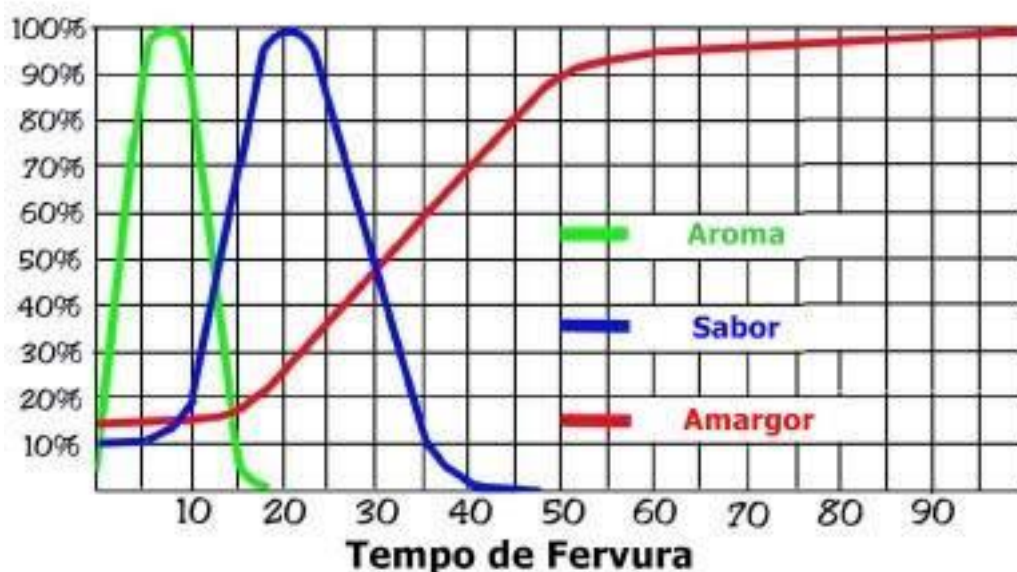


Figura 3.11 - Gráfico que visualiza bem os momentos de inserção de lúpulo e seus efeitos.

Fonte: HUGLES (2014).

O tempo de fervura começa a ser contado no momento do início da ebulição, onde o mosto começa de fato a ferver. O tempo em que a água está somente esquentando não conta. E quanto mais rápido o mosto chegar à temperatura de ebulição, melhor.

Ao mesmo tempo em que o mosto começa a ferver foi notado que uma espuma densa começará a ser formada e haverá acúmulo de partículas nas beiradas da panela. Estas partículas são proteínas coaguladas e podem ser retiradas com escumadeira ou colher antes de continuar a fervura.

A fervura pode também ser utilizada para acertos de SG (densidade). Se ao filtrar, o mosto ficou com SG menor que a prevista (menos denso ou mais “ralo”), ferva até atingir a SG desejada e só aí comece a contar o tempo de fervura. Se ficou com SG maior que a prevista (mais denso), adicione água filtrada até atingir a SG que deseja e só aí comece a fervura.

As adições de lúpulo foi utilizado somente 150 g de Saaz por 60 minutos de fervura. Para entender o funcionamento da levedura na cerveja, foi deixado somente 60 minutos iniciais sem adição no final. Se ferver mais, diminui o aroma e aumenta sabor. O lúpulo de sabor só ferve durante 30 minutos. Se ferver mais tempo, diminui o sabor e aumenta o amargor. O lúpulo de amargor ferve durante toda a fervura. Ou seja: Inicia-se a fervura. Começa a contar o tempo. Faltando 60 minutos para o fim, adiciona-se o primeiro lúpulo. Faltando 30 minutos para o fim, adiciona-se o segundo e faltando 10 minutos para o final, adiciona-se o último lúpulo.

É também durante a fervura que determinadas substâncias que podem causar sabores e aromas ruins na cerveja (Como o famoso DMS que corresponde ao aroma de milho verde ou outros vegetais) são eliminadas com a evaporação. É por isso (e outros motivos) que não devemos ferver o mosto com a panela tampada.

Importante: a fervura foi favorecida a ocorrer de maneira vigorosa. Ou seja, quando iniciar fervura, não diminua a intensidade do fogo. Deixei ferver na potência máxima, isso aumentou um pouco a perda por evaporação, mas também ajudou a decantar as partículas na etapa de resfriamento, melhorando a clarificação da cerveja.

### **3.2.5 - Separação de trub e resfriamento do mosto**

Durante a fervura, as proteínas e polifenóis se aglutinam, formando o trub, que precisa ser removido. Essa remoção é importante para a estabilidade coloidal (brilho) e o sabor da cerveja. Após a separação do trub, o mosto é resfriado até que sua temperatura fique próxima à de fermentação. Nesse momento, o mosto é colocado em movimento espiral, formando um redemoinho no centro da panela. O efeito chamado “paradoxo das folhas de chá” obriga os sólidos densos (proteínas coaguladas, matéria

vegetal a partir de lúpulo) a formar um cone no centro e no fundo da panela de fervura, assim que o movimento cessar. Esses restos de sólidos são chamados de “Trub quente”, que podem causar sabores indesejáveis se forem transferidos para o fermentador.

