



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA QUÍMICA

LUCAS MIRANDA FERNANDES

**Viabilidade de produção e caracterização de cerveja artesanal
com acerola (*Malpighia emarginata* DC)**

João Pessoa

2017

LUCAS MIRANDA FERNANDES

**Viabilidade de produção e caracterização de cerveja artesanal
com acerola (*Malpighia emarginata* DC)**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química da Universidade Federal da Paraíba para exame final.

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Sharline Florentino Melo dos Santos

Coorientador: Prof. Dr. Kristerson Reinaldo Luna Freire

João Pessoa

2017

Catálogo na Publicação
Seção de Catalogação e Classificação

F363v	Fernandes, Lucas Miranda. Viabilidade de produção e caracterização de cerveja artesanal com acerola (<i>Malpighia emarginata</i> DC) / Lucas Miranda Fernandes. - João Pessoa, 2017. 75 f. : il. Orientadora: Sharline Florentino Melo dos Santos. Coorientador: Kristerson Reinaldo Luna Freire. Dissertação (Mestrado) - UFPB/CT/PPGEQ 1. Engenharia química. 2. Análise físico-química (acerola e cerveja). 3. Processo Produtivo Artesanal (acerola e cerveja). 4. Cinética fermentativa. I. Título. UFPB/BC CDU - 66.0(043)
-------	---

LUCAS MIRANDA FERNANDES

**Viabilidade de produção e caracterização de cerveja artesanal com acerola
(*Malpighiaemarginata* DC)**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química da
Universidade Federal da Paraíba para exame final.

Aprovada em: 31 de Março de 2017.

BANCA EXAMINADORA



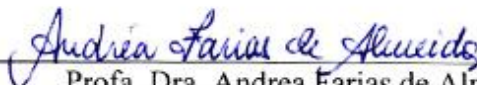
Prof. Dra. Sharline Florentino de Melo Santos
DEQ - CT - UFPB
Orientadora



Prof. Dr. Kristerson Reinaldo de Luna Freire
DB- CBiotec - UFPB
Co-orientador



Prof. Dr. Rennio Félix de Sena
DEQ -CT - UFPB
Examinadora Externa



Prof. Dra. Andrea Farias de Almeida
DB - CBiotec - UFPB
Examinadora Externa

Resumo

O mercado de cervejas artesanais está em franco crescimento no Brasil bem como na Paraíba. O consumidor busca cada vez mais qualidade e variedade de estilos, sabores e aromas no ramo cervejeiro. Este trabalho buscou desenvolver uma tecnologia de produção de cerveja artesanal com acréscimo de acerola (*Malpighia emarginata* DC), uma fruta economicamente importante para o Estado da Paraíba e que possui várias safras durante o ano, viabilizando o uso industrial como adjunto cervejeiro. O objetivo deste estudo foi avaliar físico-quimicamente a acerola e a cerveja produzida, analisar a cinética fermentativa e realizar análises microbiológica e sensorial para definir a quantidade comercialmente viável para a produção de cerveja estilo “Blond Ale” com acerola. Foram feitas duas produções de 12 L de cerveja com acréscimo de 1000 g (Cerveja 1) e 1500 g (Cerveja 2) de acerola. O avanço fermentativo ocorreu normalmente com a adição da fruta, que, por sua vez, reduziu o pH das cervejas para 3,46 e 3,42, colaborando com a eficiência em relação aos aspectos microbiológicos. A análise sensorial mostrou uma boa aceitação global das cervejas produzidas. O hábito de consumo da maior parte dos provadores foi de cervejas populares, então a boa aceitação indica que a cerveja com acerola é leve, refrescante e fácil de beber, mesmo sendo mais ácida, mais encorpada e mais alcoólica do que as anteriores citadas. Não houve diferença estatística entre a análise sensorial das duas cervejas produzidas, o que permite o uso de menor quantidade da fruta industrialmente sem perda de qualidade para o consumidor.

Palavras-chave: cerveja artesanal, acerola, análise físico-química, análise sensorial.

Abstract

The craft beer market is growing not only in Brazil, but also in Paraíba. Consumers seek more quality and variety of styles, flavors and scents in the brewing business. This work has focused on craft beer with the addition of acerola (*Malpighia emarginata* DC), an economically important fruit to the Brazilian State of Paraíba, with several crops during the year, enabling the industrial use as a brewing additive. The objective of this study is to physically and chemically evaluate the acerola and the beer produced, analyze the fermentative kinetics and carry out microbiological and sensorial analyses to establish the commercially viable amount for the production of Blond Ale beer with acerola. Two productions were made: 12L of beer with 1000g of acerola (Beer 1) and 12L of beer with 1500g of acerola (Beer 2). The fermentation progress occurred, as usual, with the addition of the fruit, which reduced the pH of the beers to 3.46 and 3.42, collaborating with the efficiency in relation to microbiological aspects. The sensorial analyses revealed a good global acceptance of the beers produced. The consumption habits of most tasters were to drink popular beers, so the good acceptance indicates that beer produced with acerola is light, refreshing and easy to drink, even though it is more acidic, fuller and more alcoholic than the above mentioned. There was no statistical difference between the sensorial analysis of the two beers produced, which allows the use of smaller quantities of the fruit industrially without loss of quality to the consumer.

Keywords: craft beer, acerola, chemical physical analysis, sensorial analysis.

Lista de Figuras

Figura 1. Fluxograma básico do processo produtivo da cerveja.....	26
Figura 2. Acerola (<i>Malpighia emarginata</i> DC).	35
Figura 3. Curvas de crescimento celular e consumo de substrato para a Cerveja 1.....	51
Figura 4. Curvas de crescimento celular e consumo de substrato para a Cerveja 2.....	51
Figura 5. Curvas de crescimento celular e consumo de substrato para a Cerveja Base.....	52
Figura 6. Representação da tangente à curva da fase exponencial do crescimento celular para a Cerveja 1.....	53
Figura 7. Representação da tangente à curva da fase exponencial do crescimento celular para a Cerveja 2.....	53
Figura 8. Representação da tangente à curva da fase exponencial do crescimento celular para a Cerveja Base.....	54
Figura 9. Gráfico de $\ln(X)$ versus $(t - t_i)$ para a fermentação da Cerveja 1.	55
Figura 10. Gráfico de $\ln(X)$ versus $(t - t_i)$ para a fermentação da Cerveja 2.	56
Figura 11. Gráfico de $\ln(X)$ versus $(t - t_i)$ para a fermentação da Cerveja Base.	56
Figura 12. Tangente ao gráfico de consumo de substrato. Cerveja 1.	58
Figura 13. Tangente ao gráfico de consumo de substrato. Cerveja 2.	58
Figura 14. Tangente ao gráfico de consumo de substrato. Cerveja Base.	59
Figura 15. Variação de pH na fermentação da Cerveja 1.	60
Figura 16. Variação de pH na fermentação da Cerveja 2.	60
Figura 17. Variação de pH na fermentação da Cerveja Base.	61
Figura 18. Escala de cor EBC (European Brewery Convention).....	63
Figura 19. Hábito de consumo de cervejas do público feminino participante da pesquisa. .	68
Figura 20. Hábito de consumo de cervejas do público masculino participante da pesquisa.	68

Lista de Tabelas

Tabela 1. Receita da cerveja base.....	39
Tabela 2. Valores médios $\pm$ desvios-padrão das características físico-químicas da acerola.	46
Tabela 3. Valores médios de umidade segundo diferentes autores e o obtido neste trabalho	46
Tabela 4. Valores médios de pH segundo diferentes autores e o obtido neste trabalho	47
Tabela 5. Valores médios de Brix segundo diferentes autores e o obtido neste trabalho	47
Tabela 6. Valores médios de acidez total titulável segundo diferentes autores e o obtido neste trabalho.....	48
Tabela 7. Valores médios de açúcares redutores segundo diferentes autores e o obtido neste trabalho	49
Tabela 8. Caracterização físico-química das cervejas com acerola expressas em média $\pm$ desvio padrão.	62
Tabela 10. Média e desvio padrão do teste de aceitação global da cerveja artesanal com acerola.....	65
Tabela 11. Grau de aceitação global* obtido na análise da cerveja artesanal com acerola.	65
Tabela 12. Média e desvio padrão do teste de intenção de compra da cerveja artesanal com acerola.....	66
Tabela 13. Grau de intenção de compra* obtido na análise da cerveja artesanal com acerola.....	67

Sumário

1. INTRODUÇÃO	12
2. OBJETIVOS	13
2.1. Geral.....	13
2.2. Específicos.....	13
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	14
3.1. História da cerveja.....	14
3.2. A cerveja no Brasil.....	15
3.3. Cerveja artesanal	18
3.4. Matérias-primas	19
3.4.1. Malte	19
3.4.2. Lúpulos	21
3.4.3. Levedura.....	22
3.4.4. Água	24
3.4.5. Adjuntos	25
3.5. Processo Produtivo Artesanal.....	26
3.5.1. Maltagem.....	27
3.5.2. Moagem dos grãos	28
3.5.3. Mosturação.....	28
3.5.4. Filtração do mosto	30
3.5.5. Fervura	31
3.5.6. Resfriamento do mosto.....	32
3.5.7. Fermentação.....	32
3.5.8. Maturação	33

3.6.	Cerveja com fruta	34
3.7.	Acerola (<i>Malpighia emarginata</i> DC).....	35
4.	METODOLOGIA	36
4.1.	Caracterização físico-química da acerola.....	36
4.1.1.	Determinação da umidade	36
4.1.2.	Determinação de pH.....	36
4.1.3.	Determinação de sólidos solúveis totais.....	36
4.1.4.	Determinação de acidez total titulável.....	36
4.1.5.	Determinação de lipídios.....	37
4.1.6.	Determinação de açúcares redutores e totais.....	38
4.2.	Produção da cerveja	38
4.3.	Cinética fermentativa	40
4.3.1.	Crescimento celular	40
4.3.2.	Consumo de substrato	41
4.3.3.	Determinação do pH.....	42
4.4.	Caracterização físico-química da cerveja.....	42
4.4.1.	Determinação de açúcares redutores e totais.....	42
4.4.2.	Determinação do teor alcoólico	43
4.4.3.	Determinação da cor	43
4.5.	Análise microbiológica da cerveja.....	44
4.6.	Análise sensorial da cerveja	44
5.	RESULTADOS E DISCUSSÃO	46
5.1.	Caracterização físico-química da acerola.....	46
5.2.	Produção da cerveja	50
5.3.	Cinética da fermentação.....	50

5.4.	Análises físico-químicas das cervejas.....	62
5.5.	Análise microbiológica	64
5.6.	Análise sensorial.....	64
6.	CONCLUSÃO	70
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	71

1. INTRODUÇÃO

O mercado de cervejas artesanais está em franco crescimento no Brasil. A variedade e a qualidade dos produtos estão alterando o padrão de consumo do brasileiro, que está optando por consumir cervejas artesanais e *premium*, consideradas cervejas especiais, que obtém um melhor custo-benefício. Com foco nas especiais, o consumidor encontrou na cerveja com frutas uma maneira de explorar ainda mais a grande variedade de aromas e sabores marcantes de uma boa cerveja. A Paraíba possui uma vasta gama de frutas típicas culturalmente conhecidas e economicamente importantes que podem ser consideradas como possíveis adjuntos cervejeiros.

O consumidor de cervejas artesanais presa pela qualidade do produto. Segundo Tagnin (2012), o sabor e a qualidade são cada vez mais tidos como critérios de decisão na compra de uma cerveja, desbancando, inclusive, o critério preço. Desta maneira, o desenvolvimento de um novo produto deve ser feito com cautela, porém deve-se buscar o diferencial em sabor e aroma, visto que a apreciação de produtos com características únicas é o que move o mercado de cervejas artesanais.

As cervejas com adição de frutas vêm demonstrando um grande potencial no mercado mundial. A diversidade de tipos e a opção de proporcionar características regionais à cerveja (utilizando frutas típicas de cada região) torna a fruta um ingrediente inovador e promissor.

Segundo Pinto (2015), a utilização de frutas tropicais como adjunto no processo da cerveja condiz com a atual necessidade do mercado brasileiro. A influência das condições de produção sobre a qualidade tecnológica e aceitação do produto, bem como o incremento da cadeia de frutas no país, ou em cada região, faz com que o desenvolvimento de cervejas com frutas tropicais seja de vital importância.

A acerola é uma fruta com sabor agradável e um reconhecido valor nutricional. Sua frutificação acontece praticamente o ano inteiro e possui, no Brasil, cerca de 10.000 ha de área cultivada, principalmente na região Nordeste do país. A Paraíba encontra-se entre os quatro principais estados produtores de acerola no Brasil (FRAIFE et al., 2016).

Sendo assim, este trabalho possui foco em cerveja artesanal com acréscimo de acerola, trazendo análises físico-químicas da fruta e das cervejas, além de análises microbiológicas, cinéticas e sensoriais das cervejas produzidas para que se tenha embasamento sobre a viabilidade de produção e aceitação do público aos produtos.

2. OBJETIVOS

2.1. Geral

Elaborar e produzir duas receitas de cervejas artesanais com adição de acerola e analisar as cervejas produzidas.

2.2. Específicos

- Realizar a caracterização físico-química da acerola;
- Estudar a produção artesanal da cerveja fazendo o acompanhamento da cinética de fermentação;
- Realizar a caracterização físico-química das cervejas produzidas;
- Realizar a análise microbiológica das cervejas produzidas;
- Realizar análise sensorial das cervejas produzidas;
- Realizar a análise estatística dos dados coletados.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1. História da cerveja

A riqueza da trajetória da cerveja se confunde com a própria história da humanidade. A citação dos principais fatos e personagens ao longo de milênios de existência nos ajuda a visualizar os acontecimentos importantes do mundo cervejeiro. Estima-se que o homem começou a utilizar bebidas fermentadas há 30 mil anos, sendo que a produção de cerveja deve ter se iniciado por volta de 8.000 a.C. (AQUARONE, 2001).

Registra-se em 9.000 a.C. os primórdios da agricultura, primeiros campos de cultura de cereal, na Ásia. Em 7.000 a.C., caçadores-coletores nômades da Mesopotâmia (atual Iraque) cultivavam e colhiam uma espécie primitiva de cereal, que pode ter sido usada para fazer um tipo preliminar de cerveja. Nesta época, fragmentos de cerâmica foram descobertos em um vilarejo neolítico no sítio de Jiahu, na China, contendo vestígios de ingredientes encontrados em bebidas alcoólicas. Em 4.300 a.C., Tábuas de argila babilônicas apresentam detalhes da receita de uma bebida alcoólica feita com cereais. Há registros de fabricação de cerveja em Tebas, em 3.400 a.C., e na China, cerveja de painço (tsiou), em 2000 a.C. (MORADO, 2009; HUGHES, 2014).

No ano de 1040, a primeira cervejaria comercial foi fundada, na abadia de Weißenstephan, na Baviera, onde a produção de cerveja se torna um empreendimento comercial criado pelos monges. Por toda a Europa, ao longo da Idade Média, a cerveja passa a ser uma das bebidas mais populares. Por ser fervida antes da fermentação, é fonte segura de hidratação numa época em que a água disponível não era confiável. Além disso, seu teor calórico a torna um importante composto de nutrição. Entre os séculos XI e XII, o cultivo comercial do lúpulo se inicia no norte da Alemanha, onde a atividade cervejeira se estabeleceu, inclusive com a exportação de cerveja lupulada. Áustria e Inglaterra seguiram a tendência comercial logo depois. Aos poucos, principalmente entre os séculos XIII e XVI, as regulamentações e estatutos foram surgindo para regular a profissão de cervejeiro e a produção de cerveja. Foi aí, no ano de 1516 que surgiu a Lei de Pureza da Cerveja, ou *Reinheitsgebot*, criada na Baviera, onde determina que cevada, lúpulo e água pura são os únicos ingredientes permitidos na fabricação de cerveja, porém esta lei só se estendeu ao restante da Alemanha no século XX. Em 1642, o coque começa a ser usado para secar o malte, fazendo surgir a “pale ale”, estilo de cerveja bastante difundido até

hoje. Vindo em ascensão, em 1765 começam os primeiros sinais de industrialização da cerveja (AQUARONE, et al., 2001).

O século XIX foi bastante importante para o avanço da produção de cerveja, inclusive no Brasil, pois surgiram as primeiras cervejarias em escala industrial do país. Em termos de processo, o método de secagem por aquecimento indireto dos grãos foi desenvolvido, além de ter sido descoberto o processo de fermentação e terem sido isoladas as primeiras culturas puras de levedura. O século XX, porém, foi turbulento para o mundo cervejeiro. As restrições ao consumo de bebida alcoólica e alguns países e as duas Grandes Guerras afetaram economicamente o ramo de cervejarias. Contudo, o pós-guerra trouxe um clima de renascimento em todo o mundo. Muitas cervejarias europeias ressurgiram e uma onda de novas cervejarias começou a se formar nos Estados Unidos. Surgiram movimentos de incentivo à produção de cervejas artesanais, como o CAMRA (*Campaign for Real Ale*) na Inglaterra, acarretando o surgimento de milhares de micro e pequenas fábricas de cerveja (MORADO, 2009).

O final do século XX e início do século XXI representaram um momento de transição na estrutura produtora e consumidora. Por um lado, as fusões de cervejarias levaram a uma concentração cada vez maior do mercado nas mãos de poucas empresas. Por outro, a proliferação de pequenas indústrias e o crescimento da produção caseira aliviaram essa pressão e favoreceram a diversificação e a experimentação. O consumidor se mostra cada vez mais exigente, buscando produtos ecologicamente corretos e de boa qualidade, e atento a novidades e sofisticação (AQUARONE, 2001).

3.2. A cerveja no Brasil

A cerveja – segundo o artigo 36 do decreto de nº 6.871, de 4 de junho de 2009, que regulamenta a lei nº 8.918, de 14 de julho de 1994 – é a bebida obtida pela fermentação alcoólica do mosto cervejeiro oriundo do malte de cevada e água potável, por ação de levedura, com adição de lúpulo. O mesmo artigo traz que 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. Consideram-se adjuntos cervejeiros a cevada cervejeira e os demais cereais aptos para o consumo humano, malteados ou não-malteados, bem como os amidos e açúcares de origem vegetal. Quando se trata de açúcar vegetal, que é onde se enquadram as frutas, para a

cerveja clara, a quantidade máxima de açúcar empregada deve ser menor ou igual a dez por cento em relação ao seu extrato primitivo.

A cerveja demorou a aportar no Brasil, tendo sido primeiramente trazida pela Companhia das Índias Orientais, no século XVII, junto com os holandeses. O produto sumiu por quase 150 anos com a saída dos holandeses do país em 1654, reaparecendo apenas em 1808 (MORADO, 2009). O hábito de tomar cerveja foi trazido por D. João VI, durante a permanência da família real portuguesa em território brasileiro. A cerveja consumida nesta época era importada de países europeus (AQUARONE, 2001).

Antes de 1850, surgiram pequenas cervejarias no Rio de Janeiro, em São Paulo e no Sul do país, como: Cervejaria Brasileira, Henrique Shoenbourg, Georg Heinrich Ritter, Henrique Leiden, Vogelin & Bager, João Bayer, Gabriel Albrecht Schmalz, Henrique Kremer, Carlos Rey. Logo algumas atingiram escala industrial de produção. A de Henrique Kremer se tornou Imperial Fábrica de Cerveja Nacional em 1876 e, em 1898, passou a se chamar Cervejaria Bohemia (MORADO, 2009).

A partir do anos de 1930, o conceito de marca para indústria cervejeira começou a ser estabelecido, pois, até então, grande parte das iniciativas pioneiras de cervejaria artesanal vinham ao mercado sem nome próprio. Neste momento destacaram-se duas empresas dominantes no mercado nacional, a Cia. Cervejaria Brahma e a Cia. Antarctica Paulista. A Brahma foi fundada em 1888 pelo imigrante suíço Joseph Villiger, no Rio Grande do Sul. No início da década de 1930, esta era uma empresa bem estruturada e voltada para o futuro, alcançando a marca de cerveja mais consumida no país, mantendo franco crescimento até os anos de 1990. A Antarctica, em paralelo, consolidou-se como uma das maiores empresas brasileiras de bebidas, após indefinições nos primeiros anos. Após 1940, quando foi adquirida por vários investidores, a empresa foi fortalecida comercialmente e cresceu no mercado nacional. Após os anos de 1960, a empresa passou a adquirir controle acionário de algumas outras concorrentes, como foi o caso da Bohemia. Com as constantes aquisições, a Antarctica tornou-se um gigante industrial, passando a exportar produtos para a Europa, Ásia e Estados Unidos na década de 1980 (FERRARI, 2008).

Em 1966 e 1967 surgem a Cerpa – Cervejaria Paranaense – e a Skol, respectivamente. Quatro anos depois, é lançada a primeira latinha de cerveja brasileira, feita de folha de flandres: a Skol Pilsen. A partir da década de 1980, impulsionada pelo renascimento da cerveja em todo o

mundo, a cultura cervejeira passa por transformações. Em 1980, surge a Cervejaria Kaiser e, em 1989, a Primo Schincariol (MORADO, 2009).

Em 1999, a Cia. Antarctica Paulista e a Cia. Cervejaria Brahma anunciavam a criação da Companhia de Bebidas das Américas, AMBEV, resultante da fusão entre ambas, então 5ª maior empresa de bebidas do mundo. Esta nova empresa possuía em seu leque de marcas, produtos tão famosos como Brahma, Antarctica, Skol, Bohemia e ainda outras marcas como Kronenbier, Caracu, Carlsberg, Miller, Polar e Serramalte. Aliou-se, mais tarde, a empresas importantes, como a argentina Quilmes, a peruana Embotelladora Rivera e a equatoriana Cerveceria Sur Americana, fato que lhe permitiu ascender com mais facilidade em outros países da América Latina. Poucos anos mais tarde, em 2004, é anunciada a união entre a AMBEV e a Interbrew – empresa de origem belga formada pela junção da Stella Artois com a Piedboeuf – que, após somar aquisições, tornou-se a maior companhia de cervejas do mundo, à frente de gigantes como SABMiller, Anheuser-Busch e Heineken (CERVEJAS DO MUNDO, 2016).

Atualmente, o setor cervejeiro é um dos mais relevantes da economia brasileira, com investimento próximo aos R\$20 bilhões entre 2010 e 2014. Com mais de 2,2 milhões de pessoas empregadas ao longo da cadeia, é um dos maiores empregadores do Brasil. Como possui um importante efeito multiplicador na economia, sua atuação movimenta uma extensa cadeia produtiva que é responsável por 1,6% do PIB e 14% da indústria de transformação nacional. Em 2014, foram produzidos 14 bilhões de litros de cerveja no Brasil, sendo 51,1% destes envasados em vidro retornável, 45,4% em latas e 3,5% em vidro descartável e outros (CERVBRASIL, 2015).

A indústria de cerveja no Brasil possui oligopólio concentrado em quatro gigantes empresas – Ambev, Brasil Kirin, Heineken e Petrópolis. Este fato reflete exatamente como os processos de oligopolização dos mercados tem se consolidado e se intensificado ao longo das últimas décadas, em que há predominância do grande capital perante a concorrência, consumidores, governos e sociedade (AFREBRAS, 2016).

Apesar de 98,6% do mercado serem dominados pelas quatro grandes companhias citadas anteriormente, as microcervejarias artesanais representam 1,4% do mercado e são responsáveis por 17,5% dos empregos gerados em mais de 250 empreendimentos (BRESSIANI, 2015). Na esteira do crescimento das microcervejarias estabelecidas surgem novas empresas. Estas tentam emular o sucesso das empresas mais tradicionais e vislumbram um mercado com crescimento

acelerado. O número de empresas está crescendo, mas a competição não é predatória, resultando no crescimento do setor como um todo. Como reação à concorrência, as grandes cervejarias tem tomado ações em duas direções, a importação de marcas tradicionais e a criação de novas cervejas especiais (BRESSIONI, 2014).

