

UNIVERSIDADE DO EXTREMO SUL CATARINENSE - UNESC

CURSO DE ENGENHARIA QUÍMICA

RENAN TRAMONTIN TEIXEIRA

**CARACTERIZAÇÃO DOS AÇÚCARES REDUTORES E NÃO REDUTORES EM
MOSTO CERVEJEIRO COM ADIÇÃO DE PÃO DE TRIGO**

CRICIUMA

2017

RENAN TRAMONTIN TEIXEIRA

**CARACTERIZAÇÃO DOS AÇÚCARES REDUTORES E NÃO REDUTORES EM
MOSTO CERVEJEIRO COM ADIÇÃO DE PÃO DE TRIGO**

Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado para obtenção do grau de bacharel no curso de Engenharia Química da Universidade do Extremo Sul Catarinense, UNESC.

Orientador: Prof. Antônio Cleber Gonçalves Júnior

CRICIUMA

2017

RENAN TRAMONTIN TEIXEIRA

**CARACTERIZAÇÃO DOS AÇÚCARES REDUTORES E NÃO REDUTORES EM
MOSTO CERVEJEIRO COM ADIÇÃO DE PÃO DE TRIGO**

Trabalho de Conclusão de Curso aprovado pela Banca Examinadora para obtenção do Grau de Bacharel, no Curso de Engenharia Química da Universidade do Extremo Sul Catarinense, UNESC, com Linha de Pesquisa em malte para produção de cerveja.

Criciúma, 28 de junho de 2017.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Esp. Antônio Cleber Gonçalves Júnior - Engenheiro de Alimentos - (UNESC) -
Orientador

Prof. MSc. Miquele Lazzarin Padula – Engenheira de Alimentos – (UNESC)

Edson de Oliveira Zalduer - Engenheiro Químico

Dedico este trabalho os meus queridos pais, esposa e familiares, que me deram tudo que não tiveram e me apoiaram ao longo desta caminhada.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus, que permitiu que tudo isso acontecesse ao longo de minha vida.

Agradeço minha esposa, Jadilene Savio Tramontin, que foi muito paciente compartilhando este sonho e sempre com suas palavras de apoio moral durante o desenvolvimento deste trabalho e ao longo do curso.

Agradeço a minha mãe, Marcia Tramontin Teixeira, e ao meu pai, Frederico Ozanan Teixeira, que da forma deles estiveram sempre presentes, me dando todo apoio e força nas noites em claro para que continuasse na luta durante esta etapa de minha vida.

Ao professor Antônio, meu orientador que com sua sabedoria contribuiu para que eu pudesse realizar este trabalho com suas ideias, pelas suas correções e incentivos.

Agradeço a UNESCO pela oportunidade de fazer o curso de Engenharia Química.

Agradeço a Franciele, Beatriz, Edson e Jessica, que me apoiaram neste trabalho e sempre com suas palavras de conforto e de incentivo.

A todos os meus familiares, que entenderam minhas ausências em eventos familiares e me deram incentivo para seguir até o final.

Agradeço também aos meus amigos, que entenderam minhas ausências nas horas de lazer, me deram apoio e torceram pelo meu sucesso.

Agradeço a todos os professores, que de alguma forma contribuíram para o meu conhecimento adquirido durante todo o curso.

À empresa Precon Indústria Plástica LTDA pelo suporte e confiança na realização do trabalho.

**“Não temo mais o mar, pois firme está
minha fé, no meu barquinho está, Jesus de
Nazaré. ”**

Giselli Cristina.

RESUMO

A cerveja é um produto que, desde os tempos mais remotos, vem sendo muito apreciado por todo o mundo. No Brasil não é diferente, o país tem um dos maiores mercados deste segmento, com números que anualmente vem crescendo. Sabe-se que o mercado cervejeiro no Brasil vem aumentando seus estilos de cerveja utilizando complementos de malte na produção de mostos cervejeiros, o que pela legislação brasileira, é permitido. O aproveitamento das sobras de pão de trigo surge como uma nova opção de adjunto para o malte na produção do mosto cervejeiro. A partir disso, foram testadas três formulações sendo, duas acrescidas de pão de trigo e a puro malte pilsen aplicando diferentes isotermas para a realização dos ensaios de açúcares redutores e não redutores assim caracterizando o mosto. Desta forma, pode se verificar a ação deste adjunto frente as enzimas envolvidas no processo de produção do mosto cervejeiro. Através das análises estatísticas aplicadas podemos verificar que após a preparação do pão podemos utilizar este adjunto para beneficiar estilos de cerveja que procuram ter maior sensação de corpo na cerveja.

Palavras-chave: Cerveja, Pão de Trigo, Mosto e Açúcares.

ABSTRACT

Beer is a product that, since the earliest times, has been much appreciated all over the world. Not Brazil is not different, in the country has one of the largest markets in this segment, with numbers that has been increasing annually. It is known that the non-Brazilian brewing market is increasing its beer styles, using malt complements in the production of more brewers, by Brazilian version, is allowed. The use of leftover wheat bread appears as a new adjunct option for malt in the production of brew. From this, three formulations were tested, two being added wheat bread and a pure pilsen malt applying different isotherms for a performance of the reductive and non-reducing sugar tests as they characterize the wort. In this way, an action of this adjunct can be verified as enzymes involved in the brewing process. Through the statistical analysis applied, we can verify it after a preparation of being able to be the support for the beneficial promotion styles that seek to have greater body sensation in the beer.

Keywords: Beer, Wheat Bread, Wort and Sugar

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Atividade enzimática em relação à temperatura.....	19
Figura 2 - Variação da temperatura em função do tempo durante o processo de mosturação.....	21
Figura 3 - Gráfico de superfície de porcentagem de AR	31
Figura 4 - Gráfico de superfície de porcentagem de ANR	32
Figura 5 – Tabela teste T-student	35

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Composição do Malte.....	16
Tabela 2 - Composição química do lúpulo em flor	17
Tabela 3 - Valores de granulometria do malte na indústria	20
Tabela 4 - Temperatura e pH de atuação das enzimas.....	21
Tabela 5 – Formulação de mosto cervejeiro	26
Tabela 6 - Porcentagem de AR e ANR nas amostras para temperatura de 63°C.....	28
Tabela 7 - Porcentagem de AR e ANR nas amostras para temperatura de 65°C.....	29
Tabela 8 - Porcentagem de AR e ANR nas amostras para temperatura de 67°C.....	29
Tabela 9 - Porcentagem de AR e ANR nas amostras para temperatura de 69°C.....	30

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

EBC - European Brewing Convention

ANR – Açúcares Não Redutores

AR – Açúcares Redutores

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	13
2. OBJETIVOS	14
2.1. OBJETIVO GERAL	14
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	14
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	15
3.1. MATÉRIAS PRIMAS	15
3.1.1. ÁGUA.....	15
3.1.2. MALTE	15
3.1.3. LÚPULO	16
3.1.4. LEVEDURA.....	17
3.1.5. PÃO	18
3.3. AÇÚCARES REDUTORES E NÃO REDUTORES	19
4. PROCESSO DE PRODUÇÃO INDUSTRIAL DE CERVEJA	19
4.1. MOAGEM DO MALTE	20
4.2. MOSTURAÇÃO	20
4.3. FILTRAÇÃO DO MOSTO	22
4.4. FERVURA DO MOSTO	22
4.5. TRATAMENTO DO MOSTO.....	23
4.6. FERMENTAÇÃO	23
4.7. MATURAÇÃO	24
4.8. CLARIFICAÇÃO.....	24
5. METODOLOGIA	25
5.1. PREPARAÇÃO DO PÃO.....	25
5.2. PRODUÇÃO DO MOSTO	26
5.3. DETERMINAÇÃO DE AÇÚCARES REDUTORES	27
5.4. DETERMINAÇÃO DE AÇÚCARES NÃO REDUTORES.....	27