O resfriamento do mosto é uma das etapas mais críticas do processo de produção. Um erro agora pode ser fatal para sua cerveja. A partir de agora, a atenção e o cuidado devem ser redobrados. Um dos motivos tem a ver com a possibilidade de contaminação.

Uma vez que o mosto esteja frio, a grande quantidade de açúcares presentes nele torna-se um excelente meio de cultura para as leveduras que será adicionar para fermentar a cerveja. Mas assim como o fermento que adicionamos gosta dos açúcares do mosto, as leveduras selvagens, que estão presentes no ar e nos equipamentos à sua volta, também gostam. Por isso, à medida que o mosto é resfriado é necessário tomar cuidado para minimizar o risco de contaminar nossa cerveja. Isso inclui evitar respirar diretamente sobre o mosto.

### **3.2.6 - Fermentação**

É a transformação, feita pela levedura, dos açúcares fermentescíveis do mosto em álcool e gás carbônico. Muitos outros compostos também são formados como subprodutos da fermentação. Esses subprodutos influenciam fortemente o aroma e sabor da cerveja. Eu costumo a dizer que aqui a magia acontece.

Além do álcool e do CO<sub>2</sub>, durante a fermentação, outros compostos são formados em pequenas quantidades, mas com grande impacto no sabor da cerveja. São produtos secundários do metabolismo da levedura, que podem ter influência positiva ou negativa no aroma e sabor das cervejas. Os subprodutos indesejáveis devem ser degradados ou expulsos durante a maturação.

Exemplos de subprodutos da fermentação: Ésteres, Álcoois superiores, Aldeídos, Diacetil, compostos sulfurados, compostos fenólicos (4VG).

Fatores que influenciam na produção dos subprodutos de fermentação: Temperatura de fermentação, Tempo, Contrapressão, Cepa da levedura, Quantidade de levedura dosada, Aeração.

Para a seleção da CEPA, a receita usamos a C4, a que mais se adptou aos testes submetidos até sua que capturada no Pará, na região de localização geográfica: 01° 03'

46" S 46° 46' 22" O, de clima quente e úmido, devido a característica da levedura, ela se comporta em fermentações de alta temperatura.

Como demonstrado na Figura 3.12, foi hidratado o fermento com mosto cervejeiro antes de adicioná-lo ao mosto, visando facilitar o início da fermentação.

Seguindo os seguintes passos:

- Fervido 120ml de água em um erlemayer;
- Adicionado 30 gramas de DME
- Resfriado até menos de 30°C;
- Adicionado o fermento lentamente, mexendo com uma colher esterilizada à medida que adiciona;
- Mexendo suavemente por alguns minutos, formando um creme homogêneo;
- Deixando descansar de 20 minutos e deixando em agitação constante por 24 hs.



Figura 3.12 - Processo de hidratação e despertar das leveduras.

### **TRANSFORMAÇÕES QUE OCORREM DURANTE A FERMENTAÇÃO:**

- Redução do extrato (concentração dos açúcares);
- Aumento do álcool;
- Redução da cor;
- Redução do pH;
- Formação e redução do diacetil;
- Alteração na composição proteica;
- Redução do amargor e dos taninos;



- Formação de ésteres, álcoois superiores, aldeídos e outros subprodutos, formação e retenção do CO<sub>2</sub> na cerveja.

Uma série de reações bioquímicas ocorre durante o processo de fermentação, levando à redução de pH:

- Formação de ácidos carboxílicos pela levedura;
- Consumo de fosfato;
- Consumo de aminoácidos;
- Consumo de íons NH<sub>4</sub><sup>+</sup>;
- Incorporação de CO<sub>2</sub>;
- Transporte de K<sup>+</sup> para o interior da levedura, com a excreção de íons H<sup>+</sup>.

### **IMPORTÂNCIA DO PH**

- Acelera a precipitação do complexo proteínas + taninos;
- Auxilia na formação das características organolépticas da cerveja;
- Aumenta a estabilidade microbiológica da cerveja.

### **3.2.7 - Maturação**

A maturação se iniciou-se após os 7 dias de fermentação e a retirada do fermento. É nessa etapa que ocorre a “lapidação” da cerveja. Diminuindo a temperatura para 6 °C, uma boa maturação é importante para o amadurecimento da cerveja. Durante a maturação as leveduras ainda atuam, neste caso não gerando mais álcool ou CO<sub>2</sub>, mas reabsorvendo certos compostos tornando sua cerveja mais limpa. Assim certos compostos provenientes da fermentação (como alguns compostos sulfurosos) são eliminados naturalmente. E, uma maturação adequada, deixa a cerveja mais límpida, ou seja, mais cristalina e com pouca levedura em suspensão, esta necessária para a última fase, a carbonatação.

Durante a maturação não foi utilizado técnica do “dry-hop”, em que o lúpulo é adicionado diretamente no seu maturador com o objetivo de intensificar o aroma proveniente de seus óleos essenciais. Não foi necessário esse técnico porque gostaríamos de entender a levedura trabalhando de forma mais isolada, para entender seus sabores, seus aromas e até seus defeitos.

Durante a maturação que também adicionamos os insumos amazônicos para aperfeiçoar o sabor e o aroma.