A cultura da cerveja artesanal está crescendo cada vez mais no Brasil, trazendo inovação, ousadia e uma grande variedade de sabores e aromas ao paladar do brasileiro. Além das microcervejarias, cresce também o número dos amantes da cerveja que se aventuram em produzir sua bebida em casa, na companhia de alguns livros e alguns amigos. Esta é a base da cultura cervejeira, onde a troca de informações, a vontade de fazer diferente e os resultados (nem sempre tão certos) se debruçam sobre o ânimo de expandir cada vez mais cultura e conhecimento nesta área.

Segundo Hampson (2015), um dos ideais da revolução da cerveja artesanal no mundo sempre foi a disposição para compartilhar conhecimento e entusiasmo. Inicialmente a colaboração não ultrapassava tantas fronteiras, sendo apenas entre cervejeiros de uma mesma região, mas logo se tornou comum, por exemplo, que alguns produtores europeus desenvolvessem cervejas em parceria com americanos. A troca de experiências hoje é internacional, onde produtores artesanais viajam continentes para conhecer cervejarias, em busca de novas experiências e dissipando descobertas.

3.3. Cerveja artesanal

Cerveja artesanal é toda cerveja produzida por uma cervejaria pequena e independente com ingredientes de qualidade e métodos tradicionais. Os cervejeiros artesanais são detalhistas e produzem cervejas tidas como muito superiores às similares fabricadas em grande escala. Embora não contem com os recursos dos líderes do mercado, são mais livres para produzir pequenos lotes de cervejas sem substâncias químicas e carbonatadas naturalmente – algo que as empresas maiores não consideram comercialmente viável (HUGHES, 2014).

O que torna uma cervejaria pequena é ter uma produção anual de até 6 milhões de barris (aproximadamente 7,1 hectolitros). Este valor corresponde a aproximadamente 3% das vendas anuais nos EUA, por exemplo. Já o termo “independente” quer dizer que 25% – no máximo – da cervejaria é propriedade de, ou controlada por, um membro da indústria de bebidas alcoólicas que não se caracterize também como cerveja artesanal. O que torna uma cervejaria “tradicional” é o

fato de ter cervejas com a maioria ou totalidade do seu teor alcoólico derivado da fermentação de ingredientes tradicionais (cevada, trigo, centeio, aveia) ou inovadores (frutas, ervas e especiarias). O produto final de uma microcervejaria artesanal é resultado da visão dos mestres cervejeiros e cervejeiras, que definem seu perfil sensorial através de uma receita cuidadosamente elaborada e controlam o processo do começo ao fim, alterando e adaptando o que for necessário. Este compromisso com o perfil sensorial define a diferença de uma cerveja artesanal para uma cerveja “comercial” (PARANHOS, 2014).

A cerveja artesanal, juntamente com a alta qualidade, é levada ao consumidor com preços mais elevados. O primeiro ponto que contribui para que isto aconteça é o custo de importação de insumos. Maltes, lúpulos e leveduras são matérias-primas que raramente são produzidas no Brasil, logo precisam ser trazidas de outros países, normalmente Estados Unidos e países europeus, o que inviabiliza e muitas vezes até impossibilita as produções de um pequenos produtores.

Além disso, para que uma microcervejaria artesanal possa comercializar seus produtos, uma série de impostos são incorporados ao valor fornecido ao consumidor. Entre eles: PIS, Cofins, IPI, ICSM, ICSM-ST (PARANHOS, 2014).

3.4. Matérias-primas

Pela Lei de Pureza Alemã, as cervejas deveriam conter apenas malte de cevada, lúpulo, água e levedura. Porém, devido à versatilidade desta bebida, variações inúmeras são conhecidas hoje em dia quanto aos ingredientes utilizados, a proporção entre eles, o grau de maltagem do cereal, o tipo de lúpulo, o tipo de fermentação, a temperatura e a duração das etapas do processo e as formas de armazenamento e envase (MORADO, 2009).

Sendo assim, explica-se a enorme diversidade de estilos, cores, aromas, sabores, *drinkability*, sensações das cervejas existentes no mercado e fora dele, com as fabricações caseiras. E com a possibilidade de produzir cerveja com ervas, flores, frutas e especiarias típicas de cada região, infinitas novas cervejas ainda poderão surgir ao paladar de quem aprecia.

3.4.1. Malte

São grãos de cereal que foram deixados para germinar durante a maltagem. Esse processo cria enzimas que convertem os amidos dos grãos em açúcares fermentáveis. A cevada é o cereal

mais utilizado na produção de malte para cerveja; o trigo e o centeio maltados também são bastante difundidos para esta produção (HUGHES, 2014).

Segundo Morado (2009), nem todo cereal, porém, serve para a produção de cerveja. Ele deve ter algumas qualidades específicas, como: conteúdo de proteína, taxa de gordura, rendimento da extração e a capacidade de germinação. Somente os grãos mais nobres se destinam à cerveja. As características que fazem da cevada mais adequada para a produção de cerveja do que outros cereais são:

- Possui alto teor de amido, o que a torna atrativa em termos de custo;
- Quando maltada, possui um teor elevado de enzimas (proteínas específicas) que ajudam no processo de fabricação do mosto, principalmente na quebra do amido em açúcares;
- Contém outras proteínas que proporcionam equilíbrio nos efeitos em relação à espuma, ao corpo e a sua estabilidade coloidal (fator fundamental para a manutenção das características da bebida por mais tempo);
- Possui teor de lipídios relativamente baixo, o que é vantajoso para a estabilidade do sabor da bebida;
- É mais barata e mais fácil de maltear que outros cereais.

Para que fique apto a ser usado na fabricação de cerveja, o grão de cevada deve passar por um processo chamado de maltagem, no qual a umidade estimula o processo de germinação natural dentro do grão, quando as radículas crescem o suficiente, o grão é seco com ar quente, para cessar o processo, e então “rolado” para remover as radículas (mais adiante, neste trabalho, a maltagem será explicada mais detalhadamente). A cevada maltada traz consigo uma imensa responsabilidade para com a cerveja, sendo responsável pela cor da cerveja, pelo doce sabor maltado, pelas dextrinas que dão corpo à cerveja, pela proteína para formar uma boa espuma, e, talvez o mais importante, pelos açúcares naturais necessários à fermentação. A cevada maltada vem em uma variedade de cores, sabores e graus de torrefação que afetam profundamente a cor e o sabor da cerveja (NACHEL, 2013).

Como exemplifica Morado (2009), os tipos de malte podem ser divididos em subcategorias de acordo com a combinação utilizada para germinação e secagem. Os grãos secos a temperaturas mais baixas produzem maltes para uma cerveja dourada como a Pilsner, apresentando um malte com características suave, leve e doce. O malte da clássica cerveja

britânica é resultado da secagem dos grãos em temperaturas um pouco mais elevadas, fornecendo um produto com alguma coloração e sabor seco. Na Europa continental, um processo similar é utilizado para fazer o malte Vienna, levemente avermelhado e doce. O tradicional malte de Munique passa por um processo mais intenso de secagem, trazendo coloração mais escura e sensação aromática de pão fresco. Quando há maior modificação dos grãos na germinação, durante a secagem eles são parcialmente caramelizados ou cristalizados, desenvolvendo um aroma açucarado, com tonalidade vermelha, um pouco amarronzada. De acordo com a temperatura utilizada na secagem, há uma diversificação dos aromas, como ocorre com alguns maltes conhecidos como “biscoito”, “chocolate” e “preto” - este último, quando se chega a ponto de torrefação.

3.4.2. Lúpulos

Lúpulos são as flores em formato de pinho da planta fêmea de uma trepadeira que chega a medir entre cinco e sete metros de altura, capaz de crescer dezenas de centímetros por noite. Seu nome botânico é *Humulus lupulus* (MORADO, 2009).

As glândulas de *lupulina*, presentes no lúpulo, possuem o tamanho de uma cabeça de alfinete e são substâncias viscosas secretadas quando fervidas. Estas glândulas contêm óleos essenciais, ácidos amargos e resinas, responsáveis por contribuir com amargor (que balanceia a doçura da cevada), acrescentar sabor, fornecer aroma e auxiliar na conservação da cerveja. Os aromas acres inconfundíveis dos lúpulos (descritos algumas vezes como picantes, herbais, florais, cítricos, de ervas e de pinhos) são únicos e, outrora, antes do uso habitual do lúpulo, já foram procurados com o uso de outras substâncias, como ervas amargas e picantes e bagas de zimbro (NACHEL, 2013).

O lúpulo é acrescentado ao processo de produção de cerveja durante a fervura do mosto. Pode, porém, ser acrescentado em intervalos variados durante a fervura para dar características determinadas. Se adicionado no início da fervura, o lúpulo proporciona amargor, equilibra o gosto do álcool e deixa a cerveja mais macia. Quando adicionado próximo ao fim da fervura, confere sabor e aroma. O momento da adição e o tipo de lúpulo utilizado dependem das características que o cervejeiro deseja para a bebida (HUGHES, 2014).

As resinas do lúpulo contêm ácidos alfa e beta essenciais na produção de cerveja. Os ácidos alfa dão sabor amargo e tem propriedades antibacterianas. O grau de ácidos alfa em uma

cepa é medido em porcentagem – quanto mais alto, maior o amargor. Estes ácidos não são solúveis em água, por isso necessita-se da fervura. Sendo assim, quanto maior o tempo de fervura a que estes ácidos são submetidos, maior o amargor final da cerveja. Já os ácidos beta dão aroma à cerveja e não precisam ser fervidos. Estes contêm óleos essenciais altamente voláteis, que são eliminados pelo vapor da fervura. Portanto, adiciona-se nos minutos finais ou após o término da fervura. Alguns optam por adicionar estes ácidos frágeis durante a fermentação, processo conhecido como *dry hopping* (HUGHES, 2014).

O lúpulo pode ser encontrado em três formas na sua comercialização: cones secos, péletes e extrato. Os dois últimos, por serem produtos mais concentrados em ácidos alfa, exigem menos espaço de armazenamento, são mais estáveis (mesmo quando estocados na temperatura ambiente) e são facilmente manipulados (mistura, pesagem e transporte) na indústria cervejeira (AQUARONE, 2001).

3.4.3. Levedura

As leveduras são classificadas como fungos, apresentam-se normalmente sob a forma unicelular e reproduzem-se geralmente por brotamento. Seu crescimento e sua atividade metabólica são mais eficientes do que os dos bolores. Não constituindo um grupo específico de microrganismos, elas pertencem às classes Ascomycetes, Basidiomycetes e Deutoromycetes, distribuídas em 39 gêneros e 350 espécies. Seu uso pelo homem acontece há milênios para produção de cerveja, pão, vinho, queijos e outros tipos de alimentos e bebidas obtidos por fermentação. Atualmente, uma gama de processos fermentativos utilizam a levedura visando a produção dos mais variados tipos de produtos (AQUARONE, 2001).

Até o final do século XIX, não havia compreensão do processo de fermentação, acreditando-se, inclusive, ser um processo mágico – com conotações até mesmo religiosas. Somente a partir de pesquisas realizadas por cientistas como Leeuwenhoek, Louis Pasteur, Lavoisier e Gay Lussac, é que cervejeiros descobriram que a fermentação alcoólica ocorre por um fenômeno provocado pela levedura, uma massa de células vivas, na ausência de oxigênio. O conhecimento deste processo natural proporcionou um maior controle por quem o utilizava, trazendo um grande avanço na história da cerveja. Cada fábrica passou a criar suas próprias colônias de leveduras e combiná-las para produzir tipos de cerveja com sabores e aromas únicos (MORADO, 2009).

As leveduras cervejeiras, tradicionalmente usadas na produção de cervejas *ale* e *larger*, são cepas de *Saccharomyces cerevisiae*, podendo apresentar um diversificado grupo de microrganismos. As leveduras *larger*, para efeitos histórico e prático, são chamadas de *Saccharomyces carlsbergensis* ou *uvarum*, sendo um híbrido de *Saccharomyces cerevisiae* com outras leveduras (WALKER, 2000; CASAREGOLA, 2001).

A definição do estilo da cerveja é importante para que aconteça a seleção da melhor levedura a ser utilizada, visto que esta também produz diversos subprodutos que influenciam no aroma e no sabor da cerveja, os mais comuns são ésteres, álcoois fúseis e diacetil. Os ésteres dão importantes características ao sabor – sobretudo de frutas. A quantidade varia em muitos tipos de cervejas, principalmente em ales e belgas. A temperatura de fermentação define a quantidade de ésteres liberados pela levedura – quanto mais alta a temperatura, mais ésteres. Já os álcoois fúseis agrupam diversos compostos alcoólicos e conferem notas picantes à bebida. O gosto, porém, não deve ser muito pronunciado, pois isto representa uma falha. Assim como ocorre com os álcoois fúseis, o excesso de diacetil também representa um problema, principalmente nas lagers. Normalmente o diacetil é “eliminado” pela levedura no fim da fermentação, ou seja, sua presença muitas vezes é sinal de fermentação incompleta (HUGHES, 2014).

Os dois principais tipos de levedura são: levedura *ale*, uma variedade de alta fermentação, que trabalha melhor em temperaturas quentes (15 a 24°C) e sobe à superfície do fermentador durante o processo; e levedura *lager*, uma variedade de baixa fermentação, que trabalha melhor em temperaturas mais frias (3 a 11°C) e depositam-se no fundo do fermentador. Devido a esta diferença de temperatura, mudanças nas características de aroma e sabor são provocadas por cada tipo de levedura, criando os diferentes tipos de cerveja conhecidos (NACHEL, 2013).

Não é simples relacionar as propriedades que uma levedura deve apresentar para a fermentação da cerveja, já que o processo utilizado influencia diretamente nestas propriedades. Primeiramente, para que se realize a seleção da levedura cervejeira, deve-se ter em mente que ela deve produzir sabor e aroma agradáveis, juntamente com as outras matérias-primas e um processamento adequado. Precisa-se também que a levedura cresça adequadamente. Geralmente, o fermento aumenta de 3 a 5 vezes sua massa durante a fermentação. Um crescimento inferior a este causa problemas operacionais no processo fermentativo, enquanto que um crescimento superior indica que o carboidrato do mosto, que deveria ser transformado em álcool, está sendo usado na produção de biomassa. Outro fator que deve ser considerado para a escolha da levedura

é a habilidade desta de flocular ou não, e se os flocos formados sobem ao topo ou decantam na base do fermentador, determinando o tipo de fermentação, a forma de separação do fermento, o tipo de cerveja a ser obtida, etc. (AQUARONE, 2001).

3.4.4. Água

A água é um ingrediente essencial para a produção de cerveja. Mesmo as cervejas mais fortes possuem mais de 90% de água, tornando claro que alta qualidade e boas características químicas da água fazem diferença para a qualidade final do produto.

Enquanto as técnicas de bioquímica não eram desenvolvidas, ou seja, até o século XIX, ter uma fonte de água de qualidade foi fundamental para produtores de cerveja. Essa é uma das razões para que cidades com suprimento farto de boa água tenham se tornado centros cervejeiros – Pilsen e Munique, na Europa, Burton e Tadcaster na Inglaterra. Com o tempo, criou-se o mito de que uma boa cerveja era melhor ou mais saborosa devido à sua boa fonte de água (MORADO, 2009).

Os íons importantes da água são cálcio, magnésio, bicarbonato, sódio, cloro e sulfato. Com a análise química realizada, pode-se adicionar sulfato de cálcio (gipsita), sulfato de magnésio ou sódio para alterar as concentrações conforme necessidade – a fim de ajustar o pH determinado para uma receita específica (HUGHES, 2014).

Água com elevado teor de sulfato de cálcio (dureza permanente) está associada com cervejas amargas do tipo Burton-on-Trent. Menor teor de sulfato de cálcio e maior de carbonato de cálcio (dureza temporária) resulta em água apropriada para fabricação de cervejas mais escuras e adocicadas como as do tipo Dublin, München e London. Água rica em íons cloreto, sulfato e bicarbonato caracteriza a cerveja Dortmund (AQUARONE, 2001). A água da região de Pilsen, na República Tcheca, é uma das mais moles do mundo, contendo baixíssima concentração de minerais, resultando numa lager excepcionalmente límpida. Em contraste, Dublin, na Irlanda, tem água muito dura, com altos níveis de bicarbonato e cálcio, resultando numa água com alto pH, que é então compensado pela acidez dos maltes altamente torrados, para criar uma stout perfeita (HUGHES, 2014).

Uma boa água cervejeira deve apresentar alguns requisitos básicos. Primeiramente, a água deve ser potável, transparente, incolor, inodora e livre de qualquer sabor estranho. Além disso, deve apresentar, na fonte, alcalinidade máxima de 50 ppm, podendo-se trabalhar com pH na faixa

de 4 e 9. Deve também possuir aproximadamente 50 ppm de cálcio. O teor de cloreto, na forma de NaCl, varia em função da preferência de sabor. Além da água cervejeira, uma cervejaria necessita também de água para limpeza de equipamentos, preparo de solução sanitizante, resfriamento do mosto na fervura, etc. O gasto de água nas cervejarias varia de 4 a 10 vezes o volume de cerveja produzida (AQUARONE, 2001).

3.4.5. Adjuntos

Para que seja caracterizada como cerveja, a bebida precisa apenas de cevada, lúpulo, levedura e água. Porém, em hipótese alguma, estes são os únicos ingredientes utilizados pelo mundo para dar identidade única a uma cerveja. Os adjuntos podem ser grãos adicionais, açúcares naturais, condimentos, ervas, entre outros, e são utilizados para criar sabores diferenciados ou para cortar custos de produção.

Razões econômicas levam grandes empresas a utilizarem adjuntos – cereais não-maltados – na produção da cerveja. Podem ser considerados diluidores de todos os componentes do mosto cervejeiro, exceção feita aos carboidratos. De fato, reduzem o teor de nitrogênio (proteína) solúvel no mosto, diminuindo a ocorrência de infecção láctica na cerveja, melhorando sua estabilidade coloidal e, conseqüentemente, aumentando a vida de prateleira do produto. Normalmente, as cervejas que utilizam adjunto em sua composição são mais leves, saciam menos, apresentam cor mais clara e maior brilho (AQUARONE, 2001).

Ervas, flores, frutas e especiarias podem ser classificadas como adjuntos, e podem ser utilizadas em diversas etapas do processo produtivo, originalmente na fervura substituindo parte do lúpulo ou durante a fermentação, a fim de agregar sabores e aromas específicos. Alguns adjuntos são, tradicionalmente, utilizados com determinados estilos de cerveja, onde já se conhece o resultado que deve ser obtido com o acréscimo.

Alguns exemplos de adjuntos descritos por Hughes (2014) são:

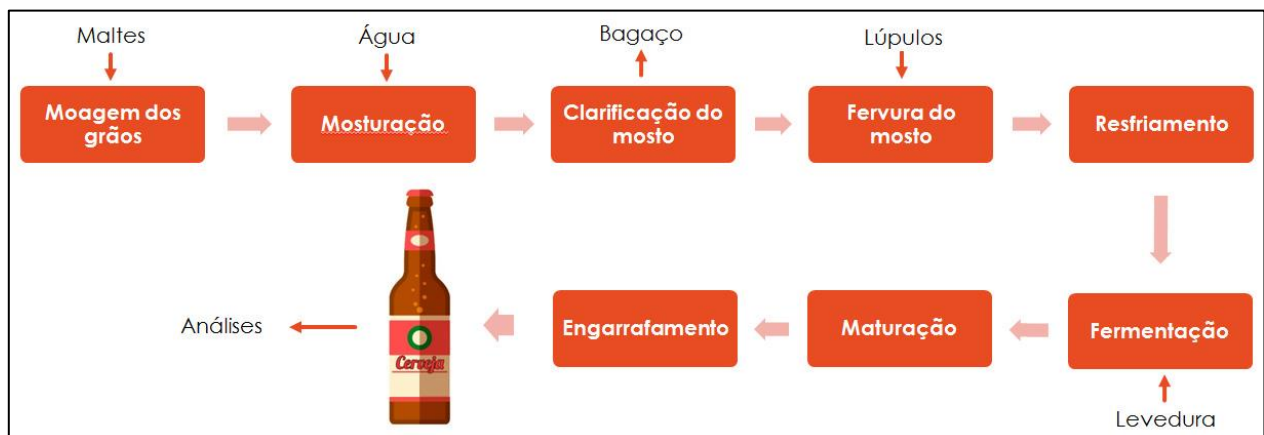
- Casca de laranja: cascas doces são utilizadas em cervejas belgas e especiais para dar um caráter *cointreau*. A casca da laranja-amarga confere sabor agradável a cervejas belgas e de trigo, mas sem amargor, apesar do nome;
- Canela em pau: incrementa o aroma e o sabor. Ideal para ser adicionada em cervejas escuras e encorpadas;

- Anis-estrelado: utilizado em ales tipo belga e em lotes especiais, para um sabor doce e pungente;
- Sementes de coentro: bastante utilizadas juntamente com casca de laranja-amarga em witbiers e dão um sabor bem característico;
- Bagas de cardamomo: usadas em cervejas belgas, combinam com sementes de coentro, cominho e frutas cítricas;
- Pimenta-malagueta: conhecida também como *chilli pepper*, deixa gosto residual seco e um toque queimado. Combina com cervejas mexicanas;
- Flores de sabugueiro: perfeitas para serem utilizadas em *summer ales*;
- Morango: utilizado em cervejas *pale* e *lagers* para um leve sabor adocicado;
- Framboesa: cai bem em cervejas de trigo belgas e amargas e dá um toque doce e frutado;
- Cereja: muito usada em cervejas *kriek* belgas. Equilibra o álcool e o amargor.

3.5. Processo Produtivo Artesanal

A cerveja é uma bebida de alta complexidade, porém, seu processo produtivo é relativamente simples. Inicialmente, a cevada maltada é moída e colocada em infusão; em seguida é filtrada, fervida com lúpulo e novamente filtrada; acrescenta-se levedura e deixa-se fermentar; a levedura é quase toda retirada do líquido; posteriormente é deixada em repouso por um período de maturação e então toda levedura é separada do líquido, que estará pronta para consumo. O fluxograma resumido do processo é apresentado na Figura 1.

Figura 1. Fluxograma básico do processo produtivo da cerveja.



Apesar de ser um processo simples através de uma visão geral, a produção de cerveja requer prática e conhecimento, exigindo do cervejeiro um controle rigoroso de temperatura, tempo, pressão, pH, densidade, etc. durante praticamente todo o processo e entendimento das várias e complexas reações químicas e bioquímicas.

3.5.1. Maltagem

Também chamada de malteação, a maltagem é a primeira etapa da fabricação, acontecendo normalmente ainda fora da cervejaria, embora algumas fábricas possuam seu próprio processo de maltagem. É a etapa em que o cereal é preparado para ter as características desejadas pelo mestre cervejeiro.

Nesta etapa, a cevada em estado natural (ou mesmo o trigo ou o centeio) é convertida em malte. É a preparação do amido dentro do núcleo, o endosperma, para a conversão em açúcar solúvel, maltose, através da estimulação do processo de germinação natural com umidade (NACHEL, 2013).

O processo de maltagem consiste basicamente de uma etapa inicial de umidificação dos grãos de cevada, denominado maceração, seguido de etapa controlada de germinação, onde se ativa o sistema enzimático do grão que irá agir sobre a reserva de amido do mesmo para fornecer carbono e energia para o desenvolvimento do embrião. Após, quando o processo atinge um determinado ponto de germinação, o processo é cessado através de secagem (BOULTON, 2006).