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO	28
7. CONCLUSÃO	33
REFERÊNCIAS.....	34
ANEXO.....	35

1. INTRODUÇÃO

A cerveja é uma bebida fermentada que foi descoberta há mais de 8.000 anos, onde o processo de produção vem sendo cada vez mais regulado e controlado. Devido à lei bávara de pureza com mais de 500 anos (*Reinheitsgebot*) na Alemanha os ingredientes básicos para a produção de cervejas são água, malte, lúpulo e levedura, porém a maioria dos cervejeiros vêm se flexibilizando na escolha de adjuntos diferentes. Desta escolha há a substituição de parte do malte de cevada por cereais malteados ou não malteados, considerando que este adjunto venha a contribuir para a cerveja de alguma forma. Estes insumos podem contribuir no valor agregado das matérias primas diferenciadas além de poder reduzir o custo de insumos com um menor preço de aquisição do que a do malte de cevada. A partir disto verificaremos a adição de pão como adjunto, pois se trata de uma matéria prima abundante na região e de baixo custo, aplicando em diferentes dosagens em isotermas de sacarificação e assim observar de que forma este adjunto pode contribuir para a produção de açúcares redutores e não redutores no mosto cervejeiro.

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GERAL

Caracterizar os açúcares redutores e não redutores em mosto cervejeiro com adição de pão de trigo.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Produzir mostos cervejeiro com diferentes proporções de malte de cevada e pão francês em quatro diferentes isotermas;
- Realizar as análises para a determinação de açúcares redutores e não redutores para os produtos de sacarificação das três diferentes composições;
- Comparar estatisticamente os resultados obtidos entre as três composições.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1. MATÉRIAS PRIMAS

A cerveja é uma bebida fermentada com mais de 8.000 anos de história. Seu processo produtivo está cada vez melhor controlado e tem permanecido inalterado durante séculos devido à Lei de Pureza com mais de 500 anos (*Reinheitsgebot*) na Alemanha, que restringindo o cervejeiro a utilizar apenas malte, água e lúpulo. Mais tarde, com o advento do microscópio, incluiu-se a levedura como ingrediente na citada Lei de Pureza. A legislação brasileira permite que parte do malte de cevada possa ser substituído por cereais maltados ou não, e por carboidratos de origem vegetal transformados ou não, conhecidos como adjuntos (VENTURINI FILHO, 2010).

3.1.1. ÁGUA

A água é a principal matéria-prima do processo, pois possui aproximadamente 92% a 95% do peso da cerveja. Toda água possui sais dissolvidos e, se a quantidade destes sais for alta, irá lhe conferir sabor, influenciando, também, nos processos químicos e enzimáticos que ocorrem no processo produtivo. Estes componentes irão afetar qualidade da cerveja produzida, mas podendo ser tratada por diferentes processos visando sua adequação para a elaboração de cervejas (VENTURINI FILHO, 2010).

Uma boa água cervejeira deve ser potável, transparente, incolor e livre de qualquer sabor estranho seguindo o padrão de potabilidade, apresentando uma alcalinidade máxima de 50 mg/L, de preferência menor que 25 mg/L, e possuir aproximadamente 50 mg/L de cálcio (VENTURINI FILHO, 2010).

3.1.2. MALTE

O malte define-se como a resultante da germinação da cevada, sob condições controladas. Depois da colheita, a cevada é conduzida para as maltearias por onde passam por um processo de remoção de impurezas grosseiras e posteriormente armazenada em silos onde a temperatura e o teor de umidade são controlados (VENTURINI FILHO, 2005).

Para a maltagem, os grãos de cevada são despejados em reservatórios quadrado ou circulares, onde há circulação de ar fresco, uma atmosfera úmida e a

temperatura dos grãos é controlada fazendo com que a germinação se inicie. Quando os grãos iniciam a formação de uma nova planta a germinação é interrompida, fazendo com que o amido presente nos grãos malteados apresentem cadeias menores, tornando os menos duro e mais solúvel, produzindo e armazenando enzimas no interior dos grãos que serão de extrema importância no processo cervejeiro (VENTURINI FILHO, 2005).

Abaixo a Tabela 1 mostra a composição do malte utilizado no processo cervejeiro:

Tabela 1- Composição do Malte.

Massa do grão (mg)	29 - 33
Umidade (%)	4 - 6
Amido (%)	50 - 55
Açúcares (%)	8 - 10
Nitrogênio total (%)	1,8 - 2,3
Nitrogênio Solúvel (% de N total)	35 - 50
Poder diastático °Lintner	100 - 250
α-amilase, unidades de dextrina	30 - 60
Atividade proteolítica	15 - 30

Fonte: VENTURINI FILHO, (2005).

O malte pode ser qualquer cereal como cevada, milho, trigo, aveia, dentre outros que tenha passado pelo processo de pré germinação. O mais utilizado e ao qual chamamos apenas malte é o proveniente da cevada, onde os grãos estão dispostos em cachos de duas ou seis fileiras (VENTURINI FILHO, 2005).

A cevada é uma gramínea pertencente ao gênero *Hordeum*, onde seus grãos nos referidos cachos são envoltos por diversas camadas celulósicas, onde a palha é a primeira camada que é eliminada no beneficiamento. As outras camadas incorporadas ao grão em conjunto nomeado de casca, que posteriormente desempenham um papel importante no processo de filtração do mosto cervejeiro (VENTURINI FILHO, 2005).

3.1.3. LÚPULO

O lúpulo é uma planta dioica, ou seja, apresentam plantas masculinas e femininas, de difícil cultivo e típica de regiões compreendidas nos trópicos de Câncer e Capricórnio mais precisamente nos paralelos à 45°, tendo características as baixas

temperaturas e longa incidência solar, sendo comercializados na forma de cones secos, em pellets e como extrato (HIERONYMUS, 2012).

O interesse da indústria cervejeira reincide na planta fêmea, pois as flores delas são ricas em glândulas amarelas chamadas de lupulina, contendo resinas, óleos essenciais, etc., que são responsáveis por conceder aroma e amargor às cervejas além de apresentar ação antisséptica devido a característica bacteriostática dos iso- α -ácidos formados pela isomerização dos α -ácidos na etapa de fervura do mosto. Além disto, contribui para a estabilidade do sabor e da espuma da cerveja (AQUARONE et al., 2001).

A tabela 2 indica quantidades de referência dos componentes presentes no lúpulo seco “in natura”.

Tabela 2 - Composição química do lúpulo em flor

<u>Características</u>	<u>%</u>
Resinas amargas totais	12 – 22
Proteínas	13 – 18
Celulose	10 – 17
Polifenóis	4 – 14
Umidade	10 – 12
Sais minerais	7 – 10
Açúcares	2 – 4
Lipídios	2,5 -3,0
Óleos essenciais	0,5 - 2,0
Aminoácidos	0,1 - 0,2

Fonte: VENTURINI FILHO, (2005).