### 3.2.8 - Envase

Basicamente essa opção só deve ser considerada se você for usar algum tipo de extrato sem açúcar. Nesse caso, tanto Randy Mosher como Sam Calagione afirmaram já ter usado esse método com bons resultados. Vantagens:

- Você pode dosar a quantidade ideal ao ir provando amostras.
- Muito sabor e dulçor residual passado para a cerveja.
- Menos riscos de contaminação.
- Desvantagens:
- Supercarbonatação.

Aqui todos os autores concordam que o ideal seria usar extratos sem açúcar para não correr o risco de explosões. Vale ressaltar que extratos sem açúcar costumam ser artificiais e não passar um sabor tão bom quanto outras opções.

### 3.2.9 - Processo de fabricação e tipos de cervejas

O processo de fabricação da cerveja pode ser dividido em quatro etapas, são elas: moagem, mostura, fermentação e maturação, e por fim, filtração e envase (LINKO *et al.*, 1998). Como demonstrado na Figura 3.13 abaixo.

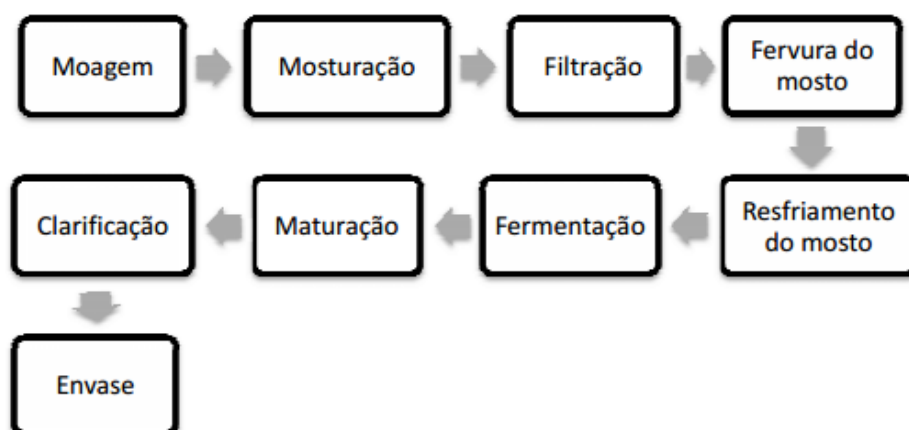


Figura 3.13 - Fluxograma utilizado no processo de obtenção de cerveja artesanal com levedura selvagem amazônica.  
Fonte: LINKO *et al.* (1998).

## CAPÍTULO 4

### RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 4.1 - RESULTADOS

O tipo de cevada utilizado neste experimento de caracterização apresentou uma concentração de açúcares em torno de 15 o Brix, o que resultou numa diluição de cerca de 2,73 kg desse malte pilsen para 12 L de água.

Não foi necessário efetuar qualquer correção de pH do mosto, pois o mesmo apresentou pH inicial de 4,5, ótimo para a atividade do tipo de leveduras utilizadas neste experimento.

A fermentação foi adequadamente conduzida à temperatura ambiente que variou entre 20 e 25oC, de acordo com o ideal sugerido pela literatura que especifica valores entre 18 e 26 oC (AQUARONE *et al.*, 2001).

O início da fermentação a temperatura estava em 23 oC, e a densidade em 1060, com a correção a densidade é de 1066, e 15 obrix. Foi realizado oito coletas que denominamos de A1, A2, A3, A4 A5, A6, A7 e A8, sendo todas em temperaturas diferentes, por isso foi necessário fazer a correção nas densidades, como descrito na Figura 4.1.

Amostragem	Tempo	tempo( min)	Tem(C)	Densidade	Correcao	Brix	% Alc
A0	20	0,00	23	1060	1066	15	0
A1	8	720,00	22	1050	1054	12	1,58
A2	14:36	1116,00	22	1044	1048	11	2,36
A3	20:37	1477,00	22	1040	1044	10	2,89
A4	07:52	2152,00	20	1029	1029	9	4,86
A5	13:16	2532,00	21	1026	1028	8	4,99
A6	20:37	2973,00	21	1024	1026	8	5,25
A7	09:20	3736,00	20	1024	1024	7	5,51
A8	14:30	4046,00	20	1024	1024	7	5,51

Figura 4.1 - Tabela de dados da fermentação da levedura C4.

Durante todo o processo é muito importante o controle da temperatura entre 20°C e 25°C, pois nessas temperaturas a poderemos perceber algum defeito ou sabor característico. A fermentação é a fase mais importante para o paladar da cerveja. Paralelamente à transformação de açúcar em álcool e gás carbônico, o fermento produz outras substâncias, em quantidades muito pequenas, mas que são as responsáveis pelo aroma e pelo sabor do produto.