Após a maceração, ocorre a germinação, que tem como principal objetivo produzir enzimas, processo natural do grão, que irão atuar no processo de produção de cerveja. As enzimas são produzidas por ação de hormônios que são distribuídos através da água que penetra no grão. Estes hormônios são constituídos de ácido giberélico ou substâncias similares (KUNZE, 1999).

Posteriormente, o grão é submetido à etapa de secagem, que consiste na passagem de ar quente entre a massa de grãos em diferentes taxas e com aumento de temperatura até que os grãos fiquem secos. Durante este processo, as características do malte se modificam, pois altera-se a cor, aumenta-se o aroma e sabor assim como a quantidade de polifenóis extraíveis (BRIGGS, 1995).

O conjunto de processos que se segue, agora dentro da cervejaria, é chamado de brassagem. Também chamada de fabricação do mosto, a brassagem é uma sequência de

operações que transformam o amido e as proteínas presentes no malte em uma solução de açúcares e outras substâncias, chamada mosto. Os principais processos da brassagem são: moagem dos grãos, mosturação, filtração do mosto, fervura e resfriamento do mosto. Posteriormente, fermentação e maturação.

3.5.2. Moagem dos grãos

Antes de ser colocado no tanque de mosturação, o grão (maltado ou não) precisa ser moído. A intenção nesta etapa não é esfarelar o grão, e sim quebrar a casca da cevada para expor os amidos contidos no seu interior. Quando a moagem é excessiva, ou seja, quando ocorre o esfarelamento, a filtração do mosto é prejudicada, pois ocorre obstrução do filtro ou das malhas, tornando o processo de lavagem do mosto muito lento.

Dois tipos de moagem são as mais comuns: moagem com rolos ou moagem vem com moinhos do tipo martelo. A diferença básica é que com rolos, a casca é preservada, enquanto o moinho tipo martelo reduz o malte praticamente a pó (MORADO, 2009). Existe ainda o moedor de grãos a disco, mais utilizado por cervejarias caseiras, pois a capacidade é de poucos quilos de malte por hora, tornando-se inviável para uma produção grande. Como o moedor de discos é movido a manivela, até mesmo os cervejeiros caseiros preferem o moedor de rolos, pois não desregula quando adaptado a um motor para ser rotacionado eletricamente.

A escolha dos grãos que originarão a cerveja e, conseqüentemente, precisarão ser moídos precisa ser muito bem pensada, a depender do estilo de cerveja que se quer produzir. A quantidade destes grãos determina o teor alcoólico, pois quanto mais grãos, mais açúcar liberado, sendo produzido mais álcool durante a fermentação. A cor e o sabor também são diretamente afetados pelos grãos selecionados. Maltes claros, torrados em baixa temperatura, por exemplo, respondem pelo tom claro das cervejas *lager*. Grãos escuros, bem torrados, dão cor negra aos estilos *stout* e *porter*, entre outros (HAMPSON, 2015).

3.5.3. Mosturação

Depois de selecionados e moídos, os grãos são colocados na panela ou vaso de mostura, onde o cervejeiro os infunde em água quente. Os parâmetros que influenciam a atividade enzimática durante a mostura são: pH, temperatura e tempo.

O valor de pH ideal durante a mostura, tradicionalmente citado na literatura, é de 5,2. Porém, a prática mostra que um pH entre 5,1 e 5,7 funciona bem. Para uma receita com uma quantidade razoável de grãos com baixo poder enzimático, um patamar de pH mais elevado (maior que 5,4) pode ser mais indicado, levando em conta que tanto a alfa quanto a beta amilase tem melhor atuação nesta faixa. Contudo, se o *grist* (composição de grãos da receita) possui em sua grande maioria maltes com grande poder diastático, ou seja, alto teor de conversão do amido contido no grão em maltose, e/ou grãos ricos em proteína (aveia, centeio, trigo, etc.), um pH de 5,2 – 5,3 é mais indicado (BODE, 2011). Cervejeiros caseiros muitas vezes optam por utilizar água mineral, já que os parâmetros físico-químicos são previamente analisados e constam no rótulo, inclusive o pH, que está, para algumas marcas, na faixa ideal.

O valor para a temperatura de mosturação não é padronizado, cada cervejeiro desenvolve e aprimora suas receitas de acordo com o resultado pretendido.

Entre 44 e 45°C acontece a ativação enzimática. Os grãos do amido começam a se solubilizar e as enzimas começam a entrar em solução. Enzimas, como, por exemplo, a betaglucanases e outras celulasas, possuem certa ação nessa faixa de temperatura, o que irá facilitar a solubilização futura do amido.

Entre 50 e 55°C ocorre o repouso proteolítico. É a etapa em que acontece a quebra de algumas proteínas do malte, formando proteínas menores, os peptídios, e mesmo os aminoácidos. É possível regular a espuma e o brilho da cerveja nesta faixa de temperatura. A ação das enzimas proteolíticas pode favorecer um pouco mais a exposição do amido ao ataque de enzimas de sacarificação, já que os grãos de amido inicialmente estão envoltos em uma malha que contém proteínas.

Entre 60 e 72°C ocorrem os repousos de sacarificação. A alfa-amilase e a beta-amilase são as principais enzimas presentes nesta etapa. Regulando a atuação destas enzimas quanto à temperatura e ao modo de ação na estrutura do amido, pode-se determinar o corpo da cerveja.

Entre 76 e 78°C ocorre a inativação enzimática, já que é necessário cessar a atividade da enzima após o seu trabalho para que estabilize-se o resultado desejado, impedindo que continuem a atuar durante a filtração do mosto. As enzimas, nesta faixa de temperatura, modificam-se, perdendo suas características originais e tornando-se inativas.

Durante a mosturação, a quantidade de açúcares fermentáveis e não-fermentáveis é definida, o que define o corpo da cerveja, ou seja, quanto mais açúcares fermentáveis, menor a tendência de uma cerveja apresentar-se encorpada (MORADO, 2009).

3.5.4. Filtração do mosto

A filtração é a etapa em que se separa o bagaço de malte do mosto líquido, que será levado à fervura. Os dois processos mais difundidos para que seja realizada a filtração do mosto são: em filtro de placas, mais utilizado em grandes cervejarias, e em tina de clarificação (ou tina-filtro), utilizado em cervejarias de menor porte, por ser mais versátil.

A filtração do mosto em filtro proporciona excelente rendimento, porém, com menor flexibilidade de produção do que a maioria das tinas de clarificação. Sua estrutura é composta por câmaras verticais formadas por placas intercaladas com telas de material plástico termorresistente, com malhas bastante finas. A filtração em tina de clarificação utiliza um fundo falso, como uma peneira, que serve de sustentação para o verdadeiro elemento filtrante que consiste nas palhas (cascas) do malte (MORADO, 2009).

Cervejarias caseiras utilizam o filtro *bazzoka* como opção de filtração. Este filtro consiste em um cilindro malhado, cuja malha não permite que o bagaço do malte passe à torneira. Uma extremidade do filtro *bazzoka* é fechada e a outra é rosqueada na torneira na parte interna da panela.

A moagem bem feita dos grãos é de suma importância para a filtração. Se os grãos estiverem mais moídos do que deveriam, os farelos provocam obstrução do filtro, seja ele *bazzoka* ou fundo falso, tornando a filtração muito lenta. Além disso, o meio filtrante, leito de grãos, perde a eficácia.

Depois de filtrado, ou seja, depois que o mosto líquido apresentar-se límpido e livre de sólidos, acontece a lavagem do mosto, também conhecida como *sparge*. A função do *sparge* é enxaguar os açúcares da mosturação para que o mosto líquido seja levado à fervura. A água de lavagem deve estar entre 74 e 77°C – um grau a mais e os taninos dos grãos serão dissolvidos, criando sabores ásperos e adstringentes; alguns graus a menos e a drenagem ficará menos fluida, sendo extraídos poucos açúcares (HUGHES, 2014).

Além da temperatura, outro fator deve ser bem controlado durante o *sparge*: a densidade específica (SG). Esta propriedade é medida com auxílio de um refratômetro ou de um densímetro

(lembrar que, como a temperatura estará bem maior que a ambiente, a medição deve ser corrigida para ambos os aparelhos). O chamado *oversparge*, ou seja, final de *sparge*, ocorre quando a densidade específica do mosto líquido que está sendo lavado com água quente reduz até cerca de 1,010, ou quando o pH fica acima de 7. O tempo de *sparge* também deve ser controlado para que aconteça entre 60 e 90 minutos (para uma produção artesanal pequena), obrigando o cervejeiro a controlar tanto a vazão de entrada de água, quando a saída do mosto líquido lavado (MAGNO, 2008).

3.5.5. Fervura

Uma das funções da fervura é a esterilização do mosto, por isso deve ser intensa, eliminando microrganismos que poderiam concorrer com a levedura pelos nutrientes presentes. Além disto, por conta da caramelização e reação com os açúcares e aminoácidos presentes, esta etapa é importante na definição de cor e sabor da cerveja. Alguns aromas indesejados também são eliminados durante a fervura, por isso é necessária uma boa evaporação, evitando que haja condensação que os faça retornar ao mosto (MORADO, 2009).

Durante a fervura acontece a lupulagem, ou seja, adição do lúpulo, ingrediente fundamental na fabricação de cerveja. Como já foi dito anteriormente, a adição de lúpulo no início da fervura confere amargor à cerveja, e no final, aroma. As quantidades, os tempos ideais e os tipos de lúpulo dependem da receita elaborada pelo mestre cervejeiro.

O tempo de fervura, normalmente uma hora ou mais, e a densidade do mosto ao final desta são determinados antes do processo acontecer. Por isto, a densidade do mosto que irá ferver deve ser medida e ajustada para que a concentração do líquido ocorra e a densidade esperada seja atingida.

Para a produção em pequena escala é interessante que alguns equipamentos, como pá cervejeira e *chiller* de resfriamento, que entraram em contato com o mosto após o término da fervura sejam colocados no líquido fervendo nos minutos finais de alta temperatura, sendo, assim, esterilizados.

Ao final da fervura, os lúpulos podem ser removidos por um extrator de lúpulo, de funcionamento parecido com o fundo falso explicado na etapa de mosturação. Outra opção é adicionar, nos minutos finais de fervura, um flocculante, para que o lúpulo em suspensão se aglomere, permitindo a retirada da cerveja pela lateral inferior do tanque. Caso o cervejeiro

prefira não adicionar nenhum produto a mais, existe a opção de realizar o *whirpool*, que consiste em girar o mosto lupulado utilizando a própria pá cervejeira ou um equipamento com pás realizando a rotação. Desta forma, devido a força centrípeta, toda a matéria sólida concentra-se no centro do recipiente, permitindo a retirada também pela lateral inferior do recipiente. Esta parte sólida é chamada de *trub*, que consiste em proteínas contidas no mosto durante a fervura.

3.5.6. Resfriamento do mosto

Em geral, utiliza-se um trocador de calor do tipo placa para resfriar o mosto. Nas produções caseiras, porém, pode-se utilizar um *chiller* de imersão (ou resfriador de imersão), que consiste de um tubo em formato helicoidal de alumínio ou cobre, no qual passa um líquido (geralmente água) a baixas temperaturas, colocado dentro do recipiente de fervura, mantendo este processo até que a temperatura do mosto lupulado atinja a temperatura de fermentação, por volta dos 20°C.

A “ruptura quente” da fervura e a “ruptura fria” do resfriamento facilitam a coagulação das proteínas no mosto, fazendo-as decantar ao fundo do tanque, o que evita que estas proteínas passem para o fermentador. Caso passe muita proteína, a cerveja pronta sofreria a chamada “turbidez a frio” (HUGHES, 2014).

3.5.7. Fermentação

Após os processos de fervura e resfriamento, o mosto é bombeado para o tanque de fermentação, e inocula, ou adiciona, uma porção de leveduras frescas e aeradas. As fábricas de cerveja comerciais utilizam aproximadamente um litro de levedura para cada barril (cerca de 31 galões) de cerveja (NACHEL, 2013).

A fermentação consiste na transformação, pela levedura, de açúcares fermentáveis em dióxido de carbono (CO₂) e etanol. Alguns outros compostos, como subprodutos da levedura, também são formados nesta etapa. Alguns destes compostos possuem aromas agradáveis e outros nem tanto. Sendo assim, deve-se administrar a fermentação de modo a favorecer a produção e a manutenção dos aromas desejáveis e a eliminação dos indesejáveis. Os fatores mais importantes que concorrem para isso são: a temperatura de fermentação, a duração, a contrapressão, a escolha adequada da levedura e a quantidade dela a ser empregada (MORADO, 2009).

Na cervejaria caseira, o CO₂ produzido durante a fermentação é retirado do fermentador. Através da pressão interna gerada pelo próprio dióxido de carbono, por um *airlock*, peça acoplada no topo do fermentador que evita a entrada de bactérias ou outros contaminantes. Este processo pode ser realizado por um tubo acoplado no topo do fermentador, que tem sua extremidade submersa em um recipiente com água esterilizada.

O início da fermentação é o momento em que a concentração de açúcar é mais elevada, sendo os principais açúcares fermentáveis presentes a maltose e a glicose. O oxigênio presente no mosto, que deve ser aerado no início da fermentação, será utilizado pela levedura para sua multiplicação. Aminoácidos e alguns sais minerais também são nutrientes importantes.

Caso seja interessante que a cerveja a ser produzida possua aroma e sabor frutado, pode-se escolher uma levedura que libere uma quantidade ideal de alcoóis superiores e ésteres, responsáveis por estas características.

Outra substância produzida durante a fermentação é o diacetil. Em alta concentração, esta substância revela um aroma que lembra manteiga rançosa, desinteressante para o apreciador de cerveja. Com uma fermentação bem finalizada, o diacetil é reabsorvido pela levedura.

Os aldeídos também são substâncias geradas na fermentação que devem ser eliminadas, pois conferem ao mosto o aroma característico de legumes cozidos. Compostos de enxofre indesejáveis, tais como sulfeto de dimetila e sulfeto de hidrogênio, são arrastados pelo CO₂ durante a fermentação (MORADO, 2009).

No final da fermentação, acontece a floculação da levedura, a qual decanta ou flutua, dependendo do tipo de fermentação e de levedura. Esta levedura, sendo corretamente recolhida e mantida sua qualidade biológica, pode ser reutilizada em fermentações posteriores.

3.5.8. Maturação

Terminada a fermentação, a maior parte da levedura presente é retirada. O líquido, por sua vez, é transferido para outro tanque, o maturador. Alguns tipos de fermentadores (como os cilíndrocônicos) possuem válvulas para a eficaz retirada da levedura, podendo o líquido ser mantido no mesmo recipiente para maturar. As temperaturas de maturação geralmente são menores que as de fermentação, ficando em torno de 0°C.

Na etapa de maturação, reações físico-químicas acontecem, transformando o aspecto visual da cerveja e produzindo alguns aromas e sabores. Muitos consideram esta etapa como o

“afinamento” da cerveja. Receitas conhecidas recebem alguns adjuntos (especiarias, frutas ou lascas de madeira) durante a maturação para conferir características próprias de aroma e sabor à bebida. O risco de contaminação, porém, é bem maior do que quando a adição destas especiarias é realizada durante a fervura (MORADO, 2009).

Como uma pequena parcela de levedura ainda se mantém em suspensão, a escolha certa da levedura também influencia na maturação, principalmente no que se trata do aparecimento de aromas e sabores frutados. Isto frisa que os cuidados com a temperatura devem ser tão rigorosos quanto na fermentação, para que se consiga controlar e inibir características indesejáveis.

O tempo de maturação varia de acordo com o tipo de cerveja e a receita produzida, podendo ir de semanas até meses. A precipitação das leveduras e a formação, a baixa temperatura, de complexos de proteínas e polifenóis, decantados e removidos ao final, auxiliam na clarificação da cerveja.

3.6. Cerveja com fruta

Cervejas com frutas têm sido feitas por centenas de anos, na época antes dos lúpulos, e foram muito famosas por equilibrar sabor azedo às cervejas belgas fermentadas espontaneamente. Durante muito tempo bebidas fermentadas com frutas eram encontradas em poucas áreas geográficas. Entretanto, nos últimos anos elas têm se tornado muito populares em diversos países e produzidas por muitas cervejarias artesanais. (MENTUS, 2010)

O processo de fermentação das cervejas belgas de fermentação espontânea, como as do estilo “Lambic”, acontece através de leveduras e bactérias do ambiente. Isto proporciona aroma e sabor azedos à cerveja. Muitas cervejas deste estilo recebem fruta para que o dulçor e a acidez da fruta harmonize e equilibre o azedo da cerveja. (FONSECA, 2017)

A Fruitbeer, ou cerveja com fruta, é um estilo muito particular de cerveja, um casamento harmonioso de cervejas com frutas, que vai além de cervejas frutadas.

O estilo parte de uma cerveja à qual se acrescenta uma fruta, que lhe confere aroma e sabor, com o propósito de obter uma bebida diferente, talvez superior à cerveja base. A presença da fruta não deve se sobrepor ao estilo original, mas enriquecê-lo. As possibilidades desse arranjo são tão variadas que permitem características diversas ao estilo (MORADO, 2009).

3.7. Acerola (*Malpighia emarginata* DC)

A acerola ou cereja da Antilhas (*Malpighia glabra* L., *Malpighia puniceifolia* L. ou *Malpighia emarginata* DC) é originária da América Tropical e seu principal atrativo é o alto teor de vitamina C, sendo também rica em outros nutrientes como carotenóides, tiamina, riboflavina e niacina (ASSIS et al., 2001).

A frutificação da acerola acontece praticamente o ano inteiro. O seu tamanho assemelha-se com o da cereja, e, em termos de cor, apresenta-se na cor vermelha ou amarela, como mostra a Figura 2, e com interior amarelado e subdividido em três sementes de sabor amargo característico.

Figura 2. Acerola (*Malpighia emarginata* DC).



Fonte: fruitsinfo.com

Por ter um sabor agradável e um reconhecido valor nutricional, principalmente vitamina C, vitamina A, ferro, cálcio e vitaminas do complexo B, a acerola é uma fruta bastante atrativa. A área cultivada no Brasil é estimada em cerca de 10.000 ha, com destaque para a Bahia, Ceará, Paraíba e Pernambuco, que juntos detém 60% da produção nacional (FRAIFE et al., 2016). Na Paraíba, a acerola é considerada uma fruta importante do ponto de vista econômico, possuindo cultivo em diversas regiões do estado (OLIVEIRA e SOARES FILHO, 2014).

No mercado, encontram-se vários produtos alimentícios de acerola, sendo as formas mais comuns de comercialização a acerola *in natura* e polpa congeladas e suco engarrafado. Os prazos de validade desses produtos, de acordo com os fabricantes, variam de 4 a 12 meses (YAMASHITA, 2003).

4. METODOLOGIA

4.1. Caracterização físico-química da acerola

As acerolas utilizadas nos testes foram colhidas maduras diretamente da árvore e congeladas. As frutas eram descongeladas apenas as quantidades necessárias para que fossem realizados os testes.

Para as análises físico-químicas, o caroço foi retirado, utilizando-se o restante da fruta, ou seja, casca e polpa.

4.1.1. Determinação da umidade

Pesou-se 5g da amostra em cadinho previamente tarado e levou-se a estufa a 105°C por 24 horas até peso constante. Pesou-se novamente, a diferença entre a massa da segunda medida e a massa da primeira medida é a massa de água contida na fruta (IAL, 2008).

$$Umidade (\%) = \frac{(peso\ inicial - peso\ final\ da\ amostra)}{peso\ inicial\ da\ amostra} * 100$$

4.1.2. Determinação de pH

Mediu-se eletronicamente utilizando um potenciômetro de eletrodos previamente calibrado com soluções-tampão de pH 4 e 7. Pesou-se 5g da amostra e dilui-se em 50ml de água destilada, homogeneizando em seguida. O eletrodo foi imerso na solução juntamente com um termostato para correção com a temperatura (IAL, 2008).

4.1.3. Determinação de sólidos solúveis totais

Centrifugou-se a amostra e, com o sobrenadante, mediu-se a quantidade de sólidos solúveis totais expressa em °Brix através de um refratômetro digital de bancada (IAL, 2008)

4.1.4. Determinação de acidez total titulável

Realizou-se a preparação e a padronização de hidróxido de sódio 0,1 mol/L com biftalato de potássio segundo Morita e Assumpção (1972).

Titulou-se hidróxido de sódio segundo metodologia descrita pelo Instituto Adolfo Lutz (2004). Pesou-se 2 g da amostra e transferiu-se para um frasco Erlenmeyer de 125mL com o auxílio de 50 mL de água. Adicionou-se de 4 gotas da solução fenolftaleína e titulou-se com solução de hidróxido de sódio 0,1 mol/L.

$$Acidez\ em\ solução\ molar^1\ (\% v/m) = (0,67 * V * f)/P$$

Onde:

V= ml gastos na titulação.

f= fator de correção de NaOH 0,1N.

P= peso da amostra.

1: expresso em ácido málico

4.1.5. Determinação de lipídios

O teor de lipídios foi determinado pela metodologia de Folch et al. (1957), em quintuplicata.

Colocou-se um béquer de 50 ml em estufa a 105°C por uma hora. Retirou-se com uma pinça e colocou-se em dessecador por 15 min. O béquer foi pesado em balança analítica.

Pesou-se 2 g de acerola e colocou-se em um erlenmeyer. Foram adicionados 30 ml de uma solução de clorofórmio-metanol com relação 1:1. A mistura foi filtrada em papel de filtro para uma proveta, medindo-se o volume total. Solução de sulfato de sódio anidro 1,5% foi adicionado à proveta (volume de 20% do volume anteriormente medido). Agitou-se a proveta. A mistura se separou em duas fases, o volume inferior foi anotado e o volume superior descartado.

Foram transferidos 5 ml da fase inferior para o béquer inicialmente pesado e levado à estufa a 90°C por 15 min. Depois disso, o béquer contendo o resíduo de gordura foi retirado e pesado em balança analítica.

O teor de lipídios foi calculado a partir da seguinte equação.

$$\%Lipídios = \frac{volume_{fase\ inf} * (massa_{final} - massa_{inicial})}{5 * M} * 100$$

Onde:

$\text{volume}_{\text{fase inf}}$ = Volume do extrato da fase inferior [ml]

$\text{massa}_{\text{final}}$ = Massa final do béquer com lipídio [g]

$\text{massa}_{\text{inicial}}$ = Massa do béquer seco [g]

M = massa da amostra

4.1.6. Determinação de açúcares redutores e totais

Para determinar a quantidade de açúcares redutores e redutores totais utilizou-se o método de DNS (ácido 3,5-Dinitrosalicílico), adaptado por Vasconcelos (2013) da Embrapa Agroindústria.

O teste foi realizado em quintuplicata e utilizou-se a fruta *in natura*. Pesou-se 0,5 g de acerola e diluiu-se em 50 ml de água destilada. Transferiu-se 1 ml desta diluição para um tubo de ensaio, juntamente com 2 ml de água destilada e 3 ml de DNS. Submeteu-se o tubo a 15 min em banho quente. Com a solução ainda quente, adicionou-se 2 ml de tartarato duplo de sódio e potássio e resfriou-se a solução em banho de gelo.

Com esta solução, realizou-se leitura em espectrofotômetro a 540 nm. Para preparar o branco, no lugar de 1 ml da amostra, colocou-se 1 ml de água.

A partir do gráfico de concentração (g/L) versus absorvância (540 nm) da curva padrão para o DNS, calculou-se a quantidade de glicose por 100 gramas de acerola.