3.1.4. LEVEDURA

Uma das espécies de leveduras mais conhecida no ramo cervejeiro é a *Saccharomyces cerevisiae*, que ao longo dos anos representa as nomenclaturas antecessoras onde, por conta de classificações mundiais, dividem as cervejas em dois grandes grupos: *Lager* e *Ale*. As cervejas do tipo *Lager* são produzidas por leveduras que têm sua faixa de atividade ótima à baixas temperaturas, em se tratando de sistemas fermentativos, que estão compreendidos entre 7 e 15 °C. Já as cervejas do tipo *Ale*, fermentam com temperaturas que variam de 17 à 26 °C (WHITE, ZAINASHEFF, 2010).

As leveduras concedem características de sabor e aroma, sendo que o etanol é o principal produto de excreção produzida pela levedura, resultando numa

interferência no sabor da cerveja, porém outros produtos em concentrações e tipos diferentes podem determinar o sabor da cerveja. Vários fatores podem perturbar o balanço metabólico global e conseqüentemente o sabor, incluindo a levedura, a temperatura, o pH de fermentação, o tipo e a proporção de adjunto, o modelo de fermentador e a concentração do mosto cervejeiro (VENTURINI FILHO, 2010).

3.1.5. PÃO

Uma mistura de farinha e água que já existia a mais de 10.000 a.C., onde essa massa era cozida sem a adição de fermento, assim o tornando pequeno, duro por fora e macio por dentro, porém ao longo do tempo o homem vem melhorando as técnicas de produção do pão adicionando o fermento e controlando melhor o cozimento. O pão tem seu valor energético alto, fornecendo cerca de 19% das necessidades diárias. Tem como principais ingredientes a farinha de trigo, a água, o fermento biológico e o sal (AQUARONE et al., 2001).

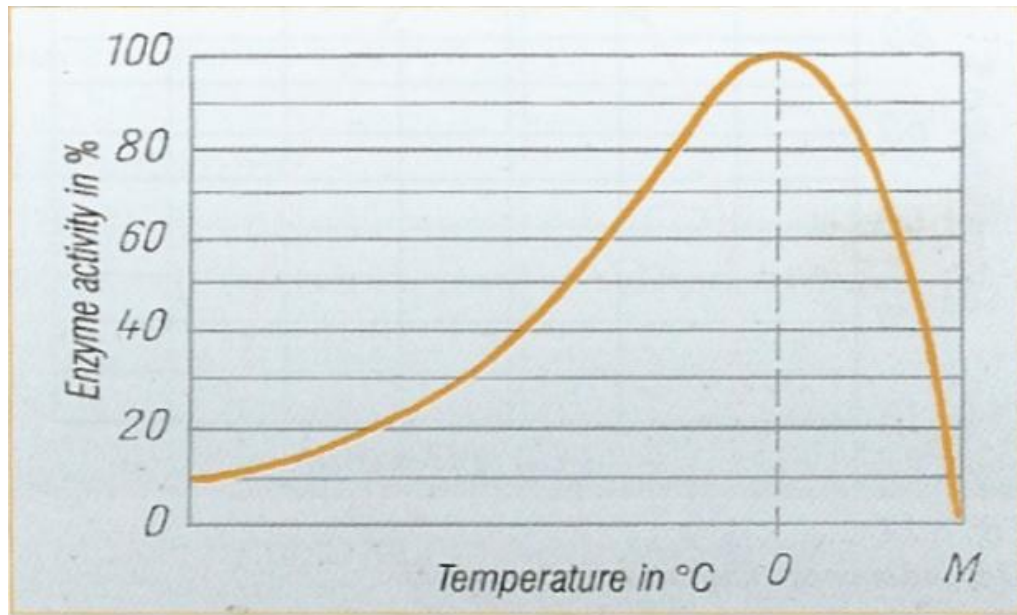
3.2. ENZIMAS

As enzimas apresentam muitas funcionalidades, portanto sendo aplicadas na panificação, produção de sucos, modificação de proteínas e fabricação de bebidas alcoólicas, porém alguns fatores influenciam na sua atividade enzimática como pH, temperatura e tempo. A α -amilase age degradando o amido, hidrolisando ligações α -1,4-glicosídicas liberando oligossacarídeos de 6 a 7 unidades de glicose. Já a β -amilase quebra ligações 1-4 próximas às pontas das moléculas de amido e não quebra ligações 1-6 ou ligações 1-4 próximas a ligações já quebradas (AQUARONE et al., 2001).

3.2.1. INFLUÊNCIA DA TEMPERATURA NAS ENZIMAS

Para cada enzima existe uma temperatura ideal para sua atividade. Com o aumento da temperatura se alcança seu ponto ótimo até seu ponto máximo (KUNZE, 2014). A figura 1 representa a ação enzimática em relação à temperatura. O ponto (O) mostra o valor ótimo de temperatura e o ponto (M) a temperatura máxima.

Figura 1 - Atividade enzimática em relação à temperatura



Fonte: Kunze (2014)

3.3. AÇÚCARES REDUTORES E NÃO REDUTORES

Os açúcares redutores apresentam grupos carbonílico e cetônico livres, que em solução básica formam um aldeído e são capazes de se oxidar na presença de agentes oxidantes que são monossacarídeos, como a glicose e a frutose, e alguns dissacarídeos, como a maltose e a lactose que são os principais açúcares redutores. Já os açúcares não redutores necessitam sofrer hidrólise para oxidar, como a sacarose, que é formada pela ligação entre o grupo funcional aldeídico de uma molécula de glicose e o grupo funcional cetônico de uma molécula de frutose. A hidrólise de açúcares não redutores é geralmente feita com ácido forte ou com o uso de enzimas (DEMIATE, 2002).

4. PROCESSO DE PRODUÇÃO INDUSTRIAL DE CERVEJA

Atualmente o processo de produção de cerveja pode ser dividido em oito etapas elementares contendo um conjunto de operações unitárias em cada uma delas que se seguem: moagem do malte; mosturação; filtração do mosto; fervura do mosto; tratamento do mosto; fermentação; maturação e clarificação (VENTURINI FILHO, 2010).

4.1. MOAGEM DO MALTE

A etapa de moagem do malte é a primeira parte da produção, feita em moinho de rolos e em duas fases: primeira com regulagem de 0,6 mm e na segunda fase com 0,1 mm de distância entre os rolos. Os objetivos desta moagem é aumentar a área superficial do amido presente no grão, rompendo as cascas, expondo o endosperma possibilitando a atuação enzimática. A tabela 3 informa valores de referencia para a granulometria do malte já moído na indústria (VENTURINI FILHO, 2010).

Tabela 3 - Valores de granulometria do malte na indústria

Componentes da moagem	Malha (mm)	% massa total
Casca	1	18 - 30
Sêmola grossa	1	08 - 11
Sêmola fina I	1	35
Sêmola II	0	17 -21
Farinha	0	03 - 10
Pó de farinha	Fundo	11 - 15

Fonte: VENTURINI FILHO (2010).