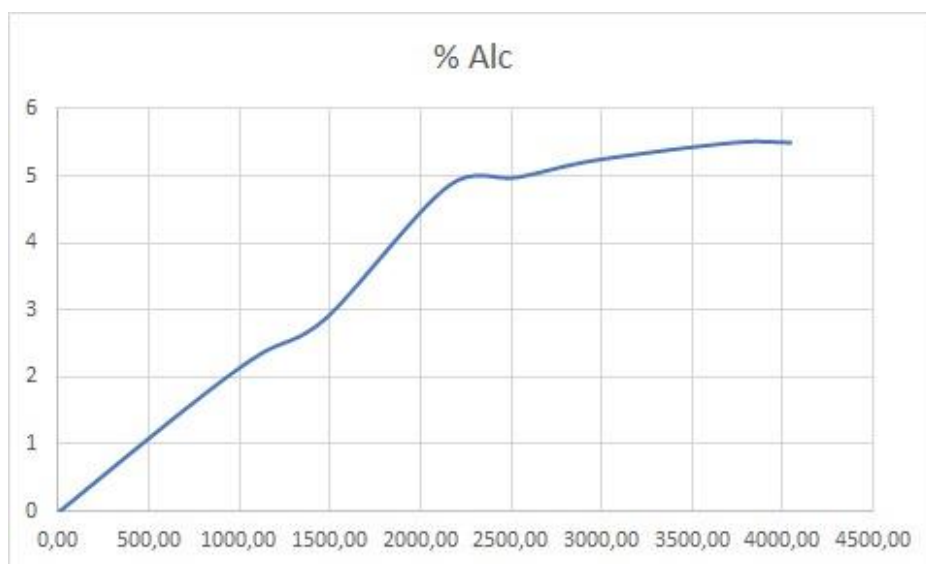


Figura 4.2 - Gráfico de % Alc x Tempo (min).

A Figura 4.2 apresenta os resultados médios das determinações de açúcares e % alcoólica realizadas no decorrer da fermentação alcoólica do mosto à temperatura ambiente.

A concentração de açúcares foi reduzida de um valor inicial de 15,0 % a valores menores do que 7 %, em 72 horas, mantendo-se constante desse ponto até às 84 horas de fermentação.

Já a produção de álcool pelas leveduras alcançou uma concentração final de 5,51% após 72 horas do processo fermentativo, mantendo-se assim até o final do mesmo.

O intervalo de tempo durante o qual houve a maior produção de álcool foi até 36 horas de fermentação. Esse resultado está de acordo com o indicado na literatura, como os encontrados por BHATT *et al.* (1987), que observaram uma elevada produção de álcool até 35 horas de fermentação alcoólica utilizando *S. cerevisiae* como inóculo, chegando a um rendimento de 46,67 % durante as 72 horas de fermentação.

Baseado nos dados anteriores, usamos a C4 para um teste com a cerveja em si, sendo usado uma base de American Apa, rendendo 18 litros com ABV 5,51% de OG 12.7 Plato, terminando FG 2.8 Plato, amargor de 50.2 IBUS, apresentando uma cor de 19.2 EBC.

#### 4.2 - DISCUSSÕES

Como já citado anteriormente, foram realizados inicialmente um experimento em piloto com a levedura escolhida dentre tantas encontradas no néctar de cajuaçu.

A determinação da concentração de álcool durante a fermentação alcoólica foi realizada em volume (% v/v). Utilizando para o cálculo o valor da densidade do mosto à 20°C, ou seja, 1024 g/cm<sup>3</sup>. Considerando esta transformação de unidades juntamente com o valor médio de açúcar consumido durante a fermentação, foi possível determinar o rendimento da fermentação alcoólica, que foi de 46,67 %, ou seja, aproximadamente 46,6 g de álcool obtidos de 100 g de açúcar fermentado, representando uma eficiência no processo fermentativo de 81,27%. Esses resultados são coerentes com os encontrados na literatura, pois segundo HASHIZUME (2001), mesmo em condições ótimas de trabalho, o rendimento mais elevado em fermentações alcoólicas não supera os 48%, e, no processo industrial, o rendimento é ainda menor.

Esse resultado potencializou a escolha pela levedura C4, que mostrou eficiência e rendimento aceitável para a produção caseira e industrial de bebidas fermentáveis.

Existem 3 coisas a serem consideradas para preparar uma cerveja com insumos amazônicos: o estilo, a fruta e a intensidade. Lembrando que o local remete a tendência de algo refrescante e leve de alto drinkability, com sabores cítricos. Como estamos usando uma levedura selvagem, vamos considerar que a cerveja vai ter um gosto suave de fruta, balanceado. Traçado o plano e tomando nota das frutas e herbais, por isso escolhemos começar por leveduras selvagens amazônicas para iniciar a pesquisa, como aparência, estação e efetividade. Ales foi o ponto de partida devido o clima em que predomina na região, ver o drinkability e aproveitar ao máximo a neutralidade da cerveja, como os sabores e a intensidades deste tipo de malte.

Mesmo não fazendo o sequenciamento genético da levedura, podemos confirmar por base de resultados que se trata de uma *Saccharomyces cerevisiae*, ocorreu formação de álcool e CO<sub>2</sub>, e também obteve subprodutos vindo da fermentação, como ésteres, sem presença de nenhum defeito fermentativo.