4.2. Produção da cerveja

A partir das análises físico-químicas da acerola e de testes preliminares, determinou-se duas quantidades possíveis para a adição desta fruta em uma cerveja de cor clara, seguindo o artigo 40 do decreto de nº 6.871, de 4 de junho de 2009, que diz: “A cerveja poderá ser adicionada de suco ou extrato de vegetal, ou ambos, que poderão ser substituídos, total ou parcialmente, por óleo essencial, essência natural ou destilado vegetal de sua origem”.

A cerveja base utilizada foi de alta fermentação, estilo Blond Ale, pois é uma cerveja equilibrada, suave, sem sabores fortes, para que se evidencie o sabor e o aroma da acerola. A receita base da cerveja, para produção de 12 L de cerveja por batelada está descrita na Tabela 1.

Tabela 1. Receita da cerveja base.

Receita da cerveja base (12 L)	
Ingrediente	Quantidade
Malte base	2,24 kg
Maltes especiais	0,39 kg
Lúpulo de amargor	3,8 g
Lúpulo de aroma	13,5 g
Levedura seca	6 g
Água mineral	22 L

Fonte: Fernandes, 2017

Os maltes foram moídos em moinho de dois rolos e levados à sacarificação em tanque de alumínio, onde foram submetidos à infusão em 6,9 L de água a uma faixa de temperatura entre 66 e 68°C por 45 min para que as enzimas α e β -amilases e limite-dextrinase pudessem quebrar o amido em açúcares de cadeias menores, tornando-os, desta maneira, fermentáveis. Após esta etapa, a faixa de temperatura foi elevada para de 75 a 78°C, etapa chamada de *mash-out*, cuja função básica é inativar as enzimas antes citadas.

Posteriormente, o mosto foi recirculado para que houvesse a clarificação do mesmo e a compactação da malha filtrante formada pelo bagaço do malte. Feito isto, o próximo passo foi a lavagem, ou seja, 15,1 L de água entre 75 e 78°C foi adicionada ao tanque de mostura de maneira suave para que a camada de grãos não se agitasse ao mesmo tempo que se retirava, por uma torneira na lateral inferior do tanque, o mosto com açúcares residuais do bagaço. A lavagem foi realizada até que se atingisse uma densidade específica mínima de saída de 1,010 g/ml.

A fervura do mosto teve duração de uma hora e dez minutos e ocorreu em tanque de alumínio. Alguns aspectos fazem da fervura uma etapa essencial na produção de cerveja, são elas: esterilização do mosto, definição de cor e sabor, evaporação de aromas indesejáveis, adição de lúpulos de amargor e aromáticos e estabilização do mosto nos aspectos biológico, bioquímico e coloidal.

O lúpulo de amargor foi adicionado no início da fervura. O lúpulo de aroma foi adicionado em partes: 60% após 55 minutos de fervura e 40% após 60 min de fervura. As acerolas inteiras (casca, polpa e semente) foram suavemente trituradas para o rompimento da casca e adicionadas, dentro de um voal, ao mosto nos últimos 5 min de fervura.

A adição da acerola foi o fator que diferenciou as duas cervejas produzidas:

- Cerveja 1: foram adicionados 1000 g de acerola;
- Cerveja 2: foram adicionados 1500 g de acerola.

Após a fervura, o mosto lupulado passou por resfriamento utilizando *chiller* de imersão. Este resfriamento aconteceu de forma rápida, para que ocorresse um choque térmico, até que se atingisse a temperatura inicial de fermentação.

Depois de resfriado, o mosto lupulado recebeu a levedura comercial liofilizada S-04, fabricada pela Fermentis, previamente hidratada, e foi levado à fermentação em fermentador de polietileno, onde passou cinco dias a 20°C e dois dias a 22°C.

4.3. Cinética fermentativa

Foram utilizados dois fermentadores com capacidade de 14 L de mosto. *Airlocks* foram utilizados para que o CO₂ pudesse ser eliminado durante a fermentação sem que o fermentado entrasse em contato com o ar, evitando contaminação e oxidação.

Para efeito comparativo, uma produção em menor proporção, com 3 L, da Cerveja Base foi feita para avaliar o efeito da acerola na cinética fermentativa.

4.3.1. Crescimento celular

Foram coletadas amostras dos mostos em fermentação a cada 6 h, até serem completadas aproximadamente 117 h de fermentação, todas em duplicata. As amostras foram coletadas através de torneiras posicionadas na lateral inferior dos fermentadores com auxílio de um béquer. Utilizando uma pipeta com volume fixo, transferiu-se 2 ml de amostra para tubos com tampa, previamente secos, enumerados e pesados. Os tubos foram centrifugados por 6 minutos a 8000 rpm em centrífuga MiniSpin plus. O sobrenadante foi utilizado para medição da concentração de açúcar em °Brix. A biomassa restante permaneceu por 24 h a 105°C em estufa com circulação e renovação de ar. Posteriormente, pesou-se os tubos com a biomassa seca em balança analítica, obtendo-se a concentração de leveduras através da Equação 1.

$$X \text{ (g/L)} = \frac{m_{eb} - m_e}{V} \quad (1)$$

Onde:

X = Concentração de levedura seca [g/L]

m_{eb} = Massa do tubo com levedura seca [g]

m_e = Massa do tubo [g]

V = Volume de amostra utilizada [L]

A partir dos dados coletados, foram plotados dois gráficos no software Microsoft Excel de crescimento celular, um para cada fermentação.

A Equação 2 traduz a velocidade instantânea de crescimento ou reprodução do microrganismo para um tempo t .

$$r_x = dX/dt \quad (2)$$

Esta velocidade é traduzida pelos valores da inclinação das tangentes à curva de crescimento microbiano plotada no gráfico citado anteriormente para cada fermentação estudada.

A produtividade em biomassa, útil para avaliação do desempenho de um processo fermentativo, foi calculada a partir da Equação 3.

$$P_X = (X_m - X_0)/t_f \quad (3)$$

Onde:

P_X = Produtividade em biomassa [g/L.h]

X_m = Concentração de levedura seca máxima [g/L]

X_0 = Concentração de levedura seca inicial [g/L]

t_f = tempo final da fermentação [h]

Outro parâmetro calculado para cada fermentação foi a velocidade específica máxima de crescimento celular (μ_x), calculada a partir da Equação 4, que, desenvolvendo a integração, chega-se à Equação (5).

$$\mu_x = (1/X)(dX/dt) \quad (4)$$

$$\ln X = \ln X_0 + \mu_x(t - t_i) \quad (5)$$

Plotando-se um gráfico de $\ln X$ versus $(t-t_i)$, obteve-se μ_x através do coeficiente angular.

A partir do valor de μ_x , foi obtido o tempo de geração (t_g), tempo necessário para dobrar o valor da concentração celular, outro parâmetro característico da fase de crescimento celular. Partindo-se da Equação (5), considerando $X = 2X_i$ e $t = t_g$, obtém-se a Equação 7.

$$t_g = 0,693/\mu_x \quad (7)$$

4.3.2. Consumo de substrato

Foram coletadas amostras a cada 6 h até serem completadas aproximadamente 117 h de fermentação. Com estas amostras realizaram-se medições de °Brix, escala numérica de refração utilizada para determinar a quantidade de compostos solúveis na amostra, no caso da cerveja,

açúcares. Utilizou-se o refratômetro analógico RSG-100/ATC para que fossem feitas as medições de °Brix.

As medidas do refratômetro, porém, são distorcidas na presença de etanol. Sendo assim, necessita-se de correção na leitura durante a fermentação. Esta correção foi feita utilizando-se uma planilha fornecida pelo fornecedor do equipamento.

A partir dos dados coletados, foram plotados dois gráficos no software Microsoft Excel de consumo de substrato, um para cada fermentação.

A Equação 8 abaixo traduz a velocidade instantânea de consumo de substrato para um tempo t .

$$r_s = -dS/dt \quad (8)$$

Esta velocidade é traduzida pelos valores da inclinação das tangentes à curva de consumo de substrato plotada no gráfico citado anteriormente para cada fermentação estudada.

As equações utilizadas nos tópicos 4.3.1 e 4.3.2 foram baseadas em Schmidell et al. (2001).

4.3.3. Determinação do pH

Foram coletadas amostras a cada 12 h até que se completassem aproximadamente 117 h de fermentação. Foi utilizado o medidor de pH de bancada MS Tecnozon mPA-210, com correção de temperatura.

4.4. Caracterização físico-química da cerveja

Tendo produzido duas receitas distintas, as quais diferem entre si apenas na quantidade de acerola adicionada, foram feitos em cada receita análise de pH, °Brix e acidez, conforme descritos nos itens 4.1.2, 4.2.3 e 4.1.4, respectivamente. Também foram determinadas as análises de açúcares redutores e totais, teor alcoólico e cor.

4.4.1. Determinação de açúcares redutores e totais

Para determinar a quantidade de açúcares redutores e redutores totais utilizou-se o método de DNS, adaptado por Vasconcelos (2013) da Embrapa Agroindústria.

Para redutores, o teste foi realizado em quintuplicata. Transferiu-se 1 mL de cerveja para balão de 25 ml e aferiu-se com água destilada. Transferiu-se 0,5 mL desta diluição para um tubo de ensaio, juntamente 0,5 ml de DNS. Submeteu-se o tubo a 5 min em banho quente. Após refriamento em banho de gelo até temperatura ambiente, adicionou-se 4 ml de água destilada.

Com esta solução, realizou-se leitura em espectrofotômetro a 540 nm. Para preparar o branco, no lugar de 0,5 ml da amostra, colocou-se 0,5 mL de água.

A partir do gráfico de concentração (g/L) versus absorvância (540 nm) da curva padrão para o DNS, calculou-se a quantidade de glicose por 100 mL de cerveja.

Para determinação de açúcares totais, misturou-se 1 mL da amostra diluída com 1 mL de HCl 2N e submeteu-se a 5 min de banho quente. Após resfriar em banho de gelo até temperatura ambiente, adicionou-se 2 mL de NaOH 2N. Repetiu-se o procedimento adotado para açúcares redutores.

4.4.2. Determinação do teor alcoólico

Obtido através de cromatografia líquida de alta eficiência, *High Performance Liquid Chromatography*, (HPLC), VARIAN, acoplado a um detector de índice de refração (Varian 356 – LC), coluna Hi-Plex H (300 mm x 7,7mm). A uma temperatura de 65°C, a fase móvel utilizada foi água destilada, a um fluxo de 0,6 ml/min, num tempo de análise de 40 min com injeção de 20 µl de amostra. O etanol foi descoberto e quantificado, de acordo com a área deles na curva de calibração.

4.4.3. Determinação da cor

A cor da cerveja foi medida utilizando-se o método 8.5 espectrofotométrico Analytica – EBC (EUROPEAN BREWERY CONVENTION, 2000). A amostra de cerveja foi filtrada em membrana 0,45 µm e, a seguir, foi realizada a leitura da absorvância a 430 nm, utilizando cubeta 10 mm. O cálculo da cor da amostra não diluída foi realizado pela Equação 9.

$$Cor(EBC) = A * f * 25 \quad (9)$$

Onde: A = absorvância a 430 nm em cubetas de 10 mm
f = fator de diluição = 1

4.5. Análise microbiológica da cerveja

Realizou-se o plaqueamento em superfície com 15 a 20 ml do meio de cultura adequado a cada grupo de microrganismo. Sendo assim, utilizou-se o meio BDA (batata-dextrose e ágar) para análise de crescimento de bolores e leveduras e o meio PCA (plate count agar) para análise de crescimento de bactérias mesófilas totais.

Foram analisadas três amostras de cada tipo de cerveja e, para cada amostra, três diluições em água peptonada: 10^{-1} , 10^{-2} e 10^{-3} . Para cada diluição de cada amostra, as placas foram preparadas com a adição de 0,1 ml da amostra diluída e o inóculo foi espalhado por toda a superfície do meio com uma alça de Drigalsy.

As placas para contagem de bolores e leveduras foram incubadas a 25°C por 5 dias. Uma contagem parcial foi realizada no terceiro dia e a contagem final no último dia.

As placas para contagem de bactérias mesófilas totais foram incubadas a 35°C por 48 horas e a contagem realizada no final.

O resultado foi expresso em UFC/mL de acordo com a Equação 10.

$$UFC = n^{\circ} \text{ de colônias} \times \frac{1}{\text{diluição}} \times 10 \text{ (ml)} \quad (10)$$

Esta técnica foi descrita por Silva et al. (2010).

4.6. Análise sensorial da cerveja

O objetivo da análise foi avaliar qual das receitas será mais aceita pelo público consumidor e concluir qual é economicamente mais viável para ser produzida comercialmente. O projeto foi aprovado pelo comitê de ética da Universidade Federal da Paraíba, conforme certidão apresentada no Apêndice 1, também se encontram no referido apêndice o termo de consentimento livre esclarecido (TLCE), bem como as fichas de avaliação.

Participaram da análise 91 provadores de ambos os sexos, com pré-requisito de ser maior de 18 anos.

Aproximadamente 40 mL de amostra foram servidas individualmente na temperatura de consumo de 5°C $\pm$ 1, em copos plásticos resistentes (acrílico) e transparentes, alternadamente com um copo com água mineral e biscoito de água e sal para enxágue e renovação do paladar.

Primeiramente, respondeu-se sexo e idade.

Para a análise de aceitação global, o provador marcava sua percepção para cada cerveja em escala hedônica com as seguintes opções: (1) desgostei muitíssimo, (2) desgostei muito, (3) desgostei regularmente, (4) desgostei ligeiramente, (5) indiferente, (6) gostei ligeiramente, (7) gostei regularmente, (8) gostei muito ou (9) gostei muitíssimo. Os valores de 1 a 5 são considerados insatisfatórios e os valores de 6 a 9 são considerados satisfatórios.

Para a análise de intenção de compra, o provador marcava seu intento para cada cerveja em escala estruturada com as seguintes opções: (1) certamente não compraria, (2) possivelmente não compraria, (3) não sei se compraria, (4) possivelmente compraria ou (5) certamente compraria.

Na análise de hábito de consumo, o provador marca uma das quatro opções a seguir: consome exclusivamente cerveja tradicional, consome exclusivamente cerveja artesanal, consome cervejas tradicional e artesanal ou não consome nenhum tipo de cerveja. O termo “cerveja tradicional” se refere às cervejas mais populares, produzidas por megacervejarias e que, normalmente, possuem um custo mais baixo.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Caracterização físico-química da acerola

Toda a caracterização físico-química da acerola foi realizada de acordo com metodologia explicitada nos subtópicos do tópico 4.1 deste trabalho. As análises foram realizadas em quintuplicata (cinco repetições) e suas médias e desvios-padrão seguem na Tabela 2. As acerolas utilizadas nesta pesquisa foram previamente colhidas (de uma mesma safra) e reservadas em congelador para que toda a análise físico-química fosse realizada com o mesmo lote de frutas que a cerveja posteriormente fosse produzida.

Tabela 2. Valores médios $\pm$ desvios-padrão das características físico-químicas da acerola

Características	Média $\pm$ DP
Umidade [%]	90,5946 $\pm$ 0,1193
pH	3,08 $\pm$ 0,01
Brix [g de açúcares solúveis / 100 g de acerola]	7,0 $\pm$ 0,1
Acidez Total Titulável [%] ¹	0,96 $\pm$ 0,02
Lipídios [%]	0,5171 $\pm$ 0,2799
Açúcares Redutores [g de glicose / 100 g de acerola]	3,82 $\pm$ 0,41
Açúcares Totais [g de açúcares / 100 g de acerola]	4,89 $\pm$ 0,80

1: expresso em ácido málico

Fonte: Fernandes, 2017

Observa-se a partir da Tabela 2 que se obteve boa repetibilidade nas análises de umidade. Todos os testes demonstraram umidade acima de 90%, tendo como média 90,5946% $\pm$ 0,1193. Este resultado é compatível com os autores citados na Tabela 3, já que todos se situam próximos em escala percentual.

Tabela 3. Valores médios de umidade segundo diferentes autores e o obtido neste trabalho

Autores	Umidade [%]	Valor obtido[%]
NOGUEIRA et al. (1991)	89,10 a 92,33	90,5946 $\pm$ 0,1193
SOARES et al. (2001)	89,77 a 89,88	
FIGUEIREDO, et al. (2003)	79,05 a 90,15	
CAETANO et al. (2012)	90,64 a 91,70	
DIAS et al.	89,82	

Fonte: Fernandes, 2017

Obteve-se boa repetibilidade nas análises de pH, com valor médio de $3,08 \pm 0,01$. De acordo com Freitas et al. (2006), o pH da acerola em completo estágio de maturação encontra-se na faixa de 2,58 a 3,91. Dados da literatura referentes ao pH da acerola encontram-se na Tabela 4.

Tabela 4. Valores médios de pH segundo diferentes autores e o obtido neste trabalho

Autores	pH	Valor obtido
MATSUURA et al. (2001)	3,18 a 3,44	$3,08 \pm 0,01$
SOARES et al. (2001)	3,30 a 3,33	
MOURA et al. (2002)	3,31 a 3,91	
NUNES et al. (2002)	2,58 a 3,33	
SANTOS et al. (2002)	2,79 a 3,14	
FRANÇA E NARAIN et al. (2003)	3,18 a 3,53	
MACIEL et al. (2010)	2,90 a 3,50	
URBANO et al. (2011)	3,10 a 3,50	
TEMÓTEO et al. (2012)	3,90	

Fonte: Fernandes, 2017.

Observa-se, de acordo com diferentes autores, que as acerolas analisadas por estes citados, mesmo sendo colhidas em diferentes localidades e épocas, não apresentam valores muito discrepantes de pH. O valor encontrado no presente trabalho é coerente quando comparado com os demais.

A média dos valores de sólidos solúveis encontrados nas análises da acerola foi de $7,0^\circ\text{Brix} \pm 0,1$.

Tabela 5. Valores médios de Brix segundo diferentes autores e o obtido neste trabalho

Autores	Sólidos solúveis [$^\circ\text{Brix}$]	Valor obtido [$^\circ\text{Brix}$]
SOARES et al. (2001)	6,00 a 6,80	$7,0 \pm 0,1$
MATSUURA et al. (2001)	6,8 a 11,6	
MOURA et al. (2002)	5,70 a 10,00	
NUNES et al. (2002)	8,33 a 11,70	
SANTOS et al. (2002)	9,24 a 13,17	
FRANÇA E NARAIN et al. (2003)	5,70 a 6,50	
MACIEL et al. (2010)	6,33 a 11,46	
URBANO et al. (2011)	6,25 a 9,00	
CAETANO et al. (2012)	7,90 a 7,96	

Fonte: Fernandes, 2017.

Como se pode avaliar pela Tabela 5, o valor encontrado de sólidos solúveis ou está dentro do intervalo ou está muito próximo do encontrado pelos autores citados. Segundo Nogueira et al.

(2002), os teores de sólidos solúveis totais são mais elevados nas acerolas maduras, porém são reduzidos pela chuva ou irrigação excessiva, em virtude da diluição do suco celular, e variam também de acordo com o genótipo. Esta série de fatores é relevante para diferença entre os valores encontrados pelos autores comparados com os do presente trabalho. Segundo Alves (1993), os valores de sólidos solúveis totais, para acerolas do Nordeste, podem variar de 5 a 12°Brix, sendo a média de 7,5°Brix.

A média para a acidez total titulável foi de $0,96\% \pm 0,02$ expresso em ácido málico.

Tabela 6. Valores médios de acidez total titulável segundo diferentes autores e o obtido neste trabalho

Autores	Acidez total titulável [%]¹	Valor obtido [%]
FREITAS et al. (2006)	0,53 a 2,27	$0,96 \pm 0,02$
MATSUURA et al. (2001)	0,69 a 1,30	
MACIEL et al. (2010)	0,96 a 1,67	

1: expresso em ácido málico.

Fonte: Fernandes, 2017.

Percebe-se, observando a Tabela 6, que há bastante variação da acidez total titulável nos estudos dos autores citados. Segundo Freitas (2006), esta variação ocorre pois as acerolas em cada estudo foram colhidas em diferentes localidades. O valor encontrado no presente trabalho, de toda forma, está dentro dos intervalos referidos pelos autores.

O valor máximo indicado por Freitas (2006) diverge com os demais pois trata-se de uma fruta que passou por melhoramento genético.

De acordo com Soares (2001), a acidez total apresenta-se sete vezes maior na fruta do que na polpa, o que vem a garantir o seu sabor ácido característico. Este parâmetro sensorial é de interesse também para o produto final ao qual a acerola está sendo destinada neste trabalho, ou seja, a cerveja.

O valor médio encontrado para a quantidade percentual de lipídios na acerola foi de $0,5171\% \pm 0,2799$. Este valor enquadra-se na natureza geral da maioria dos produtos vegetais que, segundo Soares et al. (2001), com exceção das oleaginosas, é classificada como pobre neste nutriente. Este mesmo autor encontra valor de $0,21\% \pm 0,04$ de lipídios em polpa de acerola, enquadrando-se da mesma maneira.

De acordo com Aguiar et al. (2010), a semente concentra a maior parte da carga lipídica da acerola, possuindo $3,92\% \pm 0,02$ de lipídios. Como no presente trabalho a semente foi

descartada para a análise de lipídios, o valor resultou mais baixo do que o proposto por Aguiar et al. (2001).

A análise de açúcares redutores resultou em $3,82 \pm 0,41$ g de glicose/100 g de acerola.

Tabela 7. Valores médios de açúcares redutores segundo diferentes autores e o obtido neste trabalho

Autores	Açúcares redutores [g de glicose/100 g de acerola]	Valor obtido [g de glicose/100 g de acerola]
NOGUEIRA et al. (1991)	2,84 a 3,94	3,82 $\pm$ 0,41
SOARES et al. (2001)	5,27 a 5,64	
CAETANO et al. (2012)	5,08 a 5,44	
DIAS et al. (2017)	3,13	

Fonte: Fernandes, 2017.

Comparando o valor médio encontrado com os valores dos autores presentes na Tabela 7, percebe-se concordância com o intervalo sugerido por Nogueira et al. (1991). Valores mais altos foram encontrados por Soares et al. (2001) e Caetano et al. (2012). Contudo, valores mais baixos foram encontrados por Dias et al (2017).

Conforme Chitarra e Chitarra (2005), de 65 a 85% do teor de sólidos solúveis ($^{\circ}$ Brix) é constituído por açúcares redutores. Lago et al. (2006) citam que a presença desses açúcares é um fator de qualidade na aceitação da fruta *in natura* ou processada, apresentando também importância nutricional.

Desta maneira, conhecendo as características da acerola, percebe-se que esta fruta contribui de alguma maneira nas características da cerveja. O pH apresentou valor dentro do padrão de alimentos muito-ácidos, o que, segundo Pinto (2015), facilita a fermentação da cerveja pela levedura, sendo permitido por legislação.

Através dos valores de sólidos solúveis totais e açúcares redutores, observa-se que a acerola provavelmente contribuirá com o teor alcoólico da cerveja, tendo em vista os açúcares fermentáveis presentes na fruta. Contudo, como a umidade da acerola é bastante alta, o consumo dos açúcares por parte da levedura possivelmente terá peso menor no teor alcoólico do que a diluição ocorrida pela alta umidade, fazendo com que a acerola reduza o teor alcoólico da cerveja. Outra característica da cerveja que poderá ser afetada pela acerola é a cor, visto que, como a casca é vermelha e a polpa é laranja e a cerveja base é clara, possivelmente haverá um escurecimento desta. Além disso, os açúcares presentes na fruta que não são fermentáveis podem

aparecer sensorialmente na cerveja com um dulçor residual. Sendo assim, percebe-se que a acerola pode acrescentar não só características físico-químicas, mas também sensoriais à cerveja.