4.2. MOSTURAÇÃO

Na mosturação o malte moído é adicionado à água previamente aquecida são misturados e controlados onde sendo submetidos a diferentes temperaturas por períodos de tempo pré-estabelecido de acordo com a receita. Cada cervejaria tem sua particularidade, desenvolvendo e aprimorando suas receitas de acordo com o esperado (MORADO, 2009).

Na preparação do mosto se define quanto de açúcares pode ser consumido pela levedura. A relação entre açúcares fermentáveis e não fermentáveis é responsável pelo corpo da cerveja, ou seja, quanto mais fermentáveis os açúcares, menos encorpada será a cerveja (MORADO, 2009).

Cada enzima presente no malte possui condições para sua ação correspondente a certa faixa de temperatura e certo pH. A tabela 4 mostra os valores de temperatura e pH correspondentes à atuação enzimática.

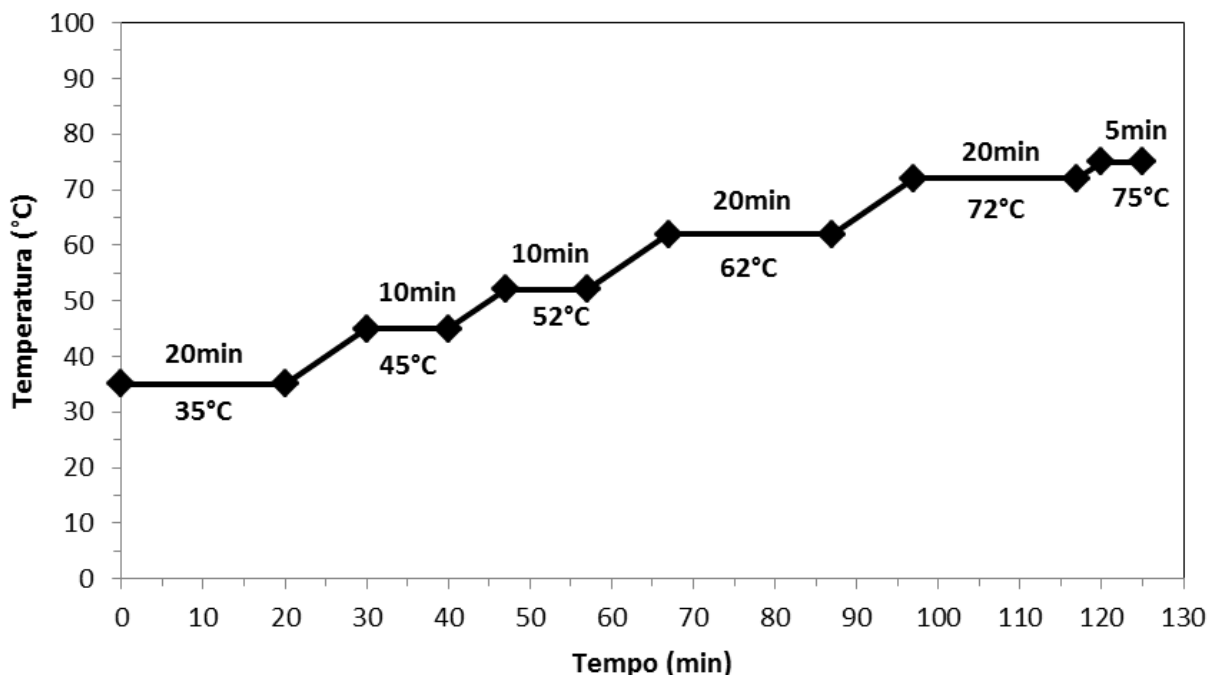
Tabela 4 - Temperatura e pH de atuação das enzimas.

Enzimas	Temperatura ótima (°C)	pH ótimo	Substrato
Hemicelulases	40-45	4,5-4,7	Hemicelulose
Exopeptidases	40-50	5,2-8,2	Proteínas
Endopeptidases	50-60	5	Proteínas
Dextrinase	55-60	5,1	Amido
Beta-amilase	60-65	5,4-5,6	Amido
Alfa-amilase	70-75	5,6-5,8	Amido

Fonte: VENTURINI FILHO (2010).

De acordo com o que se deseja de característica da cerveja final, tem-se a escolha do tipo de mosturação trabalhando-se as questões de tempo e temperatura com foco na ativação das enzimas específicas para a formulação do mosto de interesse. A figura 2 apresenta um exemplo da variação da temperatura para o processo de mosturação:

Figura 2 - Variação da temperatura em função do tempo durante o processo de mosturação.



Fonte: VENTURINI FILHO (2010).

A ativação das enzimas ocorre com temperatura entre 40 e 45°C onde o amido começa a se solubilizar e as enzimas contidas no malte começam a entrar em solução (MORADO, 2009).

No chamado repouso proteolítico, com temperatura entre 50 e 55°C, ocorre a quebra de algumas proteínas do malte produzindo proteínas menores até seu monômeros, aminoácidos. Este repouso é interessante quando se utiliza maltes com

conteúdo proteico elevado em proteínas, como por exemplo, o malte de trigo ou aveia (MORADO, 2009).

O repouso de sacarificação que fica entre as temperaturas de 60 e 72°C, se identifica a atuação das enzimas α e β amilase (MORADO, 2009).

Por fim, a inativação enzimática que ocorre entre 76 e 78°C, onde as enzimas perdem as características originais e encontram-se inativas por conta da desnaturação proteica (MORADO, 2009).

4.3. FILTRAÇÃO DO MOSTO

Existem vários métodos para realizar a separação de sólidos do líquido, podendo ser pela tina combinada de mosturação-filtração, filtro prensa e a tina de filtração. A mais utilizada atualmente é a tina de filtração, que consiste em um tanque com um fundo falso em seu interior. Ao transferir a mistura, as cascas provenientes do malte formam uma espécie de cama no fundo do tanque o que passa a ser o elemento filtrante no processo de filtração do mosto (BOULTON; QUAIN, 2001).

A filtração do mosto é realizada em duas etapas. A primeira se retira quase toda a fração líquida pelo leito filtrante formado pela própria casca do malte dando origem ao mosto primário. Já na segunda, são feitas lavagens com água aquecida, cuja finalidade é recuperar o máximo de extrato que possa ficar retido nas cascas na tina de filtração (AQUARONE et al., 2001).

A temperatura do mosto a ser filtrado deve estar em torno de 75°C. Nesta temperatura a viscosidade do mosto favorece a filtração e as enzimas do malte estão predominantemente inativas, além disso, o crescimento bacteriano estará bloqueado e não haverá risco de substâncias insolúveis, principalmente os taninos da casca do malte, que podem ocasionar turvação e adstringência à cerveja (AQUARONE et al., 2001).

4.4. FERVURA DO MOSTO

A fervura do mosto é realizada no equipamento chamado de fervedor de mosto, com sistema de aquecimento e isolamento térmico. Nesta etapa tem-se como objetivo à inativação de enzimas, esterilização do mosto, coagulação proteica, extração de compostos amargos e aromáticos do lúpulo, formação de substâncias constituintes do aroma e sabor, evaporação de água e componentes aromáticos

indesejáveis ao produto. É comum, no início da fervura ser adicionado lúpulo em concentrações desejadas para a promoção de características desejáveis ao produto final como no caso do amargor típico da cerveja onde é mantido em fervura até atingir uma evaporação de 10% do volume inicial que fica em torno de 60-90 minutos. (VENTURINI FILHO, 2010).