Em uma visão de sommelier, as American Pale Ales diferem das suas irmãs inglesas em dois pontos principais: teor alcoólico e perfil de lúpulo. as americanas são mais alcoólicas e lupuladas, por isso escolhemos esse estilo para ver a maior neutralidade para da cerveja e ver os resultados que podemos obter com as leveduras (BREWER ASSOCIATION, 2020)

A AmPA tem cor dourada intensa, aromas que remetem a maracujá, grapefruit e caju, corpo leve, seca e refrescante, os sabores cítricos de lúpulo são complementados por boas notas de malte e suave caramelo, com aroma discreto e sabor terroso, herbal no final a sensação amadeirada e resinosa (BREWER ASSOCIATION, 2020)

Obter balanço e harmonia é importante quando se prepara cerveja com características complexas. Isso fica ainda mais aparente depois de algumas brassagens.

Para AmPA, a receita foi adequada para o estilo proposto, uma APA que não mascarou os resultados da levedura, mostrando toda a capacidade produtiva desse insumo selvagem.

Para propor uma cerveja amazônica, precisamos ter uma base para dar o “start” inicial, e o que tenha a cara de cerveja refrescante e saborosa, que possui as maiores características de nossa Amazônia, usamos o que tinha fácil acesso, como especiarias e frutas. O fermento de origem amazônica encaixou perfeitamente no estilo proposto, portanto, mostrando toda a complexidade que se esperava. Além de tudo que foi dito, apresentou um caráter mais ácido e isso pode ser obtido de várias formas. A primeira, poderia se da brassagem, fazendo uma “sour mash” (brassagem ácida). A partir dos 10% na receita ele começa a aparecer de verdade. Mas provavelmente veio ao realizar a fermentação em temperatura alta, característica da fermentação com a levedura selvagem amazônica, podendo fermentar acima dos 22 graus para buscar esta maior complexidade de aromas de fermentação, sem apresentar nenhum defeito. Uma opção mais conservadora é começar em uma temperatura mais baixa no primeiro dia de fermentação e ir subindo. A carbonatação desta cerveja também é um fator importante. Ela deve ser alta, efervescente.

## **Aparência**

Sua coloração foi âmbar, podendo ser turva. Possui boa formação de espuma, de coloração geralmente branca, média persistência e sempre efervescente.

## **Sabor**

Acidez muito evidente, sendo de média-baixa a alta. Pode apresentar sabor frutado em níveis baixos e suas características ácidas são bem evidentes e predominantes, mas não aparentar artificial e sim de caráter de frutas frescas. Nenhuma presença encontrada que poderíamos considerar off flavour como, diacetil e notas acéticas. O final é azedo e frutado, deixando o palato limpo.

## **Sensação de boca**

Corpo baixo a médio e carbonatação de médio-alta a alta. A acidez é de média - alta, sem ser agressiva ou adstringente, passando a sensação de um leve repuxamento na boca. Álcool não é perceptível e os sabores da própria cerveja. Como citado anteriormente, não encontrado notas de diacetil e notas acéticas.

## **Aroma**

A acidez limpa é perceptível no nariz. Malte ausente, podendo aparecer em níveis baixos como apoio. Sem caráter de lúpulo e notas de fermento.

## **Dados técnicos**

De maneira geral, as cervejas são classificadas de acordo com seu teor alcoólico; sendo as que tiverem mais que 0,5 até 2% de álcool são denominadas cervejas de baixo teor alcoólico. As cervejas de médio teor alcoólico são as que possuem entre 2 e 4,5% de álcool em sua formulação e as cervejas de alto teor alcoólico possuem mais que 4,5% de álcool (BRASIL, 2009). Sendo assim, a cerveja produzida se enquadra na classificação de Alto teor alcoólico.

A intensidade do amargor da cerveja foi 50 IBU, o que, de acordo com MORADO (2009), dá a cerveja um realce ao sabor do lúpulo, nesse caso, a levedura ficou mais evidente que o lúpulo. Essa medida inicial, não fornece informações sobre as sutilezas de sabor, mas serve como guia geral para a intensidade do amargor, um dado que deve ser considerado junto com o grau de intensidade do malte ou corpo da cerveja.

Comparando com outra do mesmo estilo já citado na BJCP, ela muda alguns parâmetros, isso é devido a ação da levedura e um estilo já existente, mas com um processo novo, como pode ser visto na Tabela 4.1.

Tabela 4.1 - Análise da cerveja.

<b>Análise</b>	<b>Esperado</b>	<b>Resultado</b>
Teor Alcoólico	5 %	5,5 %
IBU	33	50
Turbidez (NTU)	195	-
Cor EBC	20	19,2
Acidez Total (mg/L)	229,84	-
ph	3,65	4,5
Densidade após fervura (g/mL)	1,030	1,060
Densidade após fermentação (g/m)	1,011	1,024

Fonte: Dados de comparação STRONG; ENGLAND (2021).



## CAPÍTULO 5

### CONCLUSÕES E SUGESTÕES

#### 5.1 - CONCLUSÕES

O trabalho produziu cerveja artesanal do tipo Pale Ale, com rendimento de 18 litros com teor alcoólico de 5,51 %, intensidade de amargor de OG 12.7 Plato, terminando FG 2.8 Plato, amargor de 50.2 (IBUS), apresentando uma cor de 19.2 (EBC).

Com relação aos coeficientes de rendimento e a eficiência de fermentação, os resultados obtidos em escalas piloto apresenta dentro da faixa acima daqueles tradicionalmente esperados para o processo em questão.