5.2. Produção da cerveja

A Cerveja 1, ou seja, a que recebeu 1000 g de acerola, teve sua densidade pré-fervura corrigida com água mineral para 1,033 g/mL, valor sugerido pelo software BeerSmith 2 de acordo com os dados do equipamento utilizado, da receita produzida e do resultado esperado. Desta maneira, o volume pré-fervura foi de 19,3 L. A densidade pós-fervura, chamada de OG, foi de 1,051 g/ml e o volume final resultou em 12,3 L. Deste maneira, foi obtida uma eficiência de processo de 75,6%, calculado pelo software, a partir da medição das densidades, fazendo a quantidade de açúcares removida dos grãos pela quantidade teórica gerada.

A Cerveja 2, ou seja, a que recebeu 1500 g de acerola, também teve sua densidade pré-fervura corrigida para 1,033 g/ml, já que se tratava da mesma receita base, obtendo o mesmo volume pré-fervura, 19,3 L. A OG desta, contudo, foi de 1,050 g/ml e o volume final resultou em 13,0 L, obtendo uma eficiência de processo de 80,0%.

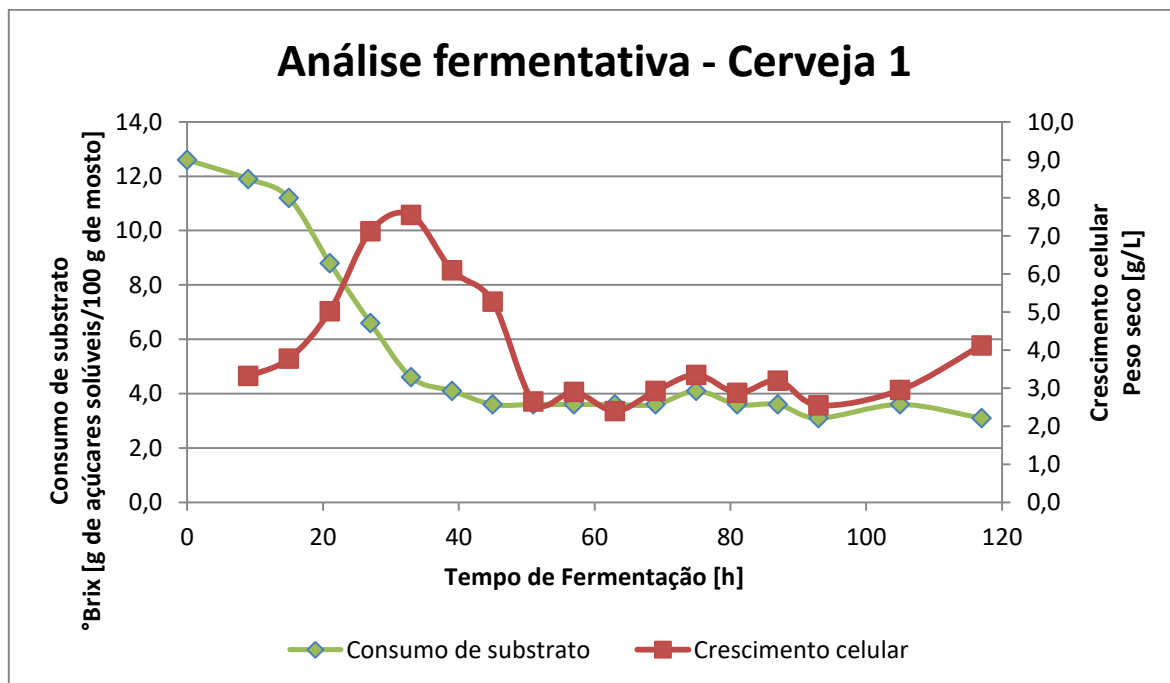
A partir disto, observa-se que, apesar de terem sido produzidas com o mesmo equipamento, houve uma diferença em termos da fervura. A Cerveja 1 foi submetida a uma fervura mais vigorosa do que a Cerveja 2. Isto foi determinado através da análise de dois parâmetros. Primeiramente, constata-se que como a Cerveja 2 recebeu uma quantidade maior da fruta, obteve uma OG menor do que a Cerveja 1. Além disso, o volume final da Cerveja 2 foi maior do que o da Cerveja 1, ou seja, houve menor evaporação durante a fervura.

5.3. Cinética da fermentação

O estudo cinético dos processos fermentativos se baseou nas análises das evoluções de crescimento celular e consumo de substrato em função do tempo, testes estes que foram realizados em duplicata. Analisou-se também o avanço do pH. Foi utilizada nas duas fermentações a levedura cervejeira liofilizada *Saccharomyces cerevisiae* S-04, produzida pela Fermentis.

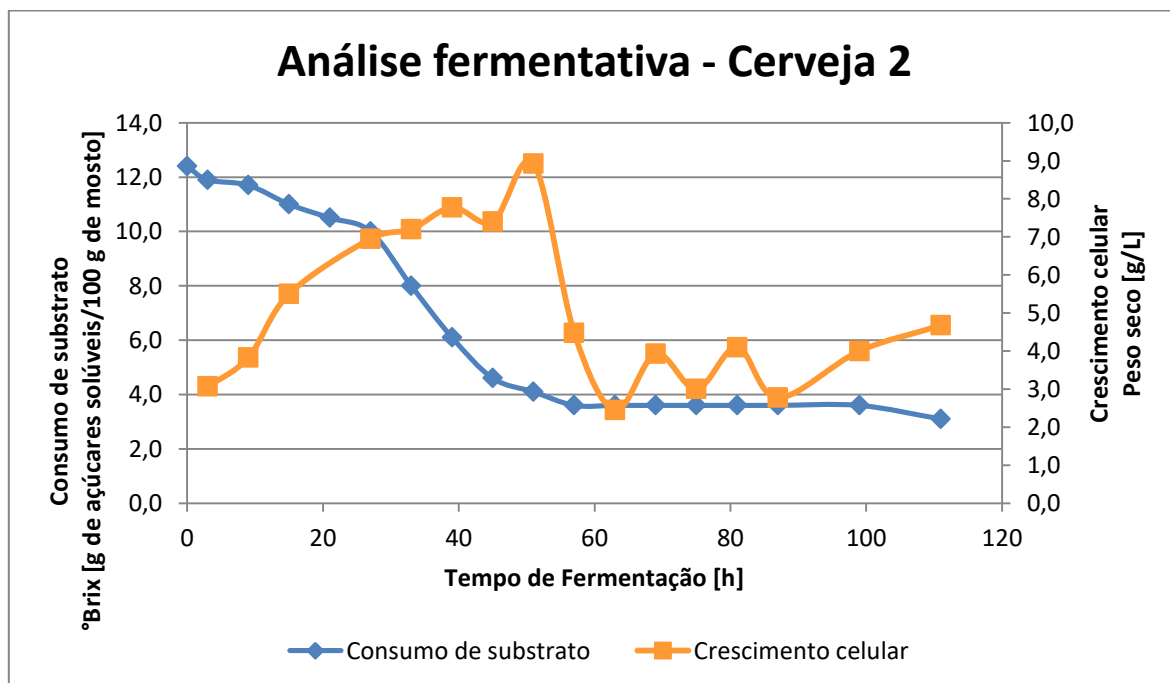
As Figuras 3, 4 e 5 representam o consumo de substrato e o crescimento celular para as Cervejas 1, 2 e base respectivamente.

Figura 3. Curvas de crescimento celular e consumo de substrato para a Cerveja 1.



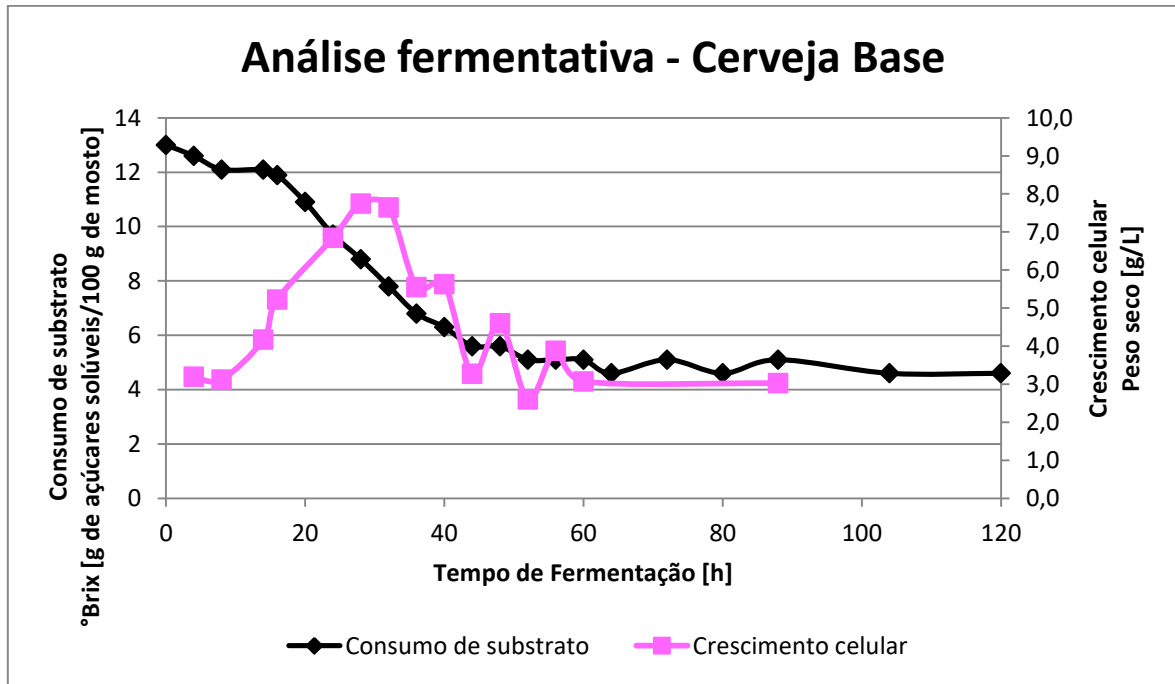
Fonte: Fernandes, 2017.

Figura 4. Curvas de crescimento celular e consumo de substrato para a Cerveja 2.



Fonte: Fernandes, 2017.

Figura 5. Curvas de crescimento celular e consumo de substrato para a Cerveja Base.



Fonte: Fernandes, 2017.

Através das Figuras 3, 4 e 5, observa-se que as curvas diferem entre si em alguns aspectos.

A fase exponencial é quando a população celular aumenta de maneira exponencial devido ao excesso de substrato. Observa-se que a Cerveja base possuiu uma fase logarítmica mais curta, finalizando por volta de 28h. A Cerveja 1 teve sua fase logarítmica estendida até 33h de fermentação. Já a Cerveja 2 possuiu fase logarítmica mais longa, indo até cerca de 50h.

À medida que a população de células aumenta e os ácidos graxos insaturados e esteróis são distribuídos entre a população celular, a taxa de crescimento diminui. Nesta transição, as células começam a assimilar maltose e mudam gradualmente para a fase estacionária à medida que a concentração de açúcar diminui. As células começam a sedimentar enquanto os açúcares restantes são assimilados em taxas lentas (PRIEST & STEWART, 2006).

Traçou-se a tangente dos gráficos na fase crescente das curvas de crescimento celular, ou seja, de 15 a 27h de fermentação para a Cerveja 1, de 3 a 32h de fermentação para a Cerveja 2 e de 8 a 28h para a Cerveja Base. Uma linha de tendência linear para estes pontos representa uma inclinação semelhante à tangencial. Estes gráficos, com a equação da linha de tendência linear estão expostos na Figura 6, 7 e 8 para as Cervejas 1, 2 e Base, respectivamente.

Figura 6. Representação da tangente à curva da fase exponencial do crescimento celular para a Cerveja 1.

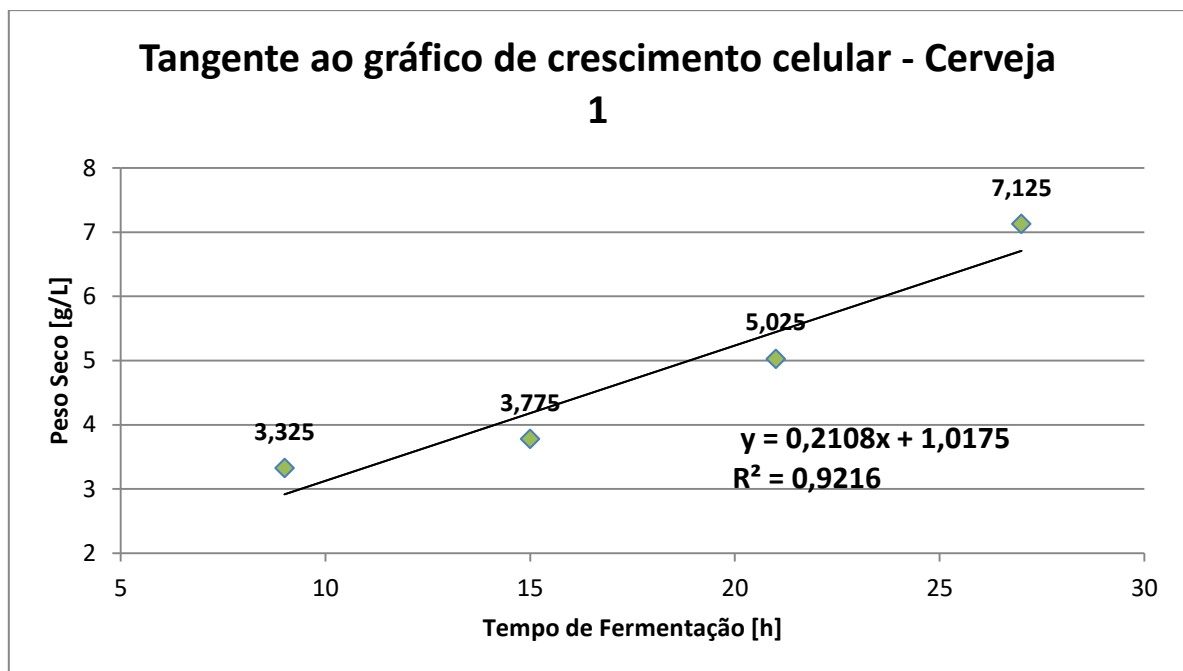


Figura 7. Representação da tangente à curva da fase exponencial do crescimento celular para a Cerveja 2.

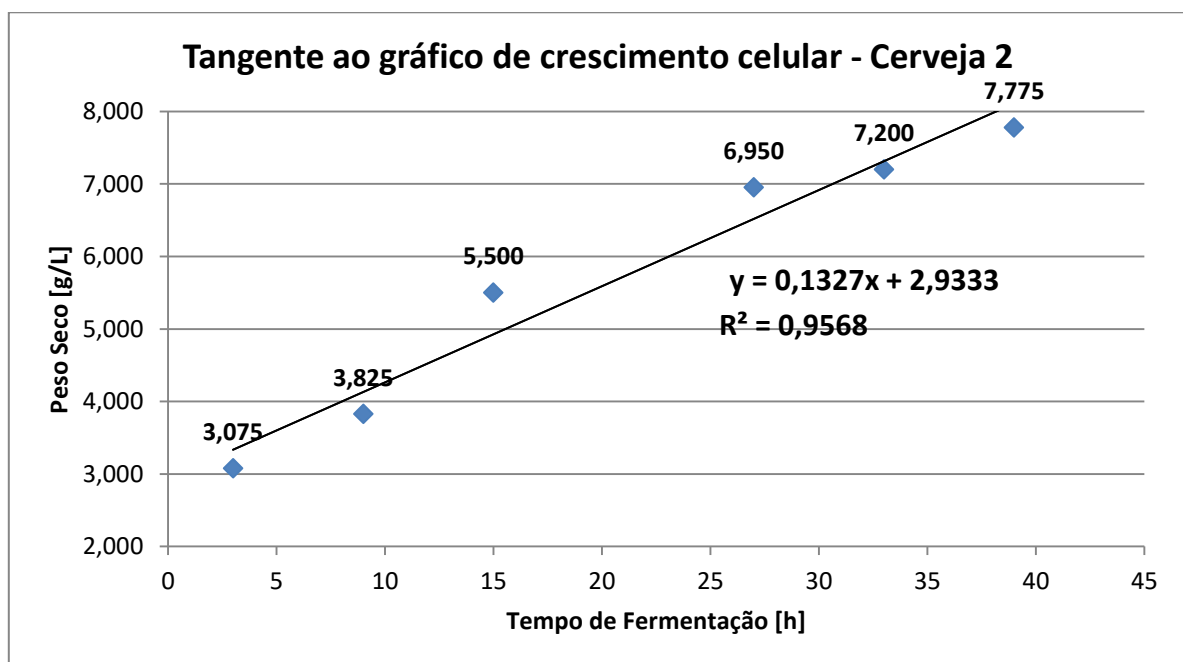
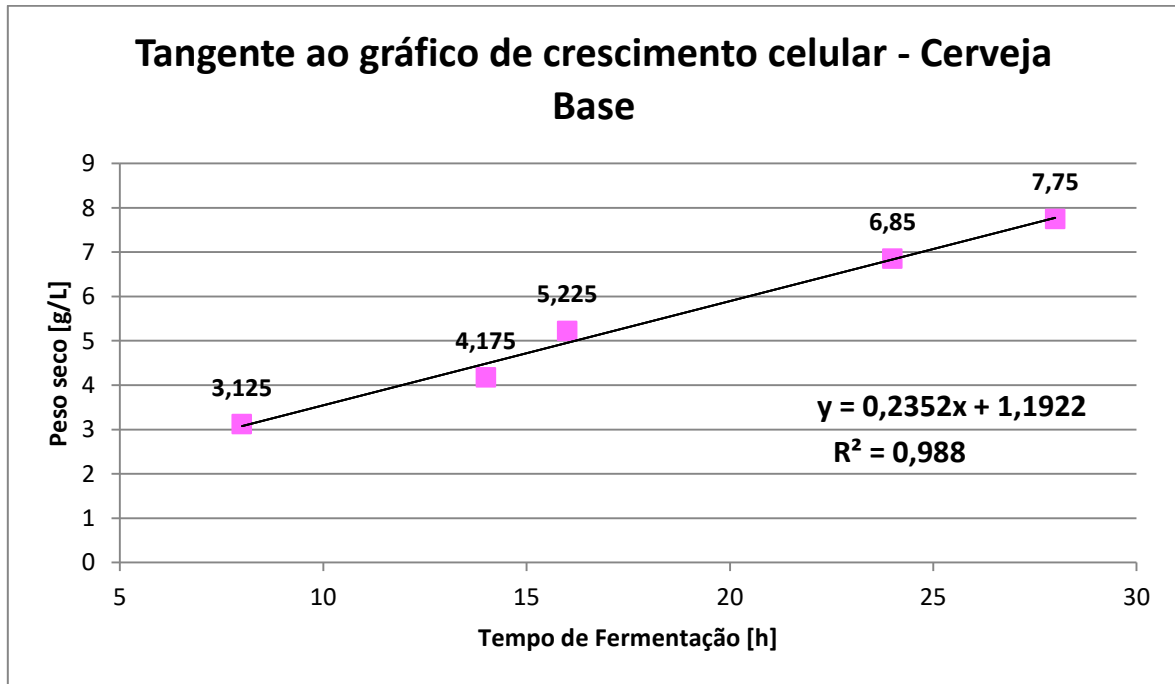


Figura 8. Representação da tangente à curva da fase exponencial do crescimento celular para a Cerveja Base.



A partir dos coeficientes angulares das retas acima, obtém-se as velocidades instantâneas de crescimento celular para fase exponencial de crescimento.

$$r_{X,1} = \frac{dX_1}{dt} = 0,2108 \frac{g}{L \cdot h} \quad r_{X,2} = \frac{dX_2}{dt} = 0,1327 \frac{g}{L \cdot h} \quad r_{X,Base} = \frac{dX_{Base}}{dt} = 0,2352 \frac{g}{L \cdot h}$$

Com os valores máximo e inicial da concentração de levedura e conhecendo os tempos de cada fermentação, calcula-se a produtividade em biomassa.

$$P_{X,1} = 0,0939 \frac{g}{Lh} \quad P_{X,2} = 0,1026 \frac{g}{Lh} \quad P_{X,Base} = 0,0875 \frac{g}{Lh}$$

Sendo assim, constata-se que, mesmo com uma velocidade instantânea de crescimento celular mais alta, a fermentação da Cerveja 1 obteve uma menor produtividade em biomassa do que a da Cerveja 2. Apesar de as cervejas terem sido produzidas de modo diferente, todas apresentaram valores de produtividade em biomassa bem próximos, o que é bom já que a intenção do processo fermentativo é a produção de cerveja e não de células de levedura.

A Cerveja 1 obteve um perfil semelhante à Cerveja Base com relação à velocidade instantânea de crescimento celular e à produtividade. Constata-se que, quanto maior a quantidade de acerola acrescentada, menor é a velocidade instantânea de crescimento e maior é a produtividade em biomassa.

Plotaram-se gráficos de $\ln X$ versus $(t-t_i)$, para cada fermentação, os quais estão expostos nas Figuras 9, 10 e 11. Estes gráficos foram plotados com base na fase exponencial de crescimento celular, ou seja, de 15 a 27h de fermentação para a Cerveja 1, de 9 a 32h de fermentação para a cerveja 2 e 8 a 28h para a Cerveja Base.

Figura 9. Gráfico de versus $\ln(X)$ versus $(t - t_i)$ para a fermentação da Cerveja 1.

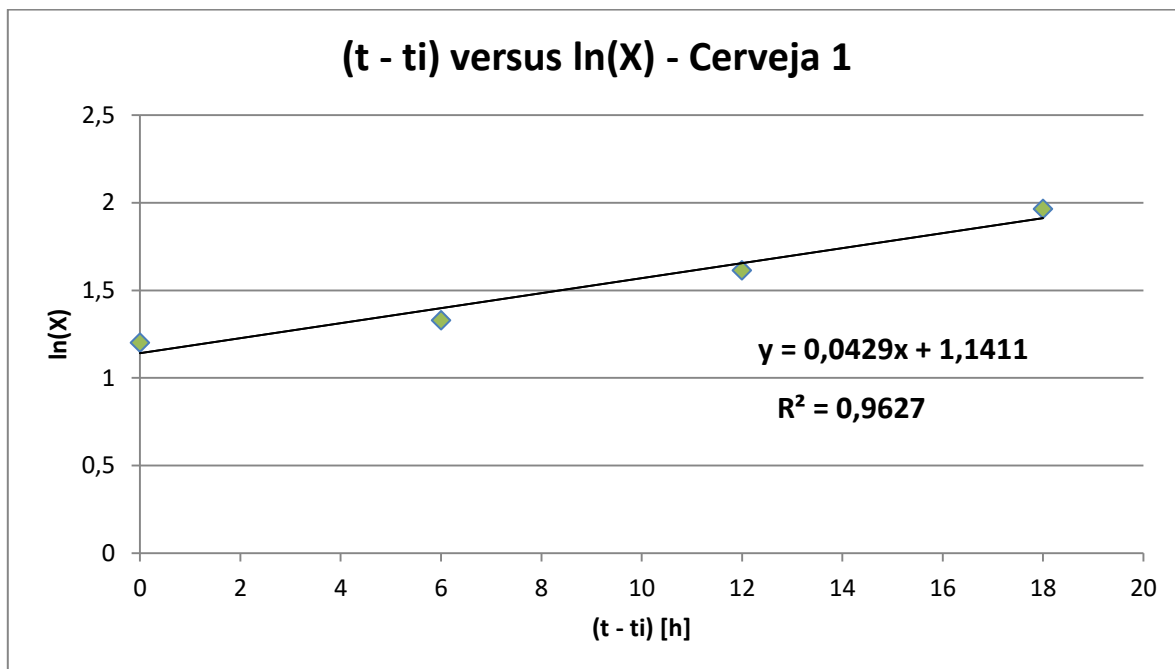


Figura 10. Gráfico de $\ln(X)$ versus $(t - t_i)$ para a fermentação da Cerveja 2.