Etapas de adições tardias de lúpulo beneficiam o perfil aromático da cerveja, preservando componentes mais voláteis por estar com menor tempo de exposição a temperaturas de fervura. (HIERONYMUS, 2012).

4.5. TRATAMENTO DO MOSTO

Neste momento é preciso retirar o precipitado e posteriormente realizar a filtração e aeração. Na primeira parte desta etapa, utiliza-se a força centrípeta com auxílio de bombas centrífugas. A saída de fundo do tanque de fervura fica situada próximo ao costado do tanque, ou seja, fora do centro. Isto evita que o precipitado produzido nesta etapa seja bombeado junto com o mosto. O precipitado é formado por complexos de proteínas, resinas e taninos denominados de “trub” que com o retorno do bombeamento do mosto para o próprio tanque de fervura, os sedimentos vão para centro da tina facilitando sua separação do mosto. Na segunda parte, o resfriamento do mosto tem como objetivo reduzir a temperatura do mosto, para a temperatura adequada de inoculação da levedura que é sensível a temperaturas superiores a 36°C. Além disso, o resfriamento leva o mosto para as condições chamadas ideais para o processo fermentativo com seu controle mantido dentro dos limites para cada estilo específico. Logo após passar pelo trocador de calor e o mosto ser resfriado até a temperatura desejada, pedras difusoras confeccionadas em aço inox sinterizado, adicionam cerca de 20ppm de oxigênio ao mosto para o perfeito crescimento das leveduras. O oxigênio fornecido na aeração exerce uma grande influência no crescimento celular da levedura onde no início do processo fermentativo, o oxigênio é consumido produzindo ácidos carboxílicos insaturados e esteróis que são essenciais para a síntese da membrana celular (VENTURINI FILHO, 2010).

4.6. FERMENTAÇÃO

Após o mosto resfriado, aerado e transferido para os tanques de fermentação é feita a inoculação das leveduras. Assim, as leveduras convertem os açúcares

presentes em etanol e gás carbônico (CO₂). Durante este processo também temos a formação de subprodutos, que têm um efeito considerável sobre o aroma e o sabor da cerveja. Os teores desses subprodutos variam com os padrões de crescimento celular que são influenciados pelas condições de processo tais como concentração e composição do mosto, cepa de microrganismo, temperatura e duração do processo fermentativo (ESSLINGER, 2009).

4.7. MATURAÇÃO

A maturação também conhecida como fermentação secundária, é necessária e importante, mas ocorrem poucas mudanças nesta etapa. Porém, dependendo de determinados tipos de cerveja este processo pode levar um longo período de tempo. Após a fermentação, a cerveja é armazenada sob condições de baixa temperatura onde se inicia a clarificação da cerveja mediante a remoção do decantado por precipitação das leveduras e proteínas. Durante este processo, a fermentação continua, fazendo então a saturação da cerveja com CO₂ provocando a carbonatação. A maturação melhora ainda o sabor e aroma da cerveja, reduzindo a concentração de diacetil, acetaldeído e ácido sulfídrico, bem como o aumento do teor de éster (VENTURINI FILHO, 2010).

Após este processo a cerveja ainda não está pronta para o consumo e precisa de alguns processamentos antes de ser engarrafada, que são a carbonatação, a padronização da cor, a estabilização contra turvação, a clarificação e a estabilização biológica (AQUARONE et al., 2001).

4.8. CLARIFICAÇÃO

Neste momento, a cerveja ainda contém leveduras suspensas, partículas coloidais devido à formação de complexos proteínas-polifenóis e outras substâncias insolúveis formadas durante esta fase devido ao baixo pH e às baixas temperaturas. Para se obter um produto brilhante e límpido é necessária a etapa de clarificação. Existem quatro técnicas básicas de clarificação que podem ser utilizadas tanto individualmente como em combinação que são: a sedimentação por gravidade, o uso de agentes clarificantes, centrifugação e filtração (BRIGGS et al, 2004)

5. METODOLOGIA

Os procedimentos experimentais foram realizados com equipamentos disponíveis nos Laboratórios de Química / UNESC em Criciúma, SC, nos meses de março, abril e maio de 2017.

Para o delineamento experimental, foram realizadas as produções das amostras com 0, 25 e 50% de substituição do malte de cevada do tipo Pilsen marca Agrária, por pão francês previamente seco em estufa.

Com o intuito de melhorar o entendimento foi criada uma codificação das amostras de forma que os dois primeiros números indicam a temperatura em graus Célsius (°C) da isoterma. Os números seguintes indicam a composição em malte da amostra.

Durante os experimentos, os ensaios apresentaram um tempo de sacarificação de 20 minutos para as amostras 63100, 65100, 67100 e 69100 que contenham 100% malte. Para as amostras 6375, 6575, 6775 e 6975 que contenham 75% de malte e 25% de substituição por pão francês o tempo foi de 60 minutos. Para as amostras 6350, 6550, 6750 e 6950 que contenham 50% de malte e 50% de substituição por pão francês o tempo foi de 90 minutos. Todas as amostras foram mantidas em sua respectiva isoterma até o momento em que o teste de iodo apresentasse resultado negativo de reação. As análises para cada isoterma e cada concentração específica foi realizada em triplicata.

As amostras 63100, 65100, 67100 e 69100, correspondem ao padrão por não conter nenhuma adição de pão francês na elaboração do mosto.

5.1. PREPARAÇÃO DO PÃO

O pão francês utilizado foi adquirido em padaria da região, cortado em fatias, e seco em estufa à (105 ± 1) °C marca Quimis e modelo Q317B253 até peso constante.

Após secagem, o pão foi triturado e peneirado em malha MESH 14.

A farinha obtida foi guardada congelada à -18°C para uso posterior.

5.2. PRODUÇÃO DO MOSTO

O mosto foi produzido conforme norma EBC 4.6.1, assim seguindo uma padronização. A tabela 5 corresponde às formulações dos mostos produzidos para a realização das análises de açúcares redutores e não redutores.

Tabela 5 – Formulação de mosto cervejeiro

MOSTO CERVEJEIRO			
AMOSTRA	PÃO	MALTE	TEMPERATURA
6350	50%	50%	63°C
6375	25%	75%	63°C
63100	0%	100%	63°C
6550	50%	50%	65°C
6575	25%	75%	65°C
65100	0%	100%	65°C
6750	50%	50%	67°C
6775	25%	75%	67°C
67100	0%	100%	67°C
6950	50%	50%	69°C
6975	25%	75%	69°C
69100	0%	100%	69°C

Fonte: AUTOR (2017).