Quase tudo pode ser usado neste estilo proposto e usando a levedura isolada. Combinando esta levedura com o lúpulo, ou, até mesmo, podendo simular esta complexidade de aromas somente com lúpulos ou o contrário, substituindo o lúpulo pelas raízes e madeiras, nesse cenário vale a pena pensar bastante e ousar.

A força da levedura em seu poder de fermentação nas primeiras 72 horas, entre variações de temperaturas e densidades (todas corrigidas pela tabela de densidade x temperatura) obteve um rendimento de 46,67 % mostrando se muito eficaz em relação as tradicionais que de forma lenta fermentam por 7 dias. A levedura C4, que foi nossa escolhida por atingir com eficácia todos os pré-requisitos, obteve uma atenuação rápida mesmo em temperaturas variando de 22 ° a 25 °, esse comportamento era esperado devido o habitat natural dessa levedura, o que foi surpreendente, foi, que mesmo em alta temperatura de fermentação, não apareceu nenhum off-flavor, e as características se manteve, mesmo com o rápido círculo de meia vida de fermentação.

A levedura amazônica deu um aroma frutado tendendo para acerola e caju, devido a presença moderada de lúpulo (aroma e amargor) o frutado fica mais evidente em aroma e apresentando um fenólico condimentado. De acidez moderada devido a malte acidificado, sour mash, com baixa sensação de álcool, baixo caráter de malte sendo realmente o fermento é a estrela do proposto. Geralmente se apresentou laranja pálido pra o rosa com alguma turbidez alta atenuação/seca, com boa formação de espuma e carbonatação efervescente corpo médio/médio baixo, sem presença de off flavour.

A Escola Cervejeira Brasileira ainda não está formada e, talvez, a Amazonia Pale Ale seja o protótipo do jeito brasileiro de fazer cerveja. A flora Amazônica é rica e carrega características sensoriais únicas, representando o país em diversas áreas. A pergunta que fica é: essa riqueza natural, essa identidade brasileira, consegue transparecer nos aromas e sabores da bebida? É para responder a essa pergunta que os estudiosos cervejeiros continuam em busca de aperfeiçoamento da cerveja nacional. A Amazonia Pale Ale é reflexo desse movimento e o isolamento, cultivo e adição de leveduras selvagens em um estilo base inglesa trouxe características que não se encaixaram em estilo algum catalogado anteriormente.

Todos os atributos sensoriais, tornou o estudo válido, mas para se tornar um novo estilo, precisamos de um aprofundamento maior para oferecer mais parâmetros claros a BJCP (STRONG e ENGLAND, 2021), em linhas gerais, confirmar uma linha de raciocínio único para aparência, aroma, sabor e sensação de palato, e itens como cor, potência, balanço e sabor dominante.

## 5.2 - SUGESTÕES

Sugerindo medidas viáveis para novos processos, começando a usar nosso ecossistema da forma mais rica. E isto é uma necessidade imperiosa, nos dias atuais, uma vez que grandes partes de nossas plantas, raízes e frutas apresentam excelentes potenciais de aproveitamento, e estão aí para confirmar tal afirmativa o açaí, o cupuaçu, jambu, andiroba e o bacuri, antes conhecidos unicamente a nível regional, além dos já comercialmente conhecidos guaraná e castanha do Pará. O isolamento das leveduras selvagens já é um grande passo para novos produtos criados regionalmente.

A levedura selvagem em sim, mostrou ser mais eficaz que as tradicionais de seu estilo, podendo ser até ser testada em uma fermentação secundária, caso seja realizado a fermentação secundária, sugerimos cortar de 30 a 60% a quantidade de açúcar a ser usada durante o priming. Frutas frescas dão um melhor perfil de sabor e aroma, mas caso seja usada durante a fase de mosturação.

Com malte pilsen, pode perceber um aumento na complexidade de maltes (até 10%) com munich, vienna e trigo, maltes caramelos claros para equilibrar os ésteres, caso possa aparecer em novos testes. Lúpulos nobres como east kent goldings, saaz, tettnager, styrian goldings, willamette podem oferecer partes condimentadas e/ou floral para a receita, dando a harmonia necessária aos insumos amazônicos.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRAM, M. J. *et al.* Equality hypocrisy, inconsistency, and prejudice: the unequal application of the universal human right to equality,” **Peace e Conflict** , v. 21, n. 1, pp. 28-46, fev. 2015. Disponível em: <[https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4404755/pdf/pac\\_21\\_1\\_28.pdf](https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4404755/pdf/pac_21_1_28.pdf)>. Acesso em: 10 de novembro de 2018.

ÁGUA é vida. Disponível em <<https://www.viqua.com.br/blog/agua-e-vida>>. Acesso em: 10 de maio de 2021.

AMIENYO, D., AZAPAGIC, A. Life cycle environmental impacts and costs of beer production. **The International Journal of Cycle Assessment**, v. 21, pp. 492-509, 2016.

ANNEMÜLLER, G., MANGER, H. J., LIETZ, P. **The yeast in the Brewery**. Alemanha: VLB Berlin, 2011. 440 p.