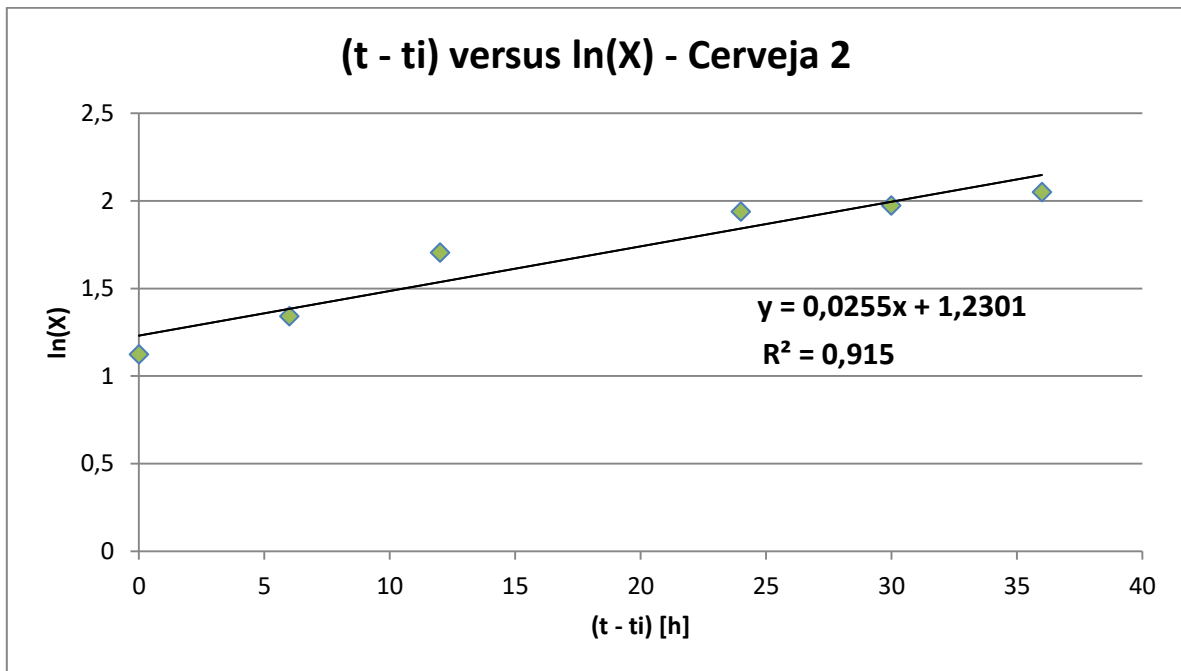
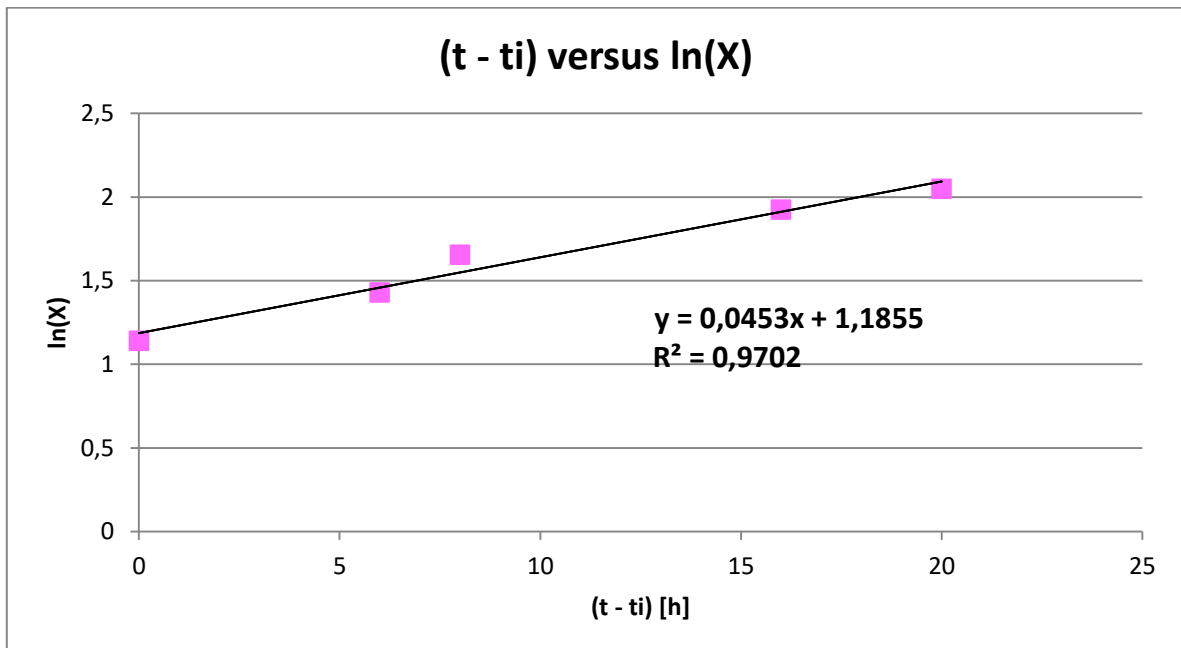


Figura 11. Gráfico de $\ln(X)$ versus $(t - t_i)$ para a fermentação da Cerveja Base.



A partir das equações das retas, define-se os valores das velocidades específicas de crescimento celular a partir do coeficiente angular de cada uma.

$$\mu_{X,1} = 0,0429 \text{ h}^{-1} \quad \mu_{X,2} = 0,0255 \text{ h}^{-1} \quad \mu_{X,Base} = 0,0453 \text{ h}^{-1}$$

Sendo assim,

$$t_{g,1} = 16,1538 \text{ h} \quad t_{g,2} = 27,1765 \text{ h} \quad t_{g,Base} = 15,2980 \text{ h}$$

Isto significa que o crescimento da levedura da Cerveja 1 e da Cerveja Base ocorreram mais rápidos do que o da levedura da Cerveja 2. Apesar disso, a levedura da Cerveja 2 cresce por mais tempo, atingindo valores maiores em concentração de células.

Os gráficos de consumo de substrato, avaliados através das quantidades de sólidos solúveis (°Brix) de cada fermentação estão expostos nas Figuras 3, 4 e 5.

Observa-se que, apesar de conter açúcar, a densidade da acerola é menor do que a do mosto produzido pela cerveja base. Este fato é percebido através dos valores iniciais em °Brix de cada cerveja, já que a cerveja base tem concentração inicial de açúcares maior do que as cervejas com acerola. Da mesma maneira encontraram-se os valores finais em °Brix.

A partir dos gráficos, observa-se que a fermentação da Cerveja 1 atenuou mais rápido, com cerca de 45h, do que a da Cerveja 2, com cerca de 57h, com uma diferença de 12h entre as duas. A Cerveja Base atenuou com cerca de 52h de fermentação.

Os produtos que são formados durante a fermentação, etanol e CO₂, influenciam na densidade do mosto. A densidade do etanol é 0,789 g/L e com a sua produção crescente ao longo da fermentação, a densidade do mosto tende a diminuir. Portanto, o metabolismo das leveduras e sua conversão dos açúcares em etanol tem influência direta sobre a densidade do mosto (SILVA, 2014). Observa-se que as densidades referentes às três cervejas em processo fermentativo estabilizam aproximadamente no tempo em que suas respectivas leveduras entram em fase de declínio (Figuras 3, 4 e 5).

Partindo da observação dos gráficos das Figuras 3, 4 e 5, estipula-se período de avaliação do parâmetro crescimento celular, ou seja, de 15 a 27 h para a fermentação da Cerveja 1, de 27 a 45h para a da Cerveja 2 e de 14 a 44h para a Cerveja Base, plotou-se as tangentes dos gráficos de consumo de substrato para avaliação das velocidades instantâneas de consumo de substrato.

Figura 12. Tangente ao gráfico de consumo de substrato. Cerveja 1.

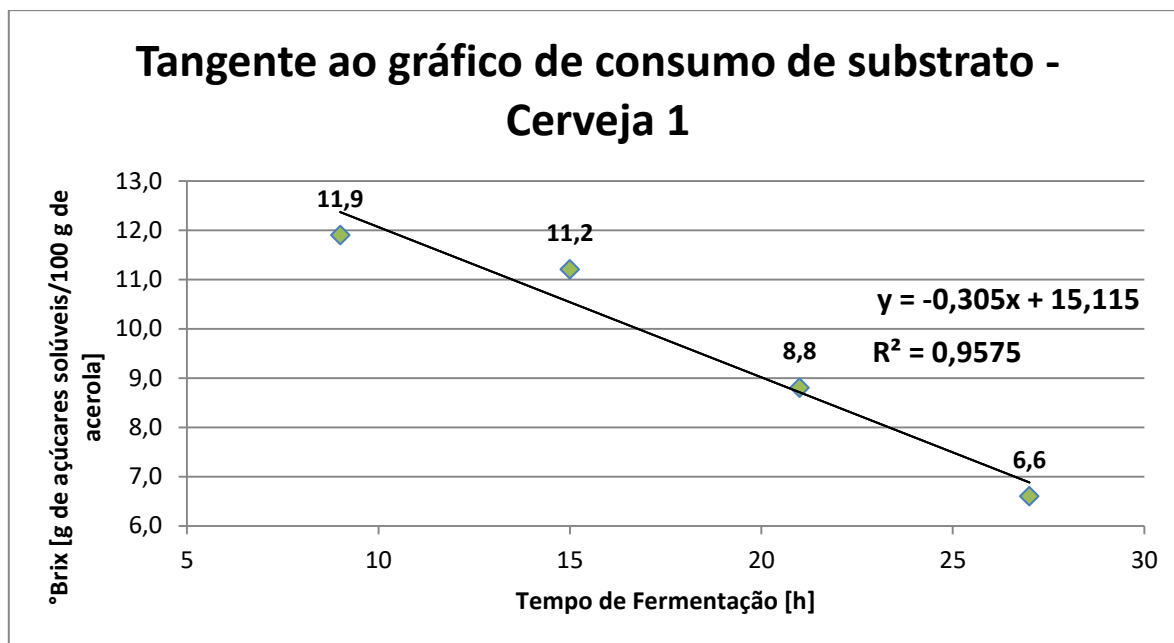


Figura 13. Tangente ao gráfico de consumo de substrato. Cerveja 2.

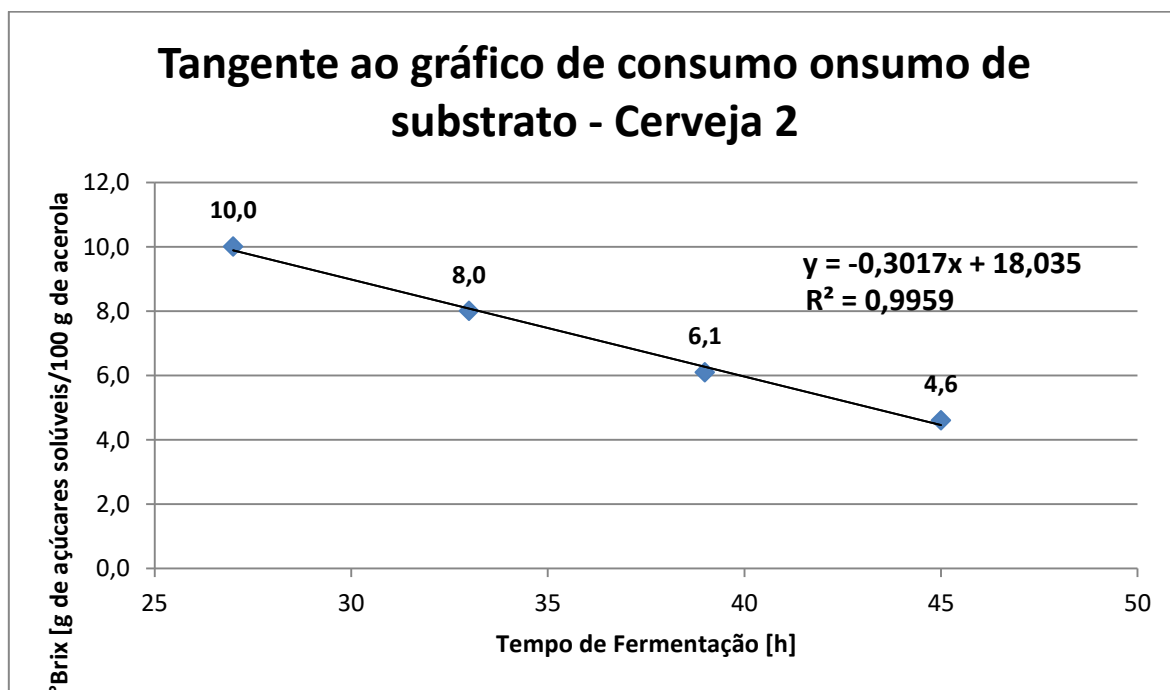
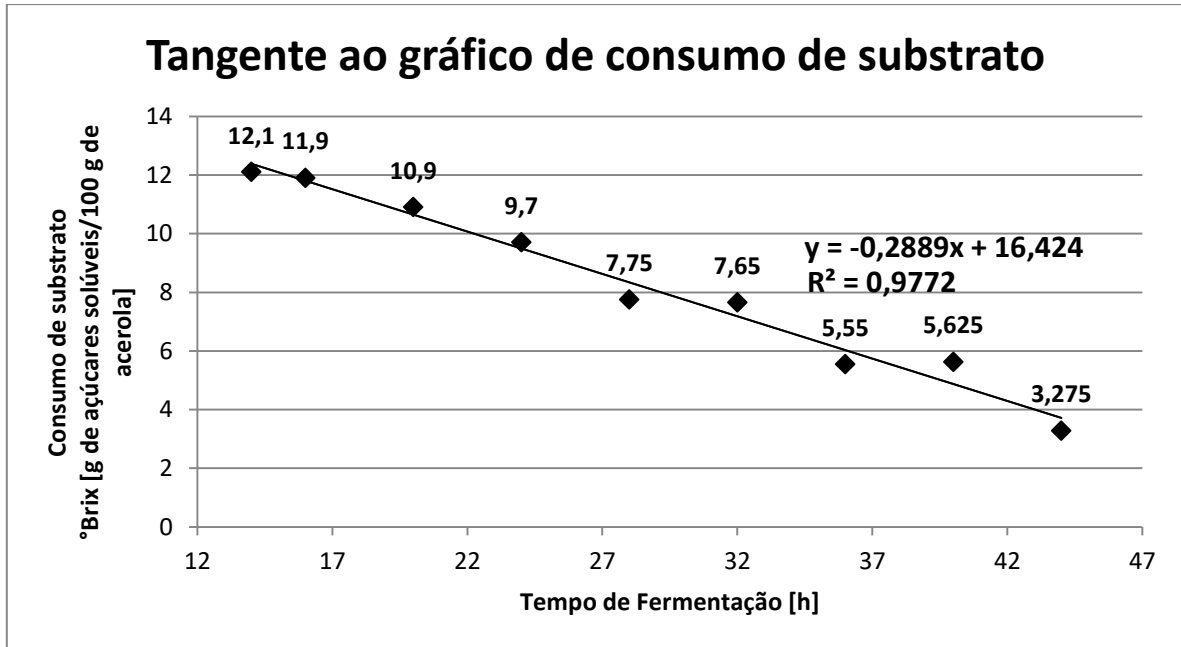


Figura 14. Tangente ao gráfico de consumo de substrato. Cerveja Base.



Sendo assim, a partir dos valores dos coeficientes angulares das retas para cada gráfico, obtiveram-se as velocidades instantâneas de consumo de substrato.

$$r_{s,1} = -dS/dt = 0,3050 \frac{g}{Lh} \quad r_{s,2} = -dS/dt = 0,3017 \frac{g}{Lh} \quad r_{s,Base} = -dS/dt = 0,2889 \frac{g}{Lh}$$

Sendo assim, percebe-se que as três fermentações obtiveram taxas de consumo de substrato semelhantes. O consumo do substrato nas fermentações das Cervejas 1 e 2 finalizaram com valores mínimos de sólidos solúveis iguais, ou seja, 3,1°Brix. Já na Cerveja Base, finalizou em 4,6°Brix. Uma possível explicação para isto é que a adição da acerola aumentou a concentração de açúcares fermentescíveis da cerveja, levando a um maior consumo.

Os resultados das medições de pH das fermentações estudadas estão expostos nas Figuras 15, 16 e 17.

Figura 15. Variação de pH na fermentação da Cerveja 1.

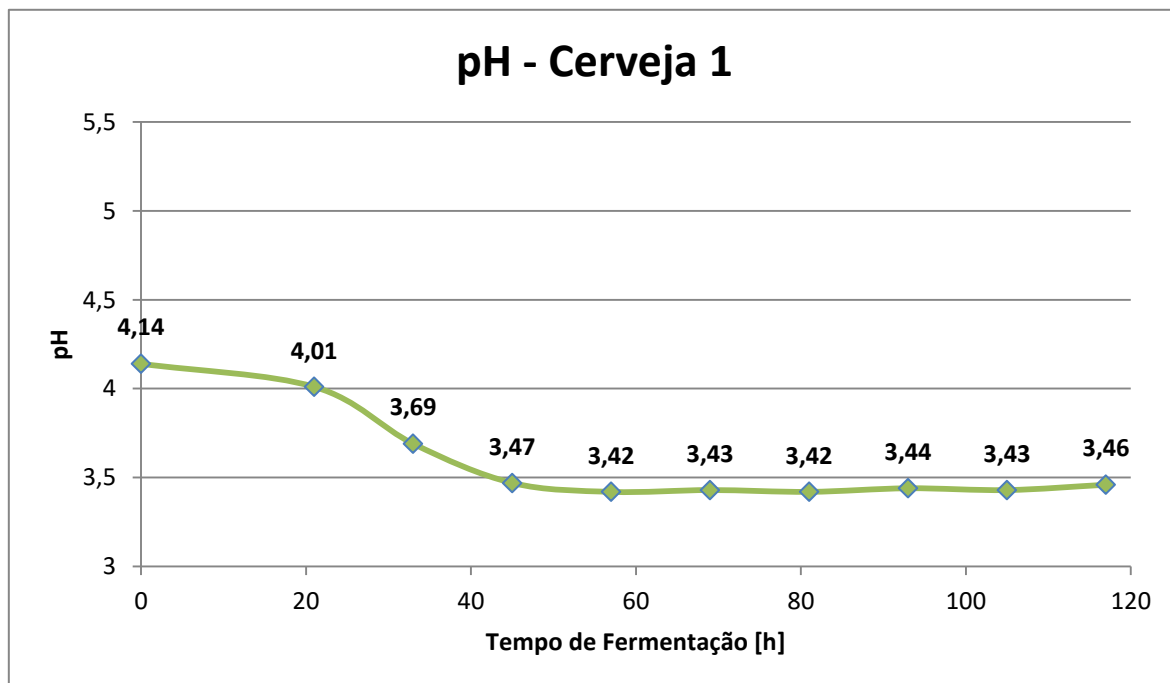


Figura 16. Variação de pH na fermentação da Cerveja 2.

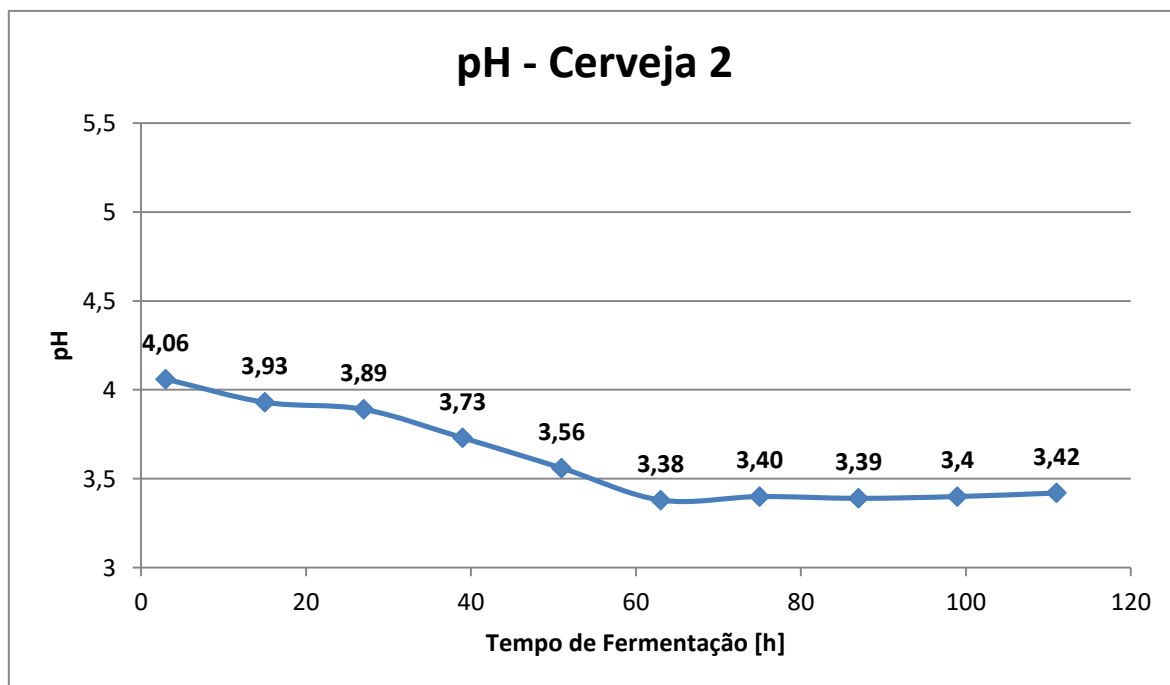
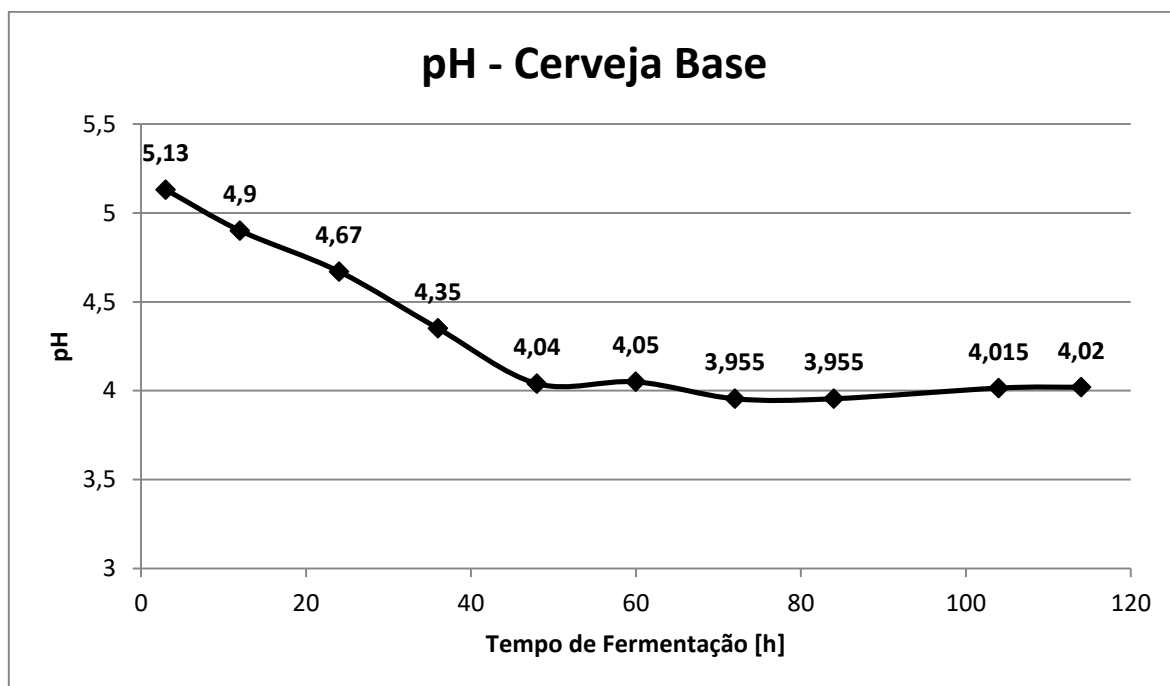


Figura 17. Variação de pH na fermentação da Cerveja Base.