5.3. DETERMINAÇÃO DE AÇÚCARES REDUTORES

Foi determinado segundo Instituto Adolfo Lutz (2008), os glicídios redutores em glicose pelo método de Fehling. A porcentagem de açúcares redutores foi obtida pela equação (1).

$$AR = \frac{100 \times A \times a}{P \times V} \quad \text{Equação (1)}$$

Onde:

AR = teor de açúcar redutor [%]

A = volume da solução padrão [mL]

a = massa de glicose correspondente a 10 mL das soluções Fehling [g]

P = massa da amostra [g]

V = volume gasto na titulação [mL]

5.4. DETERMINAÇÃO DE AÇÚCARES NÃO REDUTORES

Os glicídios não redutores em sacarose foram determinados segundo Instituto Adolfo Lutz (2008), pelo método de Fehling. A porcentagem de açúcares não redutores foi obtida pela equação (2).

$$ANR = \left(\frac{100 \times A \times a}{P \times V} - B \right) \times 0,95 \quad \text{Equação (2)}$$

Onde:

ANR = teor de açúcar não redutor [%]

A = volume da solução padrão [mL]

a = massa de glicose correspondente a 10 mL das soluções Fehling [g]

P = massa da amostra [g]

V = volume gasto na titulação [mL]

B = massa em por cento obtidos em glicídios redutores em glicose

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados do estudo, os desvios médios e a análise estatística através do teste T, foram obtidos utilizando o software Microsoft Office Excel 2007, sendo todos estes resultados discutidos de forma comparativa. As médias com asterisco como índice diferem estatisticamente ao nível de 5% ou mais de significância e as médias sem o asterisco como índice não diferem estatisticamente ao nível de 5% de significância. Ainda com o emprego do software Microsoft Office Excel 2007, foi traçado o gráfico de superfície para melhor visualização dos resultados experimentais.

Nas tabelas 6, 7, 8 e 9 estão apresentados valores de açúcares redutores e não redutores de 7% a 12% para açúcares redutores e 0,6% a 3,2% de açúcares não redutores.

Tabela 6 - Porcentagem de AR e ANR nas amostras para temperatura de 63°C

Amostras	AR (%)	Desvio	ANR (%)	Desvio
6350	11,9730		2,8848	
	12,0387		2,5253	
	12,1053		2,1771	
	12,0388*	± 0,0293	2,5253*	± 0,1572
6375	11,4244		2,6930	
	11,1070		2,4965	
	11,1691		2,6323	
	11,1691**	± 0,0996	2,6323**	± 0,0468
63100	10,7962		3,2817	
	10,9606		2,9530	
	10,6366		3,2608	
	10,7962	± 0,0719	3,2608	± 0,1321

Fonte: (AUTOR, 2017).

*valores com diferença significativa entre as amostras 6350 e 63100

**valores com diferença significativa entre as amostras 6375 e 63100

Tabela 7 - Porcentagem de AR e ANR nas amostras para temperatura de 65°C

Amostras	AR (%)	Desvio	ANR (%)	Desvio
6550	11,1534		0,9427	
	10,7224		0,9760	
	11,0424		0,9200	
	11,0424*	± 0,1175	0,9427	± 0,0124
6575	10,8635		0,8920	
	11,0265		0,8584	
	11,2515		0,7062	
	11,0265**	± 0,0862	0,8584	± 0,0601
65100	9,9494		0,6252	
	9,6535		0,9478	
	10,2236		0,5756	
	9,9494	± 0,1266	0,6252	± 0,1323

Fonte: (AUTOR, 2017)

*valores com diferença significativa entre as amostras 6550 e 65100

**valores com diferença significativa entre as amostras 6575 e 65100

Tabela 8 - Porcentagem de AR e ANR nas amostras para temperatura de 67°C

Amostras	AR (%)	Desvio	ANR (%)	Desvio
6750	8,9274		1,2446	
	9,1517		1,4424	
	9,3394		0,9864	
	9,1517*	± 0,0915	1,2446*	± 0,1013
6775	8,7496		1,3541	
	8,9412		1,3793	
	8,6264		1,5393	
	8,7496**	± 0,0699	1,3793**	± 0,0655
67100	7,2001		2,0971	
	7,2605		1,9130	
	7,3633		2,3453	
	7,2605	± 0,0362	2,0971	± 0,0960

Fonte: (AUTOR, 2017).

*valores com diferença significativa entre as amostras 6750 e 67100

**valores com diferença significativa entre as amostras 6775 e 67100

Tabela 9 - Porcentagem de AR e ANR nas amostras para temperatura de 69°C

Amostras	AR (%)	Desvio	ANR (%)	Desvio
6950	7,8196		1,2388	
	7,7918		1,3419	
	8,0496		0,9449	
	7,8196	± 0,0960	1,2388*	± 0,1076
6975	6,8907		1,4823	
	7,2343		1,5755	
	7,5918		1,0347	
	7,2343	± 0,1557	1,4823**	± 0,1782
69100	7,4330		2,4411	
	7,7249		2,5853	
	8,4388		2,2808	
	7,7249	± 0,2523	2,4411	± 0,1032

Fonte: (AUTOR, 2017)

*valores com diferença significativa entre as amostras 6950 e 69100

**valores com diferença significativa entre as amostras 6975 e 69100

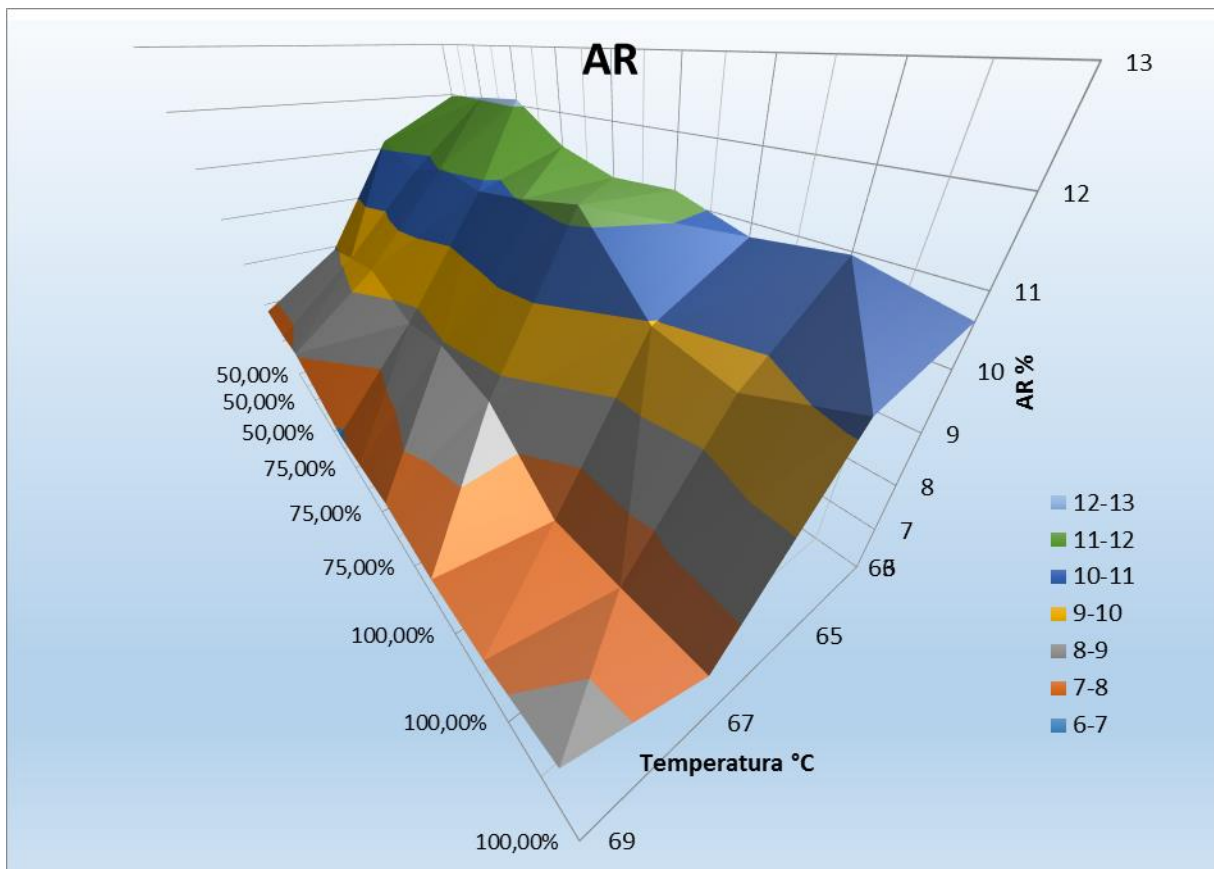
Segundo Kunze (2014), cada enzima possui uma temperatura ideal para sua atividade e que estando próximas de 63°C, favorecem a formação de açúcares redutores e próximas a 70°C, de açúcares não redutores. Verificando as tabelas 6 e 9, pode-se constatar que a enzima de maior ação foi a β -amilase, com temperatura ótima de ação à 63°C. O valor médio de 10,8% de açúcares redutores mostra esta maior conversão em açúcar redutor visto que na mesma proporção de constituição de amostra e uma temperatura de 69°C obteve-se 7,7% para os valores de açúcares redutores mostrando que a ação da enzima α -amilase se mostra mais evidente nesta faixa de temperatura.