AQUARONE, E. *et al.* **Biotecnologia na produção de alimentos**. São Paulo: Edgard Blücher, 2001. 523 p.

BANZON, J., FULMER, E. I., UNDERKOFER, L. A. Fermentative utilization of cassava in the production of ethanol. **Journal of colloid Science**, v. 23, n. 2, pp. 219-235, 1949.

BARRIE, A., PROSSER, S. Automated analysis of light element stable isotopes by isotope ratio mass spectrometry. In: BOUTTON, T.W.; YAMASAKI, S-I. (ed.) **Mass Spectrometry of soils**. New York: Marcel Dekker, 2014. pp. 1-46. cap. 1.

BEERSMITH™. **Home brewing software**. Disponível em: <<http://beersmith.com/>>. Acesso em: 10 de janeiro de 2022.

BOULTON, C.; QUAIN, D. **Brewing yeast and fermentation**. Osney Mead, Oxford: Blackwell Science, 2008.

BRASIL. **Decreto n. 6871, de 04 de junho de 2009**. Regulamenta a Lei n. 8.918, de 14 de julho de 1994, que dispõe sobre a padronização, a classificação, o registro, a inspeção, a produção e a fiscalização de bebidas. Disponível em: <<https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/inspecao/produtos-vegetal/legislacao->

1/biblioteca-de-normas-vinhos-e-bebidas/decreto-no-6-871-de-4-de-junho-de-2009.pdf/view>. Acesso em: 05 de novembro de 2018.

BRÄU A. Disponível em: <<https://brauakademie.com.br/>>. Acesso em: 14 de novembro de 2018.

BREWER ASSOCIATION. **For small & independent craft brewer**. Disponível em: <<https://www.brewersassociation.org/>>. Acesso em: 05 de novembro de 2018.

CAROPRESO, L. **Receitinhas para você: cerveja**. São Paulo: SESI, SP, 2017. 152 p.

CAVALCANTE, P. B. **Frutas comestíveis na Amazônia**. 7 ed. Belém: MPEG, 2010. (Coleção Museu Emilio Goeldi).

CENTRAL Berr. Disponível em: <<https://centralbrew.com.br/blog/whirlpool-descubra-o-que-e-e-seus-beneficios/>>. Acesso em: 15 de outubro de 2021.

COMPTON, J. Beer quality and taste methodology. In: BRODERICK, H. M. (ed.) **The Practical brewer: a manual for the brewing industry**. 2. ed. Madison, WI: Master Brewers Association of the Americas, 2009. p. 288-308. cap.15.

D'AVILA, R. F. **Produção de cerveja**. 2. ed. São Paulo: Editora Mandras, 2011.

DINSLAKEN, D. **6 passos de como elaborar receitas de cerveja**. [2016?]. Disponível em: <https://concerveja.com.br/como-elaborar-receitas-de-cerveja/>. Acesso em: 15 de outubro de 2021.

ESCOLA N. 2014. Disponível em: <<https://escolaneijingbh.com/>>. Acesso em: 15 de outubro de 2021.

FERMENTIS. **Tips and tricks**. São Paulo: Fermentis, 2015.

HASHIZUME, T. **Tecnologia do vinho e biotecnologia na produção de alimentos**. São Paulo: Edgard Blücher, 2001.

HIERONYMUS, S. **Hops: o amor ao lúpulo: the practical guide to aroma, bitterness and the culture of hops**. EUA: Breweres, 2012. Disponível em: <<https://toaz.info/doc-view>>. Acesso em: 15 de outubro de 2021.

HOMINILUPULO. Disponível em: <<https://www.hominilupulo.com.br/priming-da-erveja/>>. Acesso em: 12 de março de 2022.

HORNSEY, I. **Brewing**. [EUA?]: RSC, 1999.

HUGHES, G. **Cerveja feita em casa**. São Paulo: Editora Publifolha, 2014.

INSTITUTO DA CERVEJA BRASIL. **Curso de sommelier de cervejas**. São Paulo: Instituto da Cerveja, 2018. Disponível em: <<https://www.institutodacerveja.com.br/cursos/>>. Acesso em: 15 de outubro de 2021.

JORGENSEN, J. H., PFALLER, M. A. **Manual of clinical microbiology**. 11. ed. Washington, DC: ASM, 2015. v. 1.

KUNZE, W. **Technology brewing and malting**. 2. ed. Berlim, Alemanha: VLB Berlin, 1999.

LIMA, U. A., AQUARONE, E., BORZANI, W. **Biotecnologia: tecnologia das fermentações**. São Paulo: Edgard Blucher, 1975.

MALTA, H. L. **Estudos de parâmetros de propagação de fermento (*Saccharomyces cerevisiae*) para produção de cachaça de alambique**. Orientadora: Dra. Evelyn de Souza Oliveira. 2006. 70f. Dissertação (Mestrado em Ciência de Alimentos) - Universidade Federal de Minas Gerais...Minas Gerais, 2006. Disponível em: <[https://repositorio.ufmg.br/bitstream/1843/MBSA-6XWFAD/1/diss\\_versao\\_final.pdf](https://repositorio.ufmg.br/bitstream/1843/MBSA-6XWFAD/1/diss_versao_final.pdf)>. Acesso em: 15 de junho de 2006.