Observa-se que a acerola reduz o pH da cerveja. Ao final da fermentação, o pH da Cerveja Base foi 4,02, já os das Cervejas 1 e 2 foram 3,46 e 3,42, respectivamente.

A partir dos gráficos, percebe-se que a Cerveja 2 teve durante todo o processo fermentativo pH levemente mais baixo do que a Cerveja 1. Isto se deve à maior quantidade de acerola contida na Cerveja 2, já que a acerola possui pH mais baixo do que a cerveja base. Este resultado é coerente com Pinto (2015), que afirma que a adição de acerola promove decréscimo do pH da cerveja. Este valor de pH pode ter influenciado também a velocidade de crescimento celular e consumo de substrato mais lentos na Cerveja 2 que na Cerveja 1.

Segundo Venturini Filho (2000), cervejas produzidas com adjunto ou adição de frutas tendem a ter uma queda de pH. Para Carneiro (2016), o abaixamento do pH pela adição da fruta pode contribuir na conservação da cerveja, pois a chance de contaminação diminui, sem comprometer as características da cerveja.

O pH da Cerveja 1 caiu, durante a fermentação, de 4,14 para 3,46. O da Cerveja 2 foi de 4,06 para 3,42. Segundo Aquarone et al (2001), com o aumento da concentração de CO₂, bem como com a produção de ácidos orgânicos, na fase anaeróbica do metabolismo das leveduras, há a diminuição do pH no processo de obtenção de cerveja. Há ainda a importância da queda do pH

para menos que 4,4, já que algumas bactérias contaminantes que podem estar contidas no mosto em fermentação pertencentes aos gêneros *Enterobacter* e *Citrobacter* morrem nestas condições.

5.4. Análises físico-químicas das cervejas

As cervejas produzidas com diferente quantidade de acerola passaram por sete dias de fermentação. Depois disto, as cervejas passaram por um período de mais sete dias de maturação. O envase foi realizado em garrafas de 300 mL e a carbonatação foi feita por *priming*, ou seja, 6 g de açúcar foram adicionados por litro de cerveja para que a levedura em suspensão no líquido consumisse o açúcar e gerasse o CO₂ necessário para carbonatar as cervejas e em cerca de 10 dias as cervejas estavam carbonatadas. Com as cervejas prontas, foram realizadas as análises físico-químicas e os resultados estão apresentados na Tabela 8.

Tabela 8. Caracterização físico-química das cervejas com acerola expressas em média $\pm$ desvio padrão.

Amostra	pH	Acidez total titulável [g/100mL]	Açúcares redutores [g/100mL]	Açúcares totais [g/100mL]	Cor [EBC]	% ABV [% vol]
Cerveja 1	3,74 $\pm$ 0,03	0,24 $\pm$ 0,01	2,25 $\pm$ 0,18	2,55 $\pm$ 0,17	12,7 $\pm$ 0,14	4,5 $\pm$ 0,2
Cerveja 2	3,73 $\pm$ 0,01	0,27 $\pm$ 0,01	2,15 $\pm$ 0,04	2,41 $\pm$ 0,05	13,0 $\pm$ 0,02	3,6 $\pm$ 0,5

O pH das cervejas foi medido nos testes fermentativos, como mostrado anteriormente. Após maturação, envase e carbonatação, repetiu-se o teste, resultado em 3,74 $\pm$ 0,03 para a Cerveja 1 e 3,73 $\pm$ 0,01 para a Cerveja 2. Observa-se que estes resultados diferiram dos resultados ao fim da fermentação, porém foi uma diferença pequena que possivelmente foi devido a maturação e carbonatação.

Por conter maior quantidade de acerola, a Cerveja 2 obteve uma acidez mais alta, 0,27 $\pm$ 0,01 g/100ml, do que a Cerveja 1, 0,24 $\pm$ 0,01 g/100ml. Este valor confirma o dito por Pinto (2015), quanto maior a adição de acerola, maior será a acidez da cerveja.

Um dos fatores responsáveis pela acidez da cerveja é o ácido carbônico, resultante da reação entre CO₂ e H₂O, podendo ser responsável pelo aumento da acidez nas cervejas mais carbonatadas. A maioria dos ácidos presentes na cerveja já existe no mosto, porém em proporções distintas, e suas concentrações variam em função da matéria-prima, da variedade do malte e das condições de maltagem (VENTURINI FILHO, 2000). Outros ácidos orgânicos são produzidos na fermentação.

Valores próximos ao encontrado no presente trabalho foram encontrados também com a adição de outras frutas ácidas às cervejas. Segundo Carneiro (2016), a cerveja do estilo Saison com adição de 1,5 g de tamarindo por litro obteve acidez total de $0,32 \pm 0,07$ g/100ml.

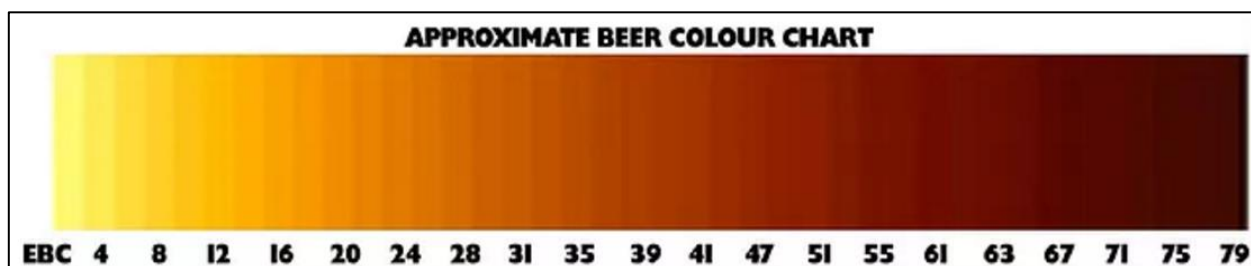
Os valores de açúcares totais encontram-se, nas duas cervejas, pouco abaixo dos valores de açúcares redutores totais ao fim das fermentações, o que indica que a maior parte destes açúcares é redutor.

Segundo Demiate (2002), os carboidratos capazes de reduzir sais de cobre e prata em soluções alcalinas são conhecidos como açúcares redutores, apresentando grupamentos aldeídicos ou cetônicos livres. Sendo assim, açúcares redutores são definidos a partir de determinados grupos funcionais presentes na cadeia molecular, o que não define necessariamente o tamanho da cadeia. Desta forma, nem todos os açúcares redutores são fermentáveis, o que explica o fato de a levedura não ter consumido totalmente estes açúcares durante a fermentação.

Segundo Kunze (2004), a faixa ótima de temperatura para ação da enzima α -amilase durante a sacarificação é de 72 a 75°C, apesar de já atuar a partir de 60°C. Já a β -amilase tem faixa ótima de 60 a 65°C. Na temperatura de sacarificação utilizada, de 66 a 68°C, já extrapola a faixa ótima da β -amilase, que é a enzima responsável por quebrar as cadeias de açúcares em cadeias menores, no caso, maltoses. Desta maneira, ao fim da sacarificação, o mosto contém cadeias longas e não fermentáveis.

A escala de cor na unidade EBC segue a exposta na Figura 18.

Figura 18. Escala de cor EBC (European Brewery Convention).



A Cerveja 1 obteve cor de $12,7 \pm 0,1$ EBC. A Cerveja 2 obteve $13,0 \pm 0,0$ EBC. A diferença de cor entre as cervejas produzidas é muito sutil, porém, percebe-se que a acerola escureceu as cervejas, já que a Cerveja 1 configurou-se mais clara do que a Cerveja 2.

O teor alcoólico das cervejas foram expressos em % de volume, ou seja, ABV, que é uma unidade percentual que demonstra volume de etanol por volume de cerveja.

A Cerveja 1 apresentou teor alcoólico de $4,5 \pm 0,2$ % ABV. A Cerveja 2 apresentou $3,6 \pm 0,5$ % ABV. Um fator que justifica esta diferença é a quantidade de acerola acrescentada em cada cerveja. Como a acerola é uma fruta composta por uma grande quantidade de água e uma pequena quantidade de açúcares, a cerveja perde em teor alcoólico quanto maior for a adição da fruta. Além disto, a OG (densidade pré-fermentação) da Cerveja 1 foi maior do que a da Cerveja 2. Um outro fator foi a produtividade em células, que para a Cerveja 2 foi maior, o que indica que uma maior quantidade de fruta, uma correta taxa de inoculação e uma eficiente aeração favorecem o crescimento microbiano reduzindo a quantidade de etanol produzido.

5.5. Análise microbiológica

Em nenhuma placa houve crescimento acentuado nem de bactérias mesófilas totais nem de bolores e leveduras. A metodologia utilizada seria para contagem entre 25 e 250 colônias por placa, porém em nenhuma placa houve crescimento igual ou superior a 25 colônias.

Algumas características das cervejas com acerola contribuem para a inibição do crescimento microbiano, como: baixo pH, presença de lúpulo e CO₂ em equilíbrio com o líquido.

De acordo com Angeloni (2016), valores de bactérias entre 10³ e 10⁴ UFC/ml são considerados moderados. Os resultados para bactérias mesófilas neste trabalho variaram da ordem de 10² a 10⁴, sendo considerados aceitáveis.

Bolores e leveduras tiveram um crescimento mais acentuado. Isto se deve também pelo fato de as cervejas analisadas passarem por uma refermentação na garrafa para que fosse realizada a carbonatação. Desta forma, leveduras ficam depositadas ao fundo da garrafa e também em suspensão no líquido.

5.6. Análise sensorial

Obteve-se um total de 91 provadores não treinados na análise, sendo 29 mulheres e 62 homens. Das mulheres, obteve-se 93,10% na faixa etária de 18 a 35 anos e 6,90% na faixa etária de 51 anos ou mais. Não houve participação de mulheres entre 36 e 50 anos de idade. Dos homens, obteve-se 93,55% na faixa etária de 18 a 35 anos, 4,84% na faixa etária de 36 a 50 anos e 1,61% na faixa etária de 51 anos ou mais.

Os resultados das médias e desvios padrões para o teste de aceitação global seguem na Tabela 109. Neste teste foi utilizada escala hedônica de 1 a 9.

Tabela 9. Média e desvio padrão do teste de aceitação global da cerveja artesanal com acerola.

SEXO	TRATAMENTO		p valor	MÉDIA
	Cerveja 1 (1,0 Kg acerola)	Cerveja 2 (1,5 Kg acerola)		
FEMININO	6,86 ± 1,77 ^a	6,72 ± 1,53 ^a	0,75	6,79
MASCULINO	6,94 ± 1,41 ^a	7,05 ± 1,57 ^a	0,67	6,99
MÉDIA	6,90	6,88	-	-

^a Letras iguais na mesma linha não diferem entre si pelo teste Tukey em nível de 5% de probabilidade (p>0,05)

As duas cervejas obtiveram aceitação global satisfatória (>6) tanto para as mulheres quanto para os homens. As mulheres obtiveram melhor aceitação pela Cerveja 1, enquanto os homens pela Cerveja 2. Apesar disso, diferença entre as cervejas em termos de aceitação global não foi significativa para nenhum dos sexos, ou seja, em termos de aplicação industrial, poder-se-ia utilizar a menor quantidade de acerola sem que houvesse interferência sensorial para o consumidor comum. Este resultado deve-se ao fato de que os provadores não foram treinados, simulando o consumidor comum de cerveja.

A Tabela 11 distingue as médias de aceitação global por faixa etária.

Tabela 10. Grau de aceitação global* obtido na análise da cerveja artesanal com acerola.

SEXO	FAIXA ETÁRIA	CERVEJA 1 (1,0 Kg polpa)		CERVEJA 2 (1,5 Kg polpa)	
		Grau de Satisfação (%)	Grau de Insatisfação (%)	Grau de Satisfação (%)	Grau de Insatisfação (%)
FEMININO	18 a 35 anos	79,31	20,69	82,76	17,24
	36 a 50 anos	0,00	0,00	0,00	0,00
	51 anos ou mais	100,00	0,00	100,00	0,00
MASCULINO	18 a 35 anos	87,93	12,07	91,38	8,62
	36 a 50 anos	66,67	33,33	66,67	33,33

51 anos ou mais	100,00	0,00	100,00	0,00
-----------------	--------	------	--------	------

*Para o grau de aceitação global foram considerados os seguintes parâmetros, baseados na escala hedônica estruturada utilizada: notas de 1 a 5 = insatisfatório; notas de 6 a 9 = satisfatório.

Houve um bom percentual de aceitação em todas as faixas etárias que tiveram representantes nesta análise para os dois sexos. Novamente percebe-se que a aceitação masculina foi maior para ambas as cervejas. A Cerveja 2 obteve um maior percentual de aceitação global do que a Cerveja 1 tanto para o sexo masculino quanto para o sexo feminino.

Segundo Laranjeira (2007), o consumo de bebidas alcoólicas é mais acentuado em pessoas do sexo masculino do que em pessoas do sexo feminino, tanto em quantidade quanto em periodicidade. Isto pode explicar a aceitação dos homens para bebidas alcoólicas de diferentes características, mesmo que incomuns ao seu paladar.

O número de provadores acima de 51 anos foi pequeno para ambos os sexos. De qualquer maneira, houve uma aceitação de 100% para esta faixa etária.

Segue na Tabela 12 as médias e desvios padrões para o teste de intenção de compra para cada sexo. Neste teste foi utilizada escala hedônica de 1 a 5.

Tabela 11. Média e desvio padrão do teste de intenção de compra da cerveja artesanal com acerola

SEXO	TRATAMENTO		<i>p</i> valor	MÉDIA
	Cerveja 1 (1,0 Kg polpa)	Cerveja 2 (1,5 Kg polpa)		
FEMININO	3,62 ± 1,12 ^a	3,41 ± 1,18 ^a	0,50	3,51
MASCULINO	3,60 ± 0,97 ^a	3,73 ± 1,06 ^a	0,48	3,66
MÉDIA	3,61	3,57	-	-

^a Letras iguais na mesma linha não diferem entre si pelo Teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade (p>0,05).

Observa-se comportamento semelhante ao percebido na Tabela 10 (aceitação global), onde houve preferência feminina pela Cerveja 1 e masculina pela Cerveja 2. As médias foram bem semelhantes para as duas cervejas e os valores relativamente altos de *p* valor demonstram que as amostras não diferem entre si em termos de intenção de compra.

No geral, os valores foram positivos, ficando entre 3 e 4 na escala hedônica.

A Tabela 13 exhibe o grau de intenção de compra dividido por sexo e faixa etária.

Tabela 12. Grau de intenção de compra* obtido na análise da cerveja artesanal com acerola.

SEXO	FAIXA ETÁRIA	CERVEJA 1		CERVEJA 2	
		(1,0 Kg polpa)		(1,5 Kg polpa)	
		Grau de Satisfação (%)	Grau de Insatisfação (%)	Grau de Satisfação (%)	Grau de Insatisfação (%)
FEMININO	18 a 35 anos	55,17	44,83	48,28	51,72
	36 a 50 anos	0,00	0,00	0,00	0,00
	51 anos ou mais	100,00	0,00	100,00	0,00
MASCULINO	18 a 35 anos	58,62	41,38	68,97	31,03
	36 a 50 anos	0,00	100,00	0,00	100,00
	51 anos ou mais	100,00	0,00	0,00	100,00

*Para o grau de intenção de compra considerados os seguintes parâmetros, baseados na escala hedônica estruturada utilizada: notas de 1 a 3 = insatisfatório; notas 4 e 5 = satisfatório.

Observa-se, novamente, a preferência das mulheres com faixa etária entre 18 e 35 anos pela Cerveja 1, onde mais da metade das provadoras se mostrou disposta a comprar esta cerveja, o que não ocorreu com a Cerveja 2. Com faixa etária acima de 51 anos, o grau de intenção de compra foi 100% satisfatório.

Com os homens entre 18 e 35 anos, a intenção de compra foi positiva pela maioria para as duas cervejas, mas a Cerveja 2 atingiu um valor percentual mais alto, 68,97%, enquanto a Cerveja 1 atingiu 58,62%. Os provadores com idade entre 36 e 50 anos não demonstraram interesse por nenhuma das duas Cervejas. Já com a faixa etária acima de 51 anos, o grau de intenção de compra foi 100% satisfatório para a Cerveja 1 e 100% insatisfatório para a Cerveja 2.

Outro fator abordado na análise foi o hábito de consumo de cerveja. Os gráficos das Figuras 19 e 20 expõem os valores percentuais de acordo com o tipo de cerveja consumida pelo público feminino e masculino, respectivamente.

Nestes gráficos, chama-se de “cerveja tradicional” os tipos de cerveja popularmente consumidos, as chamadas “cerveja de massa”, produzidos pelas mega cervejarias em larga escala.

Figura 19. Hábito de consumo de cervejas do público feminino participante da pesquisa.

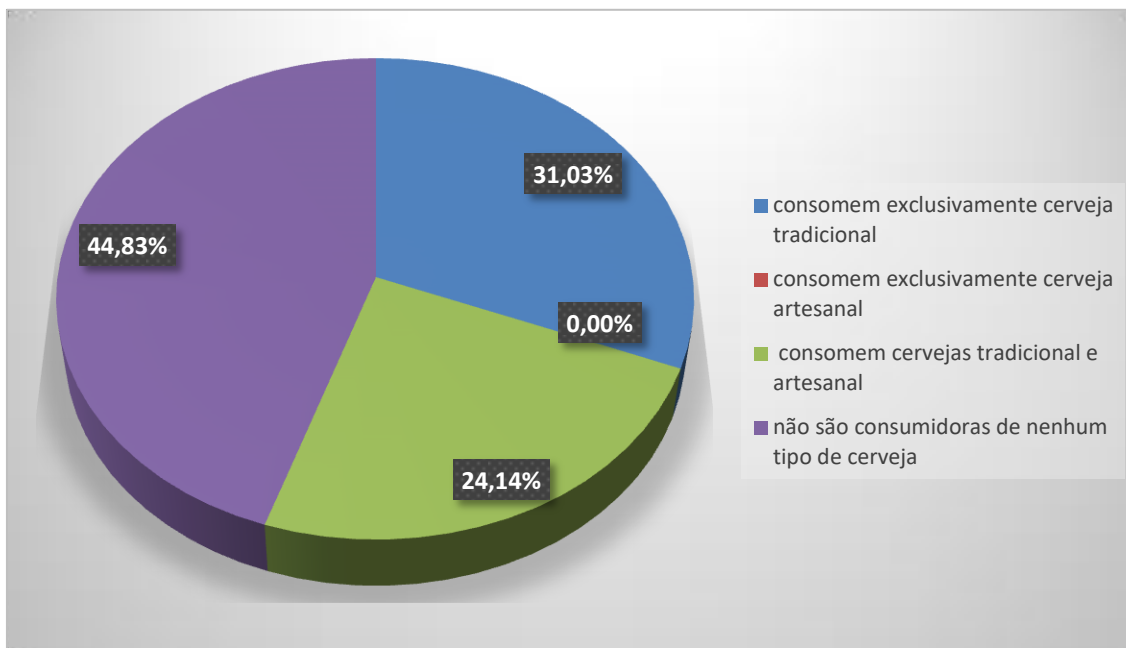
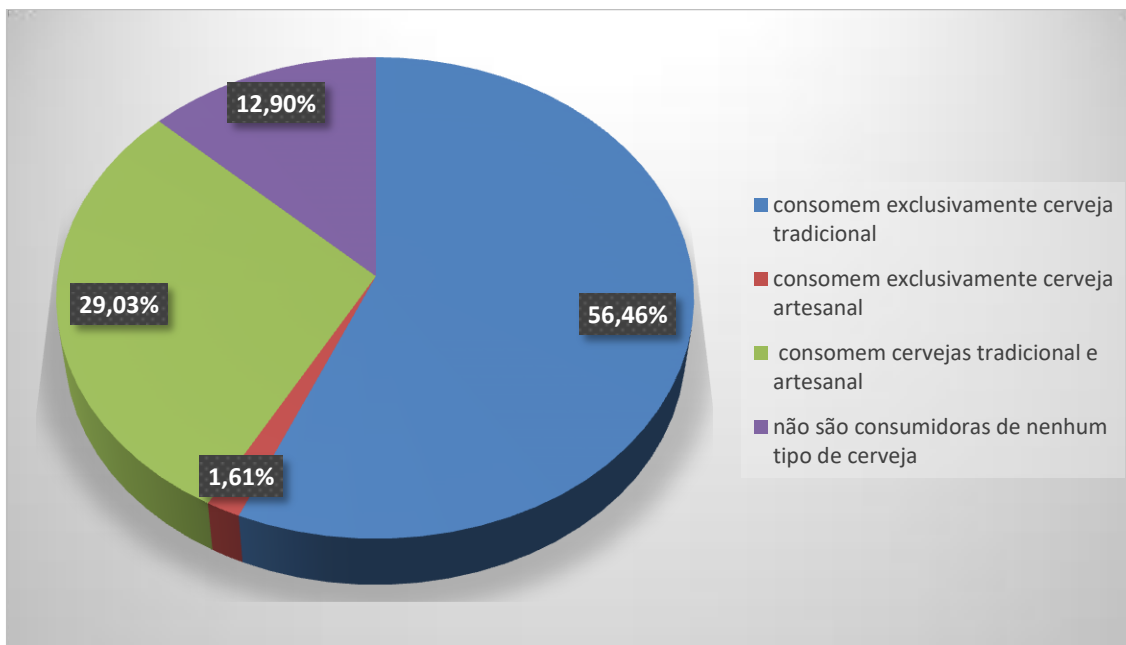


Figura 20. Hábito de consumo de cervejas do público masculino participante da pesquisa.



Percebe-se através dos gráficos que quase metade das mulheres participantes da pesquisa não consomem habitualmente nenhum tipo de cerveja, valor muito destoante dos homens, que apenas cerca de 13% não é consumidor de cerveja. Existem motivos distintos para estes números.

Primeiramente o fator histórico, já que as mulheres sempre tiveram menos liberdade para o consumo de bebidas alcoólicas. Até o início da década de 1920, era praticamente impossível ver uma mulher em bares ou mesmo restaurantes consumindo bebidas alcoólicas entre amigos. Obviamente, a luta por autonomia social vem acontecendo e sendo conquistada, mas, neste e em tantos outros aspectos, ainda não se obteve igualdade entre os sexos. Além disso, segundo Sheffer (2010), as mulheres tem menor tolerância ao álcool do que os homens, sendo que estas tendem a iniciar o consumo mais tarde e a consumir menores quantidades.

Não houve, nesta pesquisa, nenhuma mulher que consumisse somente cerveja artesanal; homens nessa categoria somam apenas 1,61%.

Para o consumo de cervejas artesanais e tradicionais, 24,14% das mulheres e 29,03% dos homens consomem tanto cervejas tradicionais quanto cervejas artesanais. Estes valores representam uma fase de transição pela qual o consumidor de cerveja está passando. Esta considerável parcela ainda consome as cervejas populares, porém está aberto a conhecer sabores e aromas diferenciados, cervejas mais elaboradas e os diversos estilos possíveis de serem encontrados nas artesanais.