Analisando as figuras 3 e 4 temos 2 regiões bem definidas e a primeira está compreendida entre 63 e 65°C e a segunda entre 65 e 69°C, onde as enzimas estão ativas porém distintas. Na primeira região, há o favorecimento da β -amilase com maior geração de açúcares redutores quebrando as cadeias de amido em açúcares mais simples como maltoses e maltotrioses, e menor quantidade de açúcares não redutores e polissacarídeos. Deste modo prevê-se a obtenção de uma cerveja de menos "corpo" e gerando um maior teor alcoólico por conta da conversão dos açúcares redutores à etanol e dióxido de carbono oriundos do processo fermentativo. Com mesma quantidade de sólidos dissolvidos em mostos com as mesmas composições porém processados a diferentes temperaturas, as leveduras irão converter os açúcares redutores e deixar de consumir os não redutores gerando

a diferença entre os dois produtos ao final do processo fermentativo. Já na segunda região, à 69°C, podemos verificar maior atuação da α -amilase gerando mais açúcares não redutores sendo assim menor quebra das cadeias de amido comparado a ação da β -amilase, e prevendo-se a obtenção de uma cerveja mais encorpada por conta dos polissacarídeos que não serão consumidos pelas leveduras.

Na condição próxima a 63 °C ocorre em maior intensidade à ação da enzima β -amilase, provocando a hidrólise do amido em maltose e maltotriose pelo rompimento das combinações 1-6 e também a hidrólise do amido em maltose pelo rompimento das combinações 1-4. Após esta etapa, foi verificada uma desaceleração no aumento da concentração de açúcares redutores que se deve a inativação da enzima β -amilase, a qual possui temperatura ótima de ação em 60 a 65 °C.

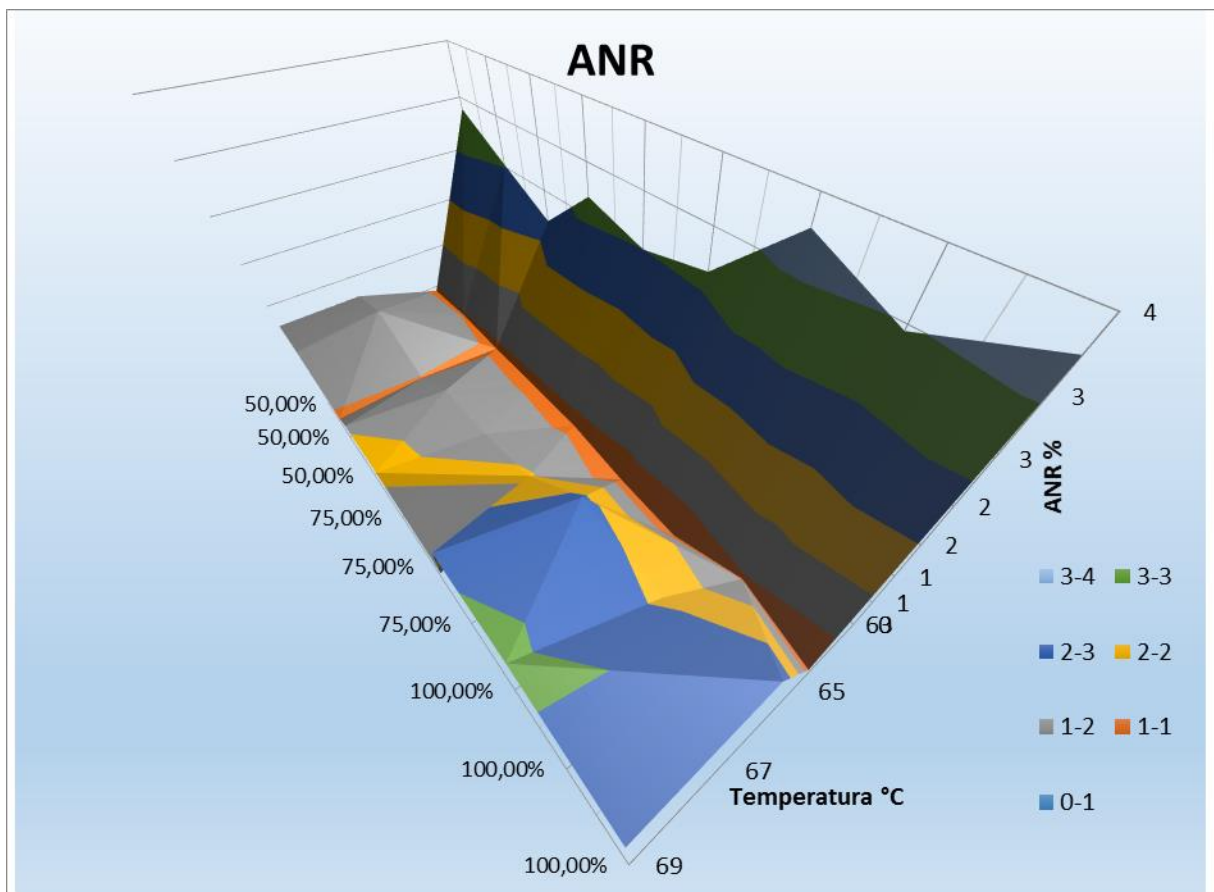
Figura 3 - Gráfico de superfície de porcentagem de AR



Fonte: (AUTOR, 2017).

O comportamento da temperatura, composição e seu resultado em relação aos açúcares Redutores e não redutores são melhor descritos quando observamos o gráfico de superfície das figuras 3 e 4, onde é possível verificar a influência da temperatura quando próxima dos 63°C e composição de 50% em de pão, geram um mosto com a maior disponibilidade de açúcares redutores quando comparados com as amostras com temperatura de processo de 69°C. Após esta etapa, foi verificada uma desaceleração no aumento da concentração de açúcares redutores que se deve a inativação da enzima β -amilase, a qual possui temperatura ótima de ação em 60 a 65 °C.