MORADO, R. **Larousse da cerveja**. São Paulo: Larousse, 2009. 357 p.

MUXEL, A. **Fundamentos de fabricação de cerveja: dia de brassagem**. Blumenau, SC: 2016. Disponível em: <[https://amuxel.paginas.ufsc.br/files/2017/03/Brassagem\\_SNCT\\_alunos.pdf](https://amuxel.paginas.ufsc.br/files/2017/03/Brassagem_SNCT_alunos.pdf)>. Acesso em: 15 de junho de 2006.

O GUIA completo para plantar lúpulo em casa. Disponível em: <<https://academiaartesanal.com.br/plantar-lupulo/>>. Acesso em: 15 de maio de 2022.

PALMER, J. **How to brew your first beer**. [EUA?]: Brewers, 2017.

PARÁ. Secretaria de Ciência, Tecnologia e Educação Superior, Profissional e Tecnológica. **Plano Estratégico de Desenvolvimento Sustentável do Estado do Pará**. 2022. Disponível em: [https://sdgs.un.org/sites/default/files/vlrs/2022-08/3\\_rlv\\_governo\\_do\\_estado\\_do\\_para\\_2022.pdf](https://sdgs.un.org/sites/default/files/vlrs/2022-08/3_rlv_governo_do_estado_do_para_2022.pdf). Acesso em: 10 de janeiro de 2022.

PIRES, E., BRANYIK, T. **Biochemistry of beer fermentation**. New York: Springer International Publishing, 2015.

PORTAL Sebrae. 2017. Disponível em <<https://sebrae.com.br/sites/PortalSebrae>>. Acesso em: 10 de janeiro de 2022.

RANDY, M. **Beer for all seasons: a trough the year guide to what to drink and when to drink it**. 2 ed. North Adams, Massachusetts: Storey, 2015.

REALLI. **Insumos cervejeiros**. 2018. Disponível em <<https://realli.com.br/>>. Acesso em: 10 de janeiro de 2022.

ROHBRAU. Disponível em: <<https://www.rohbrau.com/como-e-produzido-o-malte-do-grao-de-cevada-ao-malte/>>. Acesso em: 10 de janeiro de 2022.

RUSSELL, I. Yeast. In: HARDWICK, W. A. **Handbook of brewing**. New York: Marcel Dekker, 1994. p.169-202.

SABOR a vida. Sem levedura, sem cerveja. 2018. Disponível em <<https://www.saboravida.com.br/gastronomia/2018/06/27/sem-levedura-sem-cerveja/>>. Acesso em: 10 de abril de 2022.

SAMPAIO, J. P. *et al.* Taxonomy, diversity, and typing of brewing yeasts. In: BOKULICH, N. A. ; BAMFORTH, C. W. **Brewing microbiology: current research, omics and microbial ecology**. São Paulo: Gaia, 2017. Disponível em: <<http://www.caister.com/brewing>>. Acesso em: 24 de fevereiro de 2020.

SANDOR, E. K. **A Arte da fermentação**. São Paulo: Editora SESI, 2014.

SÃO PAULO (SP). Coordenadoria de Assistência Técnica Integra (CATI). **Cevada cervejeira em São Paulo**. 2015. Disponível em: <[https://www.cati.sp.gov.br/Cati/\\_tecnologias/cereais/CEVADA\\_CERVEJEIRA.pdf](https://www.cati.sp.gov.br/Cati/_tecnologias/cereais/CEVADA_CERVEJEIRA.pdf)>. Acesso em: 15 de outubro de 2021.

SILVA, C. H. P. M. **Microbiologia da cerveja**: do básico ao avançado: o guia definitivo. São Paulo: Livraria da Física, 2019.

SILVA, J. B. A. Cerveja. In: VENTURINI FILHO, G. W. **Tecnologia de bebidas**. São Paulo: Edgar Blucher, 2005. p. 347-380. Capítulo 15.

STRONG, G.; ENGLAND, K. **Beer Judge Certification Program**: 2021, style guidelines: beer style guidelines. Disponível em: <<https://www.bjcp.org/bjcp-style-guidelines/>>. Acesso em: 10 de outubro de 2018.

UNESCO. 2019. Disponível em <<https://pt.unesco.org/fieldoffice/brasil>>. Acesso em: 10 de outubro de 2018.

VAN HOEK, P., VAN DIJKEN, J. P., PRONK, J. T. Effect of specific growth rate on fermentative capacity of baker's yeast. **Applied and Environmental Microbiology**, v. 64, n. 11, pp. 4226–4233, 1998.

VENTURINI FILHO, W. G., CEREDA, M. P. Cerveja, In: ALMEIDA LIMA, U. et al. **Biotechnologia industrial na produção de alimentos**. São Paulo: Edgar Blucher, 2001, p. 91-144.

WALKER, G. M. Yeast technology. In: **Yeast physiology and biotechnology**. Scotland: John Wiley & Sons, 2000. p. 265-320.

XIANZONG SHI *et al.* Optimal conditions for the expression of a single-chain antibody (scFv) gene in *Pichia pastoris*. **Protein Express and Purif**, v. 28, n. 2, pp. 321-330, 2003.