Considerando o público num geral, percebe-se que a maioria é consumidora somente de cerveja tradicional. Este é um fator que se deve à cultura local, que ainda tem muito enraizado o hábito de beber estas cervejas mais populares, e ao fator financeiro, tendo em vista que cervejas tradicionais possuem menor custo de produção, por isso são menos onerosas ao consumidor do que cervejas artesanais.

Além disso, a maior fatia produtiva no Brasil é dominada por três grandes grupos: Ambev (67,9%), Heineken (19,2%) e Petrópolis (11,3%). Sendo assim, apenas 1,6% do mercado é composto por microcervejarias artesanais. Desta maneira, o consumidor tem mais facilidade de acesso às cervejas populares (GAZETA DO POVO, 2017; BLB BRASIL, 2017).

De qualquer maneira, percebe-se que os resultados de aceitação global e intenção de compra foram muito bons, visto que 52,75% dos provadores são consumidores somente de cervejas tradicionais. Isto demonstra que, apesar de ser mais ácida, mais encorpada e mais alcoólica do que as cervejas tradicionais, a cerveja com acerola ainda carrega consigo a leveza e a refrescância que o consumidor comum busca aqui na Paraíba. Além de ter a adição de acerola como um diferencial que também atrai o consumidor.

6. CONCLUSÕES

Obtiveram-se cervejas do tipo Blond Ale com acréscimo de acerola e, de acordo com as análises, a adição da fruta como agente de aroma e sabor é um atrativo com grande potencial a ser explorado por microcervejarias, pois gera um produto com características peculiares e singulares para os apreciadores de cervejas artesanais.

A acerola apresentou características físico-químicas compatíveis com o encontrado na literatura, mesmo quando comparada a frutas colhidas em outras épocas do ano ou em outras regiões do país, demonstrando pouca variabilidade em suas propriedades. Além disso, a acerola contribui com mudanças nas características físico-químicas (como diminuição do pH, aumento do teor alcoólico) e sensoriais (como acidez, dulçor residual, frutado) da cerveja.

A cinética de fermentação, em termos de consumo de substrato e crescimento celular, ocorreu normalmente com a adição da acerola. A fruta contribuiu também para que o processo fosse eficiente em relação aos aspectos microbiológicos, visto que reduziu o pH da cerveja.

A acerola modificou físico-quimicamente as cervejas, como: a alta umidade provocou uma redução do teor alcoólico; as cervejas escureceram sutilmente por conta da coloração da casca e da polpa da fruta.

A análise sensorial mostrou uma boa aceitação global das cervejas produzidas com 1000 g e com 1500 g de acerola (cada produção de 12 L de cerveja). Considerando que a maior parte dos provadores são consumidores apenas de cervejas populares, a cerveja com acerola se mostra uma cerveja leve, refrescante e fácil de beber, mesmo para o público que não costuma beber cerveja artesanal. Não houve diferença estatística entre a análise sensorial das duas cervejas produzidas, o que industrialmente é positivo, permitindo o uso de menor quantidade da fruta sem perda de qualidade para o consumidor.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AFREBRAS. Setor – Cerveja. Disponível em: <<http://afrebras.org.br/setor/o-setor/>>. Acesso em 1 de fev. 2016.
- AGELONI, L. H. P. Cerveja envelhecida em barril de madeira, aspectos químicos e microbiológicos. Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Piracicaba, 2016.
- AQUARONE, E.; BORZANI, W.; SCHMIDELL, W.; LIMA, U. A. Biotecnologia industrial: biotecnologia na produção de alimentos. São Paulo: Blucher, 2001.
- ARRUDA, I. N. Q.; PEREIRA, V. A. J.; GOULART, G. A. S. Produção de cerveja com adição de polpa de murici. Revista Eletrônica da Univar. N. 10, v. 2, p. 129 – 136. 2013
- ASSIS, S. A.; LIMA, D. C.; OLIVEIRA, O. M. M. F. Activity of pectinmethylesterase, pectin content and vitamin C in acerola fruit at various stages of fruit development. In: YAMASHITA, F.; BENASSI, M. T.; TONZAR, A. C.; MORIYA, S.; FERNANDES, J. G. Produtos de acerola: estudo da estabilidade de vitamina C. Ciência e Tecnologia de Alimentos, 23(1): 92 – 94, jan-abr. 2003.
- BERNARDES-SILVA, A. P. F.; LAJOLO, F. M.; CORDENUNSI, B. R. Evolução dos teores de amido e açúcares solúveis durante o desenvolvimento e amadurecimento de diferentes cultivares de manga. In: SATIM, M.; SANTOS, R. A. M. Estudo das características nutricionais das polpas de mangas (*Manifera indica L.*) variedade tommy atkins. Encontro Internacional de Produção Científica Casumar. Maringá, 2009.
- BLB BRASIL. Mercado cervejeiro: o insucesso da Brasil Kirin e o crescimento da holandesa Heineken. Disponível em: <<http://www.blbbrasil.com.br/artigos/ma-mercado-cervejeiro>>. Acesso em 11 de mar de 2017.
- BODE, D. pH na produção de cerveja caseira. Disponível em: <<http://www.hominilupulo.com.br/cervejas-caseiras/ph-na-producao-de-cerveja-caseira-por-daniel-bode/>>. Acesso em 21 de fev de 2016.
- BOULTON, C.; QUAIN, D. Brewing yeast & fermentation. London: Blackwell Publishing, p. 644. 2006.
- BRESSIANI, C. (2015) A indústria brasileira responde por 2% do PIB brasileiro. Disponível em: <<http://cervejaemalte.com.br/blog/a-industria-cervejeira-responde-por-2-do-pib-brasileiro/>>. Acesso em 1 de fev. 2016.
- BRESSIANI, C. (2014) Mercado de cervejas no Brasil. Disponível em: <<http://cervejaemalte.com.br/blog/mercado-de-cervejas-no-brasil/>>. Acesso em 1 de fev. 2016.
- BRIGGS, D. E. et al. Malting and brewing Science. 2 ed. London: Chapman & Hall, v 2. 1995.

CAETANO, P. K.; DAIUTO, E. R.; VIEITES, R. L. Característica físico-química e sensorial de geleia elaborada com polpa e suco de acerola. *Brazilian Journal of Food Technology*. v.15, n.3, p.191-197. Campinas, 2012.

CARNEIRO, R. C. Elaboração de cerveja artesanal estilo saison ale contendo tamarindo. Trabalho de Conclusão de Curso, UTPR. Campo Mourão, 2016.

CASAREGOLA, S.; NGUYEN, H. V.; LAPATHITIS, G.; KOTIK, A; GAILLARDIN, C. Analysis os the contitution of the beer yeast genome by PCR, sequecing and subtelomericsequence hybridization. In: BORTOLI, D. A. S.; SANTOS, F.; STOCCO, N. M.; ORELLI, A. J.; TOM, A.; NEME, F. F.; NASCIMENTO, D. D. Leveduras e produção de cerveja – Revisão. *Bioenergia em revista: diálogos*, ano 3, n. 1, p. 45-58. 2013.

CERVBRASIL. Anuário 2015. Disponível em: <http://www.cervbrasil.org.br/arquivos/ANUARIO_CB_2015_WEB.pdf>. Acesso em 26 de jan. 2016.

CERVEJAS DO MUNDO. História da cerveja: Brasil. Disponível em: <<http://www.cervejasdomundo.com/Brasil.htm>>. Acesso em 26 de jan. 2016.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. Pós-colheita de frutos e hortaliças – Fisiologia e manuseio. 2 ed. Lavras: ESAL/FAEPE, 2005. 785 p. In: CAETANO, P. K.; DAIUTO, E. R.; VIEITES, R. L. Característica físico-química e sensorial de geleia elaborada com polpa e suco de acerola. *Brazilian Journal of Food Technology*. v.15, n.3, p.191-197. Campinas, 2012.

DEMIATE, I. M.; WOSIACKI, G.; CZELUSNIAK, C.; NOGUEIRA, A. Determinação de açúcares redutores e totais em alimentos: comparação entre método colorimétrico e titulométrico. *Ciências Exatas e da Terra, Ciências Agrárias e Engenharias*, 8(1): 65 – 78, 2002.

DIAS, S. L.; DANTAS, J. P.; ARAÚJO, A. P.; BARBOSA, A. S.; CAVALCANTI, M. B. D'A.; CANUTO, T. M.; BARBOSA, A. S.; ROCHA, C. O. Avaliação das características físicas e físico-químicas do fruto do umbuzeiro. Campina Grande. Acesso em 2017.

DINIZ, E.; FIGUEIRÊDO, R. M. F.; QUEIROZ, A. J. M. Atividade de água e condutividade elétrica de polpas de acerola concentradas. *Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais. Especial*, n.1, p.9-17. Campina Grande, 2003.

EUROPEAN BREWERY CONVENTION. Analysis Committee. *Analytica-EBC: Method 8.5 revised Oct. 2000*. London: Elsevier, 1963. 78 p.

FERRARI, V. O mercado de cervejas no Brasil. 2008. 115 f. Dissertação (Mestrado em Economia) – Faculdade de Administração, Contabilidade e Economia, PUCRS. Porto Alegre, 2008.

FONSECA, R. Lambics, as indomáveis. Disponível em: <<http://www.beerlife.com.br/ed5/estilos.asp>>. Acessado em 23 de abr. 2017.

FRAIFE, G. A. F.; LEITE, J. B. V.; RAMOS, J. V. Acerola. Disponível em: <<http://www.ceplac.gov.br/radar/acerola.htm>>. Acesso em 10 de mar de 2016.

FRANÇA, V. C.; NARAIN, N. Caracterização química dos frutos de três matrizes de acerola (*Malpighia emarginata* D.C.) Ciência e Tecnologia de Alimentos. v.23, n.2, p.157-160. Campinas, 2003. In: FREITAS, C. A. S.; MAIA, G. A.; COSTA, J. M. C.; FIGUEIREDO, R. W.; SOUSA, P. H. M. Acerola: produção, composição, aspectos nutricionais e produtos. Revista Brasileira de Agrociência. v. 12, n. 4, p. 395-400. Pelotas, 2006.

FREITAS, C. A. S.; MAIA, G. A.; COSTA, J. M. C.; FIGUEIREDO, R. W.; SOUSA, P. H. M. Acerola: produção, composição, aspectos nutricionais e produtos. Revista Brasileira de Agrociência. v. 12, n. 4, p. 395-400. Pelotas, 2006.

GAZETA DO POVO. Gráfico mostra como 4 empresas dominaram o mercado de cerveja no Brasil. Disponível em: <<http://www.gazetadopovo.com.br/economia/este-grafico-mostra-como-4-empresas-dominaram-o-mercado-de-cerveja-no-brasil-9ldacjmcpr1jon9jyrj555gc>>. Acesso em 11 de mar de 2016.

HAMPSON, T.; HIERONYMUS, S.; KOPP, S.; TIERNEY-JONES, A. O grande livro da cerveja: informações atualizadas sobre cervejas e as grandes cervejarias em todo o mundo. 1ª Edição. Tradução: Celso Nogueira, Rosemarie Ziegelmaier. São Paulo: Publifolha, 2015.

HUGHES, G. Cerveja feita em casa: tudo sobre os ingredientes, os equipamentos e as técnicas para produzir a bebida em vários estilos. 1ª Edição. Tradução Rosane Albert. São Paulo: Publifolha, 2014.

IAL – INSTITUTO ADOLFO LUTZ. v. 4 Métodos químicos e físicos para análise de alimentos. 3. ed. São Paulo: IMESP, 2004. 1004p

IAL – INSTITUTO ADOLFO LUTZ. v. 4 Métodos químicos e físicos para análise de alimentos. 4. ed. São Paulo: IMESP, 2008. 1020p

JAYARAMAN, K. S. Development of intermediate moisture tropical fruits and vegetable products. In: BRANDÃO, M. C. C.; MAIA, G. A.; LIMA, D. P.; PARENTE, E. J. S.; CAMPELLO, C. C.; NASSU, R. T.; FEITOSA, T.; SOUSA, P. H. M. Análise físico-química de frutos de manga submetidos à desidratação osmótico-solar. Revista Brasileira de Fruticultura. V. 25, n. 1, p. 38-41. Jaboticabal, 2003.

KUNZE, W. Technology brewing and malting. 2 ed. Berlin: Vlb Berlin, p. 726. 1999.

KUNZE, W. Technology brewing and malting. 3 ed. Berlin: Vlb Berlin, p. 948. 2004.

LAGO, E. S.; GOMES, E.; SILVA, R. Produção de geléia de jambolão (*syzygium cumini* LAMARCK): Processamento, parâmetros físico-químicos e avaliação sensorial. Revista Ciência e Tecnologia de Alimentos, Campinas, v.26, n.4, p.847-852, 2006. In: CAETANO, P. K.; DAIUTO, E. R.; VIEITES, R. L. Característica físico-química e sensorial de geleia elaborada com polpa e suco de acerola. Brazilian Journal of Food Technology. v.15, n.3, p.191-197. Campinas, 2012.

LARANJEIRA, R.; PINSKY, I.; ZALESKI, M.; CAETANO, R. I levantamento nacional sobre os padrões de consumo de álcool na população brasileira. Brasília, 2007.

MACIEL, M. I. S.; MÉLO, E.; LIMA, V.; SOUZA, K. A.; SILVA, W. Caracterização físico-química de frutos de genótipos da aceroleira (*Malpighia emarginata* D.C.). Ciência e Tecnologia de Alimentos. 30(4), p.865-869. Campinas, 2010.

MAGNO, E. Cerejeira artesanal – *sparging*: o que é isto?. Disponível em: <<https://cerejeira.wordpress.com/sparging-que-raios-e-isto/>>. Acesso em 21 de fev de 2016.

MATSUURA, F. C. A. U.; CARDOSO, R. L.; FOLEGATTI, M. I. S.; OLIVEIRA, J. R. P.; OLIVEIRA, J. A. B.; SANTOS, D. B. Avaliações físico-químicas de diferentes genótipos de acerola (*Malpighia puniceifolia* L.). Revista Brasileira de Fruticultura. v.23, n.3, p.602-606. Jaboticabal, 2001.

MENTUS, D. Fazendo cerveja com frutas: cerveja de trigo e mais. Disponível em: <<http://recbrew.blogspot.com.br/2010/09/adicionando-frutas-numa-cerveja.html>>. Acessado em 23 de abr. 2017.

MORADO, R. Larousse da cerveja. 1ª Edição. São Paulo: Lafonte, 2009.

MORITA, T.; ASSUMPÇÃO, R. M. V. Manual de soluções, reagentes e solventes. Edgard Blücher Ltda. 2 ed., São Paulo, 1972.

MOURA, C. F. H.; ALVES, R. E.; PAIVA, J. R. Avaliação de clones de aceroleira (*Malpighia emarginata* D.C.) na região da Chapada do Apodi-CE. Congresso Brasileiro de fruticultura, 17. Belém, 2002. In: FREITAS, C. A. S.; MAIA, G. A.; COSTA, J. M. C.; FIGUEIREDO, R. W.; SOUSA, P. H. M. Acerola: produção, composição, aspectos nutricionais e produtos. Revista Brasileira de Agrociência. v. 12, n. 4, p. 395-400. Pelotas, 2006.

NACHEL, M.; ETTLINGER, S. Cervejas para leigos. 2ª Edição. Rio de Janeiro: Alta Books, 2013.

NOGUEIRA, C. M. C. C. D. Estudo químico e tecnológico da acerola (*Malpighia glabra* L.). Fortaleza, 1991, 117p. (Dissertação de Mestrado), Universidade Federal do Ceará. In: SOARES, E. C.; OLIVEIRA, G. S. F.; MAIA, G. A.; MONTEIRO, J. C. S.; SILVA, A. J.; FILHO, M. S. S. Desidratação da polpa de acerola (*Malpighia emarginata* D.C.) pelo processo “foam-mat”. Ciência e Tecnologia de Alimentos. 21(2), p. 164-170. Campinas, 2001.

NUNES, E. S.; D’ARAÚJO COUTO, F. A.; BRAZ, V. B. Seleção de genótipos de aceroleira (*Malpighia Spp.*). Congresso Brasileiro de fruticultura, 17. Belém, 2002. In: FREITAS, C. A. S.; MAIA, G. A.; COSTA, J. M. C.; FIGUEIREDO, R. W.; SOUSA, P. H. M. Acerola: produção, composição, aspectos nutricionais e produtos. Revista Brasileira de Agrociência. v. 12, n. 4, p. 395-400. Pelotas, 2006.

OLIVEIRA, J. R. P.; SOARES FILHO, W. S. Situação da cultura da acerola no Brasil e ações da Embrapa – Mandioca e Fruticultura em recursos genéticos e melhoramento. Disponível em:

<<http://www.cpatasa.embrapa.br/catalogo/livrorg/acerolabrasil.pdf>>. Acesso em: 10 de mar de 2016.

PARANHOS, P. (2014) Porque as cervejas artesanais são mais caras: produção. Disponível em: <<http://www.mestre-ervejeiro.com/por-que-ervejas-artesanais-sao-mais-caras-producao/>>. Acesso em 1 de fev. 2016.

PARANHOS, P. (2014) Porque as cervejas artesanais são mais caras: impostos. Disponível em: <<http://www.mestre-ervejeiro.com/por-que-ervejas-artesanais-sao-mais-caras-producao/>>. Acesso em 1 de fev. 2016.

PINTO, L. I. F. Acerola (*Malpighia ameghinata* DC) e abacaxi (*Ananas comosus* L. Merril) como adjuntos no processamento de cerveja: caracterização e aceitabilidade. Dissertação de Mestrado. UFC, Fortaleza, 2015.

PRIEST, F. G. & STEWART, G. G. Handbook of brewing. 2 ed. Taylor & Francis Group, LLC.

RIBEIRO, B.M.G. Otimização energética da etapa de ebulição do mosto, mantendo a estabilidade coloidal da cerveja. In: ARRUDA, I. N. Q.; PEREIRA, V. A. J.; GOULART, G. A. S. Produção de cerveja com adição de polpa de murici. Revista Eletrônica da Univar. N. 10, v. 2, p. 129 – 136. 2013

RIBEIRO, C. S. Pegada hídrica e água virtual: estudo de caso da manga no submédio do Vale do São Francisco, Brasil. Universidade Federal da Bahia. Salvador, 2014.

SANTOS, P. M.; RAMOS, J. V.; LEITE, J. B. V. Avaliação de genótipos de aceroleira (*Malpighia glabra* L.) na região Sudeste da Bahia. Congresso Brasileiro de fruticultura, 17. Belém, 2002. In: FREITAS, C. A. S.; MAIA, G. A.; COSTA, J. M. C.; FIGUEIREDO, R. W.; SOUSA, P. H. M. Acerola: produção, composição, aspectos nutricionais e produtos. Revista Brasileira de Agrociência. v. 12, n. 4, p. 395-400. Pelotas, 2006.

SILVA, E. M. F.; AMARAL, C. M.; CARMO, H. C. E.; MAURY, P. M. Estudos sobre mercado de frutas. In: BRANDÃO, M. C. C.; MAIA, G. A.; LIMA, D. P.; PARENTE, E. J. S.; CAMPELLO, C. C.; NASSU, R. T.; FEITOSA, T.; SOUSA, P. H. M. Análise físico-química de frutos de manga submetidos à desidratação osmótico-solar. Revista Brasileira de Fruticultura. V. 25, n. 1, p. 38-41. Jaboticabal, 2003.

SILVA, N.; SILVEIRA, N. F. A.; JUNQUEIRA, V. C. A.; TANIWAKI, M. H.; SANTOS, R. F. S.; GOMES, R. A. R. Manual de métodos de análise microbiológica de alimentos e água. São Paulo: Varela, 2010. 632p.

SILVA, R. M. F.; CHALEGRE, T. S.; CARVALHO, G. B. M. Estudo do uso do tamarindo como adjunto do malte para produção de cervejas *ale* e *lager*. XX Congresso Brasileiro de Engenharia Química. Florianópolis, 2014.

SCHMIDELL, W.; LIMA, U. A.; AQUARONE, E.; BORZANI, W. Biotecnologia industrial: engenharia bioquímica. Volume 2, 1ª Edição. São Paulo: Blucher, 2001.

SHEFFER, M.; ALMEIDA, R. M. M. Consumo de álcool e diferenças entre homens e mulheres: comportamento impulsivo, aspectos cognitivos e neuroquímicos. Neuropsicologia Latinoamericana. V 2, n 3. Calle, 2010.

SLEIMAN, M. Produção de cerveja com extrato de malte nas formas de xarope e em pó: análise físico- química, sensorial e energética. In: ARRUDA, I. N. Q.; PEREIRA, V. A. J.; GOULART, G. A. S. Produção de cerveja com adição de polpa de murici. Revista Eletrônica da Univar. N. 10, v. 2, p. 129 – 136. 2013.

SOARES, E. C.; OLIVEIRA, G. S. F.; MAIA, G. A.; MONTEIRO, J. C. S.; SILVA, A. J.; FILHO, M. S. S. Desidratação da polpa de acerola (*Malpighia emarginata* D.C.) pelo processo “foam-mat”. Ciência e Tecnologia de Alimentos. 21(2), p. 164-170. Campinas, 2001.

TAGNIN, A. C. N.; GIRALDI, J. M. E. Atributos do produto valorizados no processo de decisão de compra de cerveja: um estudo qualitativo com universitários. Revist quadrimestral do Programa de Pós-graduação da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Produto & Produção, vol. 14, n. 1, p. 84-106, fev 2013.

TECHAKRIENGKRAIL, I. et al. Relationships of sensory bitterness in lager beers to iso-alfa-acid contents. In: ARRUDA, I. N. Q.; PEREIRA, V. A. J.; GOULART, G. A. S. Produção de cerveja com adição de polpa de murici. Revista Eletrônica da Univar. N. 10, v. 2, p. 129 – 136. 2013

TEMÓTEO, J. L. M.; GOMES, E. M. S.; SILVA, E. V. L.; CORREIA, A. G. S.; SOUSA, J. S. Avaliação de vitamina C, acidez e pH em polpas de acerola, cajá e goiaba de uma marca comercializada em Maceió – Alagoas. VII Congresso Norte Nordeste de Pesquisa e Inovação. Palmas, 2012.

URBANO, G. R.; ZEPONI, J.; SEIBEL, N. F.; SAKANATA, L. S. Avaliação de parâmetros de qualidade físico-química e microbiológica de polpa de acerola congelada. RETEC. v.4, n.2. Ourinhos, 2011.

VASCONCELOS, N. M.; PINTO, G. A. S.; ARAGÃO, F. A. S. Determinação de açúcares redutores pelo ácido 3,5-dinitrosalicílico: histórico do desenvolvimento do método e estabelecimento de um protocolo para o laboratório de bioprocessos. Embrapa Agroindústria Tropical, 2013.

VENTURINI FILHO, W. G. Tecnologia de cerveja. Funep: Botucatu, 2000.

WALKER, G. M. Yeast Technology, 2000. In: BORTOLI, D. A. S.; SANTOS, F.; STOCCO, N. M.; ORELLI, A. J.; TOM, A.; NEME, F. F.; NASCIMENTO, D. D. Leveduras e produção de cerveja – Revisão. Bioenergia em revista: diálogos, ano 3, n. 1, p. 45-58. 2013.

YAMASHITA, F.; BENASSI, M. T.; TONZAR, A. C.; MORIYA, S.; FERNANDES, J. G. Produtos de acerola: estudo da estabilidade de vitamina C. Ciência e Tecnologia de Alimentos, 23(1): 92 – 94, jan-abr. 2003.