Figura 4 - Gráfico de superfície de porcentagem de ANR



Fonte: (AUTOR, 2017).

7. CONCLUSÃO

É importante salientar que os dados obtidos neste trabalho envolvendo a caracterização dos açúcares presentes no mosto cervejeiro, tendem a contribuir nos cálculos de uma série de outros parâmetros utilizados na indústria. Assim podemos afirmar que para termos uma cerveja encorpada podemos escolher temperaturas próximas a 67°C e 69°C assim favorecendo as enzimas α -amilase e formação dextrina que geram mais açúcares não redutores e entres as temperaturas de 63 °C a 65°C favorecendo a enzima β -amilase para termos uma cerveja menos encorpada, porém com mais substrato para formação de etanol.

Conforme determinado as concentrações de açúcar redutor e não redutor, das diferentes amostras propostas em suas composições com pão francês, observa-se que este adjunto, o pão, confere ao produto final uma maior composição em açúcares não redutores, o que pode provocar um aumento na sensação de corpo da cerveja.

Para estilos que se beneficiem do acréscimo do percentual de açúcares não redutores, o pão francês seria uma alternativa viável em substituição ao malte de cevada ou outro ingrediente por se tratar de um produto de fácil acesso e baixo custo de aquisição.

REFERÊNCIAS

- AQUARONE, Eugênio; BORZANI, Walter; SCHMIDELL, Willibaldo; LIMA, Urgel de Almeida. **Biotecnologia Industrial: Biotecnologia na Produção de Alimentos**. São Paulo: Edgard Blucher LTDA, 2001. 523p. 4V.
- BOULTON, Chris; QUAIN, David. **Brewing yeast and fermentation**. Wiley Online Library, 2001.
- BRIGGS, Dennis E.; et al. **Brewing: Science and Practice**. Boca Raton, USA: CRC press, 2004.
- CAUVAIN, Stanley P; YOUNG, Linda S. **Tecnologia da Panificação**. 2.ed. Barueri, SP: Manole, 2009. 418p.
- DEMIATE et al. Determinação de Açúcares Redutores e Totais em Alimentos. Comparação entre Método Colorimétrico e Titulométrico. **Publicatio UEPG – Exact and Soil Sciences, Agrarian Sciences and Engineering**, v. 8, n. 1, p. 65-78, 2002.
- EBC. **Hot Water Extract of Malt Constant Temperature Mash**. Disponível em: <<http://www.analytica-ebc.com/index.php?mod=contest&method=301>>. Acesso em 04 Fev. 2017.
- ESSLINGER, Hans Michael. **Handbook of brewing: Processes, Technology e Markets**. Weinheim: WILEY-VCH, 2009.
- HIERONYMUS, Stan. **For the Love of Hops: The practical guide to aroma, bitterness, and the culture of hops**. Colorado: Brewers Publications - A division of the Brewers Association. 2012. 317p.
- INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos Físico-químicos Para Análise de Alimentos**. 4.ed, Instituto Adolfo Lutz. São Paulo. 2008. 1020p.
- KUNZE, Wolfgang. **Technology Brewing e Malting**. 5.ed. English. Berlin: VLB, 2014. 960p.
- LIMA, Urgel de Almeida; AQUARONE, Eugênio; BORZANI, Walter; SCHMIDELL, Willibaldo. **Biotecnologia Industrial: Processos Fermentativos e Enzimáticos**. São Paulo: Edgard Blucher LTDA, 2001. 593p. 3V.
- MORADO, Ronaldo. **Larousse da Cerveja**. São Paulo: Larousse do Brasil, 2009. 357p.
- VENTURINI FILHO, Waldemar Gastoni. **Bebidas alcoólicas: ciência e tecnologia**. São Paulo: Blucher, 2010.
- VENTURINI FILHO, Waldemar Gastoni. **Tecnologia de bebidas: matéria-prima, processamento, BPF/APPCC, legislação e mercado**. São Paulo: Edgard Blucher, 2005.
- WHITE, Chris; ZAINASHEFF, Jamil. **Yeast: the practical guide to beer fermentation**. Colorado: Brewers Publications - A division of the Brewers Association. 2010. 304p.

ANEXO

Figura 5 – Tabela teste T-student

α	.400	.250	.100	.050	.025	.010	.005	.001
1	.325	1,000	3.078	6.314	12.706	31.821	63.656	318.289
2	.289	.816	1.886	2.920	4.303	6.965	9.925	22.328
3	.277	.765	1.638	2.353	3.182	4.541	5.841	10.214
4	.271	.741	1.533	2.132	2.776	3.747	4.604	7.173
5	.267	.727	1.476	2.015	2.571	3.365	4.032	5.894
6	.265	.718	1.440	1.943	2.447	3.143	3.707	5.208
7	.263	.711	1.415	1.895	2.365	2.998	3.499	4.785
8	.262	.706	1.397	1.860	2.306	2.896	3.355	4.501
9	.261	.703	1.383	1.833	2.262	2.821	3.250	4.297
10	.260	.700	1.372	1.812	2.228	2.764	3.169	4.144
11	.260	.697	1.363	1.796	2.201	2.718	3.106	4.025
12	.259	.695	1.356	1.782	2.179	2.681	3.055	3.930
13	.259	.694	1.350	1.771	2.160	2.650	3.012	3.852
14	.258	.692	1.345	1.761	2.145	2.624	2.977	3.787
15	.258	.691	1.341	1.753	2.131	2.602	2.947	3.733
16	.258	.690	1.337	1.746	2.120	2.583	2.921	3.686
17	.257	.689	1.333	1.740	2.110	2.567	2.898	3.646
18	.257	.688	1.330	1.734	2.101	2.552	2.878	3.610
19	.257	.688	1.328	1.729	2.093	2.539	2.861	3.579
20	.257	.687	1.325	1.725	2.086	2.528	2.845	3.552
21	.257	.686	1.323	1.721	2.080	2.518	2.831	3.527
22	.256	.686	1.321	1.717	2.074	2.508	2.819	3.505
23	.256	.685	1.319	1.714	2.069	2.500	2.807	3.485
24	.256	.685	1.318	1.711	2.064	2.492	2.797	3.467
25	.256	.684	1.316	1.708	2.060	2.485	2.787	3.450
26	.256	.684	1.315	1.706	2.056	2.479	2.779	3.435
27	.256	.684	1.314	1.703	2.052	2.473	2.771	3.421
28	.256	.683	1.313	1.701	2.048	2.467	2.763	3.408
29	.256	.683	1.311	1.699	2.045	2.462	2.756	3.396
30	.256	.683	1.310	1.697	2.042	2.457	2.750	3.385
40	.255	.681	1.303	1.684	2.021	2.423	2.704	3.307
50	.255	.679	1.299	1.676	2.009	2.403	2.678	3.261
60	.254	.679	1.296	1.671	2.000	2.390	2.660	3.232
70	.254	.678	1.294	1.667	1.994	2.381	2.648	3.211
80	.254	.678	1.292	1.664	1.990	2.374	2.639	3.195
90	.254	.677	1.291	1.662	1.987	2.368	2.632	3.183
100	.254	.677	1.290	1.660	1.984	2.364	2.626	3.174
120	.254	.677	1.289	1.658	1.980	2.358	2.617	3.160
∞	.253	.674	1.282	1.645	1.960	2.326	2.576	3